



BACHELOROPPGAVE:

802.11AC

FORFATTERE:

Tonje Brubak
Per Kristian Svevad

Dato:

14.05.2013

SAMMENDRAG

Tittel:	802.11ac	Dato:	14.05.2013
Deltaker(e)/	Tonje Brubak		
	Per Kristian Svevad		
Veileder(e):	Frode Haug		
Evt. oppdragsgiver:	IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik		
Stikkord/nøkk elord (3-5 stk)	Trådløst nettverk, Internett, Wi-Fi, 802.11ac, IEEE		
Antall sider/ord: 100/24 669	Antall vedlegg: 13	Publiseringsavtale inngått: Ja	
Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:			
<p>Denne bacheloroppgaven har som formål å anbefale for IT-tjenesten ved HiG konkrete tiltak for å utbedre høgskolens nett med hensyn til brukernes krav.</p> <p>Det ble gjennomført en spørreundersøkelse som viser at brukerne av det trådløse nettet på høgskolen ikke anser nettet som tilferdsstillende. Derfor vurderes det om IT-tjenesten vil være tjent med å innføre en standard som er under utvikling pr. dags dato; 802.11ac.</p> <p>802.11ac er den nyeste av IEEE's trådløse nettverksstandard som høyst sannsynlig vil være industristandard i 2016. Den har fokus på bedre dekning, økt kapasitet og tilbyr en formidabel hastighet. I denne rapporten vil 802.11ac bli beskrevet i detalj med et litteraturstudium, og den nye standarden blir testet opp mot HiGs eksisterende trådløse nettverksstandard.</p> <p>Både litteraturstudiet og gjennomførte tester viser at de standardene som opererer på 5 GHz-båndet er betydelig stødigere og raskere enn 802.11g som benytter 2,4 GHz-båndet. Anbefalingen til IT-tjenesten er derfor å gå bort i fra 802.11g, men å avvente implementeringen av 802.11ac til markedet er klart for det. Inntil da sees det på som en nødvendighet å implementere 802.11n.</p>			

ABSTRACT

Title:	802.11ac	Date:	14.05.2013
Participants/	Tonje Brubak		
	Per Kristian Svevad		
Supervisor(s)	Frode Haug		
Employer:	The IT-department at Gjøvik University College		
Keywords (3-5)	Wireless Network, Internet, Wi-Fi, 802.11ac, IEEE		
Number of pages/words: 100/24 669	Number of appendix: 13	Availability: Open	
Short description of the bachelor thesis:			
<p>This bachelor thesis aims to recommend the IT-department at GUC specific measures to improve the college network in order to meet the users expectations.</p> <p>A survey was taken which shows that users of the wireless network at the college do not consider the network as good enough. Thus this thesis has considered whether or not the IT-department will benefit from implementing a new wireless standard still under development; 802.11ac.</p> <p>802.11ac is the latest IEEE wireless networking standard, which in all likelihood will be the industry standard by 2016. In this thesis 802.11ac will be described in detail with a literature study, and practical tests were carried out to test 802.11ac against the standard used in GUCs existing wireless network.</p> <p>The literature study and conducted tests shows that the standards which operate in the 5 GHz band, are considerably more stable and faster than 802.11g. The recommendation for the IT-department is to drop 802.11g, but to await the implementation of 802.11ac until the market is ready for it. Before that, it is seen as a necessity to implement 802.11n.</p>			

Forord

I dette bachelorprosjektet har vi valgt å fordype oss i ny trådløs nettverksteknologi med særlig fokus på IEEE 802.11ac. Oppdragsgiver for denne oppgaven er IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik. IT-tjenesten ønsker å finne ut om ny trådløs nettverksstandard kan benyttes for å tilby bedre trådløst nettverk til studentene ved høgskolen.

Under utføring av dette bachelorprosjektet har vi fokusert på både teoretisk fordypelse og praktisk funksjonalitet. Dermed vil denne rapporten inneholde vår konklusjon til oppdragsgiver med teoretisk og praktisk grunnlag.

Vi ønsker å rette en stor takk til:

Frode Haug for god veiledning gjennom prosjektperioden.

Kjetil Høyeme for en utfordrende problemstilling.

Jon Langseth for god teknisk veiledning.

Aruba Networks ved Reidar Gran og Fredrik Andersen for oppfølging, utlån og samarbeid.

Cisco ved André Bersvendsen og Patrik Pujas for oppfølging og bidrag.

Fagskolen Innlandet for nyttig samarbeid.

Gjøvik 08.05.2013


Tonje Brubak


Per Kristian Svevad

Innholdsfortegnelse

Forord	IV
Innholdsfortegnelse	V
Figurliste	XI
Tabelliste	XII
1.1. Kapittelforklaring	2
1.2. Om oppgaven	3
1.2.1. Fagområde	3
1.2.2. Avgrensning	3
1.2.3. Bakgrunn	4
1.2.4. Oppgavebeskrivelse	4
1.3. Målgruppe	4
1.4. Prosjekt mål	5
1.4.1. Effektmål	5
1.4.2. Resultatmål	5
1.5. Prosjektgruppens faglige bakgrunn	5
1.6. Rammer	5
1.7. Ansvarsforhold og roller	6
1.8. Formatering av rapporten	6
1.8.1. Referanser	6
1.8.2. Fonter	6
1.8.3. Kapitler	6
2.1. Historie	8
2.1.1. Begynnelsen	8
2.1.2. Mobil	8
2.1.3. Internett	8
2.1.4. Wi-Fi	9
2.2. IEEE	10
2.2.1. IEEE 802	10
2.2.2. IEEE 802.11	11
2.2.3. IEEE 802.11a	11
2.2.4. IEEE 802.11b	11
2.2.5. IEEE 802.11g	12

2.2.6. IEEE 802.11n.....	13
2.2.7. IEEE 802.11ac.....	14
2.2.8. Oppsummering	15
2.3. Forstyrrelser.....	15
2.3.1. Interferens	15
2.3.2. Blokkeringer.....	15
2.3.2.1. Absorbering	16
2.3.2.2. Refleksjon	16
2.3.2.3. Refraksjon.....	16
2.3.2.4. Diffusjon	17
2.3.2.5. Diffraksjon	17
2.3.3. Redegjørelse.....	17
3.1. Kompatibilitet.....	19
3.2. Modulasjonsteknikker.....	19
3.2.1. Generelt.....	19
3.2.2. PSK (Phase-Shift Keying).....	20
3.2.2.1. BPSK.....	20
3.2.2.2. QPSK.....	20
3.2.3. CCK (Complimentary Code Keying)	20
3.2.4. OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)	20
3.2.5. QAM (Quadrature Amplitude Modulation).....	20
3.3. Flerstøms- og flerbrukerteknikker	21
3.3.1. MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)	21
3.3.2. MU-MIMO (Multi-User MIMO)	22
3.4. Redusere aksesstid	24
3.4.1. Frame aggregation.....	24
3.4.1.1. A-MSDU.....	25
3.4.1.2. A-MPDU	25
3.4.2. VHT TXOP	25
3.4.3. Utvidet lastbalansering	25
3.4.4. Samhandling.....	26
3.5. Kanaler	26
3.5.1. Kanaloverlapping.....	26
3.5.2. Fordeler.....	27
3.5.3. 80+80	27

3.5.4. Potensiale	28
3.6. Bånd og frekvenser	28
3.6.1. Rekkevidde	28
3.6.2. 2,4 GHz-båndet.....	28
3.6.2.1. Interferens.....	29
3.6.3. 5 GHz-båndet	29
3.6.3.1. Interferens.....	29
3.6.3.2. Større datamengde	30
3.6.4. I praksis.....	30
3.7. Infrastruktur.....	32
3.7.1. Hastighet.....	32
3.7.2. Switcher	34
3.7.3. Kontrollere.....	34
3.8. Lansering.....	35
3.8.1. Wave 1	35
3.8.2. Wave 2	35
3.9. Andre sentrale teknologier	35
3.9.1. Cisco CleanAir [28].....	35
3.9.1.1. Hva CleanAir gjør.....	36
3.9.1.2. I bruk.....	36
4.1. Brukerundersøkelse.....	38
4.1.1. Undersøkelsen.....	38
4.1.2. Spørsmålene.....	38
4.2. Analysering av resultater	39
4.2.1. Tilgang	39
4.2.2. Forbedring	39
4.2.3. Miste tilgang.....	41
4.2.4. Bruk.....	41
4.2.5. Øvrige kommentarer	43
4.2.6. Konklusjon	43
4.3. Svar med avhengigheter	43
4.3.1. Dekning ute og inne	43
4.3.1.1. Utstyr	44
4.3.1.2. Tilgang.....	44
4.3.1.3. Hastighet	44

4.3.1.4. Miste tilgang	44
4.3.1.5. Vurdering.....	44
4.3.2. God hastighet.....	44
5.1. Hvorfor teste?.....	46
5.1.1. Tillegg.....	46
5.2. Utføring av tester.....	46
5.2.1. Bruk av eksterne ressurser.....	46
5.2.2. Fagskolen Innlandet	46
5.2.3. Slutning.....	47
5.3. Testmiljøet.....	47
5.3.1. Utstyr.....	47
5.3.2. Programvare	48
5.3.3. Rommet.....	49
5.3.4. Ytelsestest	49
5.4. Kompatibilitet.....	49
5.5. Maks ytelse.....	50
5.6. Oppsett.....	50
5.6.1. Trekant.....	50
5.6.2. Diagonalt.....	52
5.7. Testresultater.....	52
5.7.1. 802.11g, throughput.....	53
5.7.1.1. Trekant uten støy	53
5.7.1.2. Trekant med støy.....	53
5.7.1.3. Trekant med hindring	54
5.7.1.4. Diagonalt uten støy.....	54
5.7.1.5. Diagonalt med støy	55
5.7.2. 802.11g, responstid.....	55
5.7.3. 802.11n, throughput.....	56
5.7.3.1. Uten støy	56
5.7.3.2. Med støy	56
5.7.3.3. Med hindring.....	57
5.7.3.4. Diagonalt uten støy.....	57
5.7.3.5. Diagonalt med støy	57
5.7.4. 802.11n, responstid	57
5.7.5. 802.11ac, throughput.....	58

5.7.5.1. Trekant uten støy	58
5.7.5.2. Trekant med støy.....	58
5.7.5.3. Trekant med hindring	59
5.7.5.4. Diagonalt uten støy	59
5.7.5.5. Diagonalt med støy	59
5.7.6. 802.11ac, responstid	59
5.8. Vurderinger.....	60
5.8.1. Throughput.....	60
5.8.2. Responstid	61
6.1. Situasjon	64
6.1.1. Dekning	64
6.1.2. Utstyr.....	65
6.1.3. Switcher	65
6.1.4. Kabling.....	65
6.2. 802.11n	65
6.2.1. Begrunnelse.....	66
7.1. Bakgrunn.....	68
7.2. Cisco Systems	68
7.2.1. Om Cisco Systems	68
7.2.2. Hvem.....	68
7.2.3. 802.11ac fremtid	68
7.2.4. Tekniske vurderinger.....	69
7.2.5. Spørsmål og svar	70
7.2.6. Anbefaling	71
7.3. Aruba Networks	72
7.3.1. Bakgrunn for besøket.....	72
7.3.2. Om Aruba Networks	72
7.3.3. Hvem.....	72
7.3.4. 802.11ac fremtid	72
7.3.5. Tekniske vurderinger.....	73
7.3.6. Spørsmål og svar	74
7.3.7. Anbefaling	74
8.1. Anbefaling til IT-tjenesten	76
8.1.1. Tekniske vurderinger.....	76
8.1.2. Ytelse i testoppsett.....	77

8.1.3. Økonomisk.....	77
8.1.4. Tidsaspektet.....	78
8.1.5. Nytteverdi	78
8.1.6. Andre oppdagelser	78
8.2. Konkret anbefaling.....	79
9.1. Konklusjon.....	81
9.2. Kritikk av oppgaven	82
9.3. Videre arbeid	82
9.4. Evaluering av arbeid	82
9.4.1. Organisering.....	83
9.4.2. Fordeling av arbeidet.....	83
9.4.3. Prosjekt som arbeidsform.....	83
9.4.4. Subjektiv opplevelse av bacheloroppgaven	84
Referanseliste	85
Vedlegg og vedleggsforklaringer	87

Figurliste

Figur 1: 802.11b-kanaler	12
Figur 2: Ulike QAM-moduleringer[11].....	21
Figur 3: MU-MIMO, 3 klienter[11]	23
Figur 4: MU-MIMO Beamforming[10].....	24
Figur 5: Kanalfordeling og standard kanalvalg	26
Figur 6: Kanalvalg 802.11ac [10]	27
Figur 7: Spektrumanalyse ved 2,4 GHz.....	30
Figur 8: Nærbilde av belastningen i 2,4 GHz-båndet.....	31
Figur 9: Spektrumanalyse ved 5-GHz-båndet.....	32
Figur 10: Nettverk med flaskehals	33
Figur 11: Nettverk uten flaskehals	33
Figur 12: Tilgang til Internett	40
Figur 13: Dekning.....	40
Figur 14: Mistet Internetttilgang	41
Figur 15: Bruksmønster	42
Figur 16: Bruk av enheter.....	42
Figur 17: Logisk struktur	48
Figur 18: trekantoppsett.....	51
Figur 19: Trekantoppsett med hindring	51
Figur 20: Diagonalt oppsett	52
Figur 21: 802.11g uten støy.....	53
Figur 22: 802.11g med støy	53
Figur 23: 802.11g med hindring.....	54
Figur 24: 802.11g, diagonalt uten støy	54
Figur 25: 802.11g, diagonalt med støy	55
Figur 26: 802.11n uten støy	56
Figur 27: 802.11n med støy.....	56
Figur 28: 802.11n med hindring.....	57
Figur 29: 802.11ac uten støy.....	58
Figur 30: 802.11ac med støy.....	58
Figur 31: 802.11ac med hindringer	59
Figur 32: Dekning AK-bygg, 1. og 2. etg.....	64

Tabelliste

Tabell 1: Spesifikasjoner for standardene.....	15
Tabell 2: Maks throughput.....	50
Tabell 3: 802.11g responstid.....	55
Tabell 4: 802.11n responstid	57
Tabell 5: 802.11ac, responstid	59
Tabell 6: Hastigheter	60
Tabell 7: Diagonalt resultater	61
Tabell 8: Responstider og stabilitet	62

Kapittel 1

- Innledning

DETTE KAPITTELET TAR FOR SEG DE RAMMER OG MÅL SOM ER SATT FOR OPPGAVEN, SAMT INFORMASJON OM HVORDAN RAPPORTEN ER BYGGET OPP. DET ER I TILLEGG EN FORKLARING PÅ HVA HVERT KAPITTEL INNEHOLDER.

1.1. Kapittelforklaring

Kapittel 2

Kapittel 2 omhandler grunnleggende teori og historikk som er betydningsfullt for utviklingen av trådløse nettverk. Utviklingen har nå kommet til 802.11ac, som er den nyeste standarden fra IEEE-arbeidsgruppen.

Kapittel 3

Her finnes et litteraturstudium av IEEE 802.11ac. Litteraturstudiet er etterspurt av prosjektets oppdragsgiver, og skal være en samling av teori rundt de teknologier som er viktig for forståelsen av 802.11ac. Kapittelet tar også for seg hva man må tenke på ved en eventuell implementasjon av standarden, og hvordan infrastrukturen påvirkes.

Kapittel 4

Dette kapittelet inneholder et utvalg av resultatene fra en spørreundersøkelse utført blant ansatte og studenter ved Høgskolen i Gjøvik. Spørreundersøkelsens fokus var å få innblikk i forventninger til HiGs trådløse nettverk. Disse resultatene er analysert slik at anbefalingen til oppdragsgiver gjenspeiler brukernes ønsker.

Kapittel 5

For å se om 802.11ac presterte på et høyere nivå enn dagens ferdigutviklede standarder, ble det utført ytelsestester. Hvordan disse ble utført, og hva resultatene førte frem til kan leses i dette kapittelet.

Kapittel 6

For å få et reelt innblikk i hvilken betydning en eventuell implementering av 802.11ac vil ha for det trådløse nettverket på Høgskolen i Gjøvik trengs en innføring og vurdering av dagens situasjon. Dette kapittelet tar derfor for seg dette.

Kapittel 7

Det ble utført møter med to store nettverksleverandører, Aruba Networks og Cisco Systems. Kapittel 7 inneholder tekniske referater fra disse møtene.

Kapittel 8

Dette kapittelet inneholder anbefalingen som arbeidsgiver skal bruke til videre arbeid med 802.11ac. Anbefalingen inkluderer tekniske, økonomiske og tidsmessige vurderinger.

Kapittel 9

Denne delen av rapporten inneholder oppsummering av gjennomført prosjekt og kritikk av oppgaven. Kapittelet består derfor både av resultatet av prosjektarbeidet i form av en konklusjon, og den subjektive opplevelsen av bachelorprosjektet.

Referanseliste

Liste med de referanser som er benyttet som kildemateriale for denne rapporten.

Vedlegg og vedleggsforklaringer

Inneholder alle relevante vedlegg til denne rapporten, deriblant ordliste, som kan brukes som oppslagsverk for vanskelige ord og uttrykk.

1.2. Om oppgaven

1.2.1. Fagområde

Behovet for kommunikasjon er større enn noen gang, og trådløs kommunikasjon er en veldig viktig del av dette. På grunn av det økende behovet blir kravet til dekning og kapasitet stadig høyere, og brukere forventer god trådløs dekning uansett hvor de er. De fleste har trådløst nett hjemme, og man forventer god mobildekning ute, samt trådløs dekning i offentlige bygg.

Studenter og ansatte ved Høgskolen i Gjøvik stiller selvsagt også krav til det trådløse nettet. Det forventes å ha god trådløs dekning på bærbare datamaskiner, mobiltelefoner, samt andre enheter, uansett hvor på skolen man befinner seg. Dette fører til en urealistisk høy forventning til både til kapasiteten og dekningen på det trådløse nettet. På bakgrunn av tidligere tester har Høgskolen i Gjøvik god dekning for trådløst nettverk i de fleste områder i alle bygninger, allikevel stiller studenter og ansatte høyere krav til bedre dekning. Derfor er det nødvendig å se på eventuelt nye løsninger for å gjøre dekningen og kapasiteten tilfredsstillende for brukerne.

1.2.2. Avgrensning

Det er tidligere gjort grundige målinger av de trådløse standardene som finnes i dag, og det er pr. i dag en stor overvekt av 802.11g-klienter ved høgskolen[30]. Våre undersøkelser vil derfor basere seg på sammenligning med denne standarden. Skolen har tidligere valgt å ikke implementere 802.11n, så det skal ikke utføres tester på denne standarden.

Det er uvisst når produkter for bedriftsmarkedet med 802.11ac-støtte blir lansert, og oppgaven vil bli begrenset av dette. I følge planen vil ikke 802.11ac bli ratifisert før i fjerde kvartal i 2013, og da vil det mest sannsynlig ikke bli lansert enterprise-utstyr før prosjektet er ferdig. Det kan ikke tas hensyn til utstyr som blir lansert etter 1. mai. De ulike leverandørene kontaktes for å få oversikt over lanseringsdatoer, spesifikasjoner og annen relevant informasjon om kommende produkter.

På grunn av overstående grunner vil det ikke bli mulig å teste 802.11ac i produksjon. Oppgaven vil begrenses til tester i avgrensede testmiljøer hvor forholdene er kontrollert.

1.2.3. Bakgrunn

IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik ønsker å finne ut mer om den kommende trådløse standarden 802.11ac, og hvordan denne eventuelt kan forbedre det trådløse nettverket ved Høgskolen i Gjøvik. Basert på tilbakemeldinger og tidligere studier er det et faktum at det finnes områder med svak eller ingen trådløs dekning. Under bacheloroppgaven «Trådløst lokalnettverk på HiG» fra 2011 ble det gjort en grundig undersøkelse av styrker og svakheter i 802.11g-standard, samt hvordan dette påvirket skolens implementasjon, som bruker 802.11a/g. I løpet av 2013 vil 802.11ac bli sertifisert og ratifisert[10] og denne skal være bedre på flere områder, blant annet benyttes 5 GHz-frekvensbåndet i stedet for 2,4 GHz.

1.2.4. Oppgavebeskrivelse

Prosjektet skal dekke følgende punkter:

1. Et litteraturstudium av 802.11ac-standard, som dekker funksjonalitet, fordeler og utfordringer knyttet til den.
2. Kontakte Cisco, og finne ut hvilket utstyr som kommer på markedet når 802.11ac er ratifisert, og hva dette innebærer for IT-tjenesten, spesielt med tanke på kompatibilitet med eksisterende infrastruktur.
3. Gjøre en undersøkelse blant andre store nettverksleverandører (Aruba, Ubiquiti) hva de planlegger på utstysfronten.
4. Hvilke krav setter den økte kapasiteten til øvrig infrastruktur?
5. Er nettverksutstyr som har kommet i consumer-markedet kompatibelt med hverandre? Vil utstyr som er lansert nå (bærbare datamaskiner med integrerte nettverkskort eksempelvis), fungere når standarden er ratifisert?
6. Hvordan skal IT-tjenesten forholde seg til 802.11ac-standard? Hvordan vil kvaliteten på det trådløse nettverket på HiG endres ved en eventuell implementasjon? Dette sett med utgangspunkt i tidligere bacheloroppgave; «Trådløst lokalnettverk på HiG» fra 2011, brukerundersøkelser og tekniske funn.
7. Det skal utføres flere tester på 802.11ac. De viktigste er:
 - a. Interferensproblematikk
 - b. Throughput i ulike situasjoner
 - c. Signalpenetrering
8. Finne rekkevidde/dekning ut ifra spesifikasjoner.
9. Hvordan vil signalene påvirkes av høy aksesspunktthet?

1.3. Målgruppe

Målgruppen for denne prosjektrapporten er hovedsakelig ansatte hos IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik. Oppgavens innhold er også relevant for andre bedrifter og institusjoner som har eller skal sette opp et trådløst nettverk. Det er også tenkt at rapporten skal gi medstudenter med samme kunnskapsbakgrunn faglig utbytte.

1.4. Prosjektmål

1.4.1. Effektmål

Formålet til dette prosjektet er at IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik kan avgjøre om de bør implementere 802.11ac i sitt trådløse nettverk. Det skal med god forutsigbarhet forutsies om dekningen og kapasiteten kan bedres i dagens problemområder. IT-tjenesten skal også bruke resultatene av prosjektet til å øke egen kunnskap om standarden, så de sparer ressurser på egenopplæring.

Prosjektets resultat skal være en teknisk vurdering av 802.11ac, underbygget av målinger og praktiske tester. Vurderingen av standarden skal sammenlignes med høgskolens implementerte standard, 802.11g, slik at IT-tjenesten har et grundig beslutningsgrunnlag. Basert på hva slags utstyr som blir lansert i løpet av prosjektets livsløp skal det foreligge en anbefaling til IT-tjenesten om skolen er tjent med å investere i dette.

1.4.2. Resultatmål

Utbyttet av denne oppgaven skal først og fremst være mer tilegnet kunnskap om nettverk, og da spesielt trådløst nettverk. Det vil også være et stort læringsutbytte innen oppsett og analyse av tester og prosedyrer. For oppsett av testene vil det være mye å lære for å få til statistisk signifikante resultater. Innen analysering vil det være nyttig kunnskap om vurdering av signaleringsoppførsel, dekning og statistiske data.

Prosjektet vil også medføre tilegning av nyttig erfaring innen prosjekt- og gruppearbeid. Dette omfatter viktige områder som samarbeid og rapportskriving på et akademisk nivå.

1.5. Prosjektgruppens faglige bakgrunn

Prosjektgruppen består av to medlemmer; Tonje Brubak og Per Kristian Svevad som begge går sjette semester på dataingeniør ved Høgskolen i Gjøvik. Utover obligatoriske emner har Per Kristian gjennomført relevante valgemner som deriblant inkluderer systemadministrasjon og nettverksadministrasjon. Utover den kunnskapen som er tilegnet under utdanningsløpet har ingen av grupped medlemmene utvidet erfaring om trådløs teknologi.

Gruppen må derfor sette seg inn i nødvendig informasjon som er tilgjengelig for gjennomføring av dette prosjektet.

1.6. Rammer

Gruppen forplikter seg til å forholde seg til de rammer som er gitt av skolen med tanke på tidsfrister og lignende. Blant annet betyr dette innlevering av tre statusrapporter, samt levering av prosjektrapporten 15. mai. Tester er begrenset

til utstyret som har kommet på markedet. Arbeidet vil foregå både hjemme og på skolen, individuelt og ved samarbeid.

1.7. Ansvarsforhold og roller

Prosjektleder er Tonje Brubak. Prosjektlederstillingen vil ikke være avgjørende for valg som tas når gruppens medlemmer er uenig. Her vil en mer demokratisk konfliktløsningsmetode benyttes. Det vil i aller høyeste grad være mest lønnsomt med en god diskusjon før gruppen tyr til denne metoden. De fleste problemstillinger bør løses med normal gruppejustis. Om minimum et av medlemmene anser en uenighet som en mer betydningsfull sak vil veileder bli kontaktet.

Hvert gruppemedlem har følgende ansvar:

1. Møte til oppsatt arbeidstid, og jobbe jevnt med oppgaven.
2. Melde fra i god tid om forfall fra noen av de avtalte tidsfristene eller møtene.
3. Sette seg inn i nødvendig litteratur for å gjennomføre oppgaven.

Gruppen har felles ansvar for:

1. At tidsfrister blir overholdt.
2. Å holde loggen oppdatert, og at denne går gjennom ved neste daglige møte.

Prosjektlederen har et overordnet ansvar for at hvert gruppemedlem, og gruppen som en helhet overholder punktene ovenfor.

1.8. Formatering av rapporten

1.8.1. Referanser

Referanser er oppgitt med hakparanteser og et nummer som henviser til referanselisten. Dersom referansen er gitt foran et punktum, eller midt i en setning, refererer denne til den spesifikke opplysningen. Når referansen er satt bak punktum, på slutten av et avsnitt, gjelder denne for hele avsnittet.

1.8.2. Fonter

Rapporten er skrevet i Cambria med skriftstørrelse 12. I overskrifter er Arial benyttet med skriftstørrelse 14, 12 og 11.

1.8.3. Kapitler

Alle kapitler har en egen kapitelside med en innledning til kapitlet. Alle overskrifter i et kapittel begynner med kapittelnummeret, og er fortløpende nummerert

Kapittel 2

- Teoretisk fordypning

FOR Å FÅ EN GRUNDIG FORSTÅELSE AV 802.11AC OG TRÅDLØS TEKNOLOGI GENERELT ER DET VIKTIG Å SE PÅ HISTORIEN OG TEORETISKE BEGREPER FOR TRÅDLØSE NETTVERK. DETTE KAPITTELET VIL BEGYNNE MED HISTORIE, FOR SÅ Å GÅ INN PÅ DE RELEVANTE IEEE-STANDARDENE, SAMT HVORDAN TRÅDLØSE SIGNALER OPPTRER I ULIKE MILJØER.

2.1. Historie

2.1.1. Begynnelsen

Allerede på slutten av 1800-tallet var kommunikasjon viktig. Telegrafi og telefoni endret hastigheten informasjon kunne flyttes på, og på bare få år gikk informasjonshastigheten fra menneskets forflytningshastighet til «lysets hastighet». Men å kommunisere via kablede løsninger viste seg fort å være for statisk i et stadig voksende industrisamfunn. En kablet løsning begrenser seg til gjenstander som står stille på et bakkeplan, mens skip og lignende ikke har muligheten til den slags kommunikasjon. Begynnelsen på sending av radiosignaler kom på slutten av 1800-tallet, etter at James Clerk Maxwell produserte et sett med ligninger rundt år 1865. Ligningene skulle forutsi hvordan elektromagnetiske bølger spredte seg med lysets hastighet i luft. Første «radiosending» ble utført i 1899, og utviklingen fikk moment. Innen 1934 hadde radiosignalene blitt mer sofistikerte, med flere kanaler. Politiet i ulike deler av USA hadde tatt i bruk radiokommunikasjon, og en trådløs tidsalder begynte å ta form.[1]

2.1.2. Mobil

I 1947 begynte de første mobilnettene å komme. Populariteten vokste raskt, og frekvensbåndene for mobilkommunikasjon gikk først fra 35 til 150 MHz, og deretter til 450 MHz på kort tid[1]. FCC (Federal Communications Commission) tildelte radiofrekvensbånd og tilgjengelige kanaler innenfor frekvensbåndene til de ulike operatørene. På grunn av begrensede antall kanaler var 40 samtidige samtaler maksimum i hver by. Det var stor uvisshet for fremtiden, og derfor var FCC nølende med å tildele ytterligere frekvenser, og utviklingen tok lengre tid enn nødvendig. I 1968 ble endelig bruken av høyere frekvenser godkjent, og det moderne mobilnettet ble mer utbredt.[1]

2.1.3. Internett

Internett oppstod i form av små pakkesvitsjede nettverk på tidlig 60-tallet. Mange ulike protokoller ble benyttet, men ARPANET ble tatt i bruk mellom ulike universiteter og bedrifter i USA. ARPANET ble utviklet av og for Department of Defence i USA. ARPANET vokste raskt, og innen 1971 var 15 ulike lokasjoner koblet sammen[2]. I 1982 ble TCP/IP standardisert, og teknologien åpnet for et verdensomspennende nettverk der alle kan kommunisere med hverandre. Navnet «Internet» ble brukt som en forkortelse for «internetworking», og etter at navnet dukket opp i stadig flere RFC-er og lignende, ble Internet det offisielle navnet[2]. Internett vokste raskt, og innen midten av 90-tallet ble det et allemannseie med samfunnskritisk viktighet. Dataoverføringshastigheter har økt til flere Gigabit pr. sekund og «alle har Internett i hånda».

2.1.4. Wi-Fi

Da Internett vokste, kommunikasjon ble enda viktigere og mobilitet en selvfølge, begynte trådløse dataoverføringsmetoder å komme på markedet. Universitetet i Hawaii var først ute med ALOHAnet (ca. 1968-71)[3], som var et egenutviklet trådløst pakke-datanettverk. ALOHAnet innførte en rekke viktige prinsipper for kommunikasjon på et trådløst medium. «Pure ALOHA» bruker et enkelt prinsipp, som senere har utviklet seg til CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Pure ALOHA gjør følgende:

- Har du data som skal sendes? Send data.
- Hvis pakken kolliderer, send igjen senere etter en tilfeldig tid.

I 1985 tok FCC et avgjørende valg for Wi-Fi-ens eksistens; å åpne flere radiofrekvensbånd for bruk på en åpen lisens. På denne tiden var dette radikalt, fordi ulisensierte frekvenser knapt eksisterte, og den amerikanske regjeringen skulle ha kontroll på hva de trådløse frekvensene ble brukt til. Frekvensbåndene ble hentet fra industrielle, vitenskapelige og medisinske lisensierte frekvensbånd, og ble gjort tilgjengelig for kommunikasjonsentreprenører.[4]

Frekvensene ble kalt søppelbånd, siden myndighetene til dels mistet kontrollen, og fordi annet utstyr (for eksempel mikrobølgeovn) opererte på disse frekvensene. De tilgjengelige frekvensene var 900 MHz, 2,4 GHz og 5,8 GHz. For at ulikt utstyr skulle kunne operere rundt de samme frekvensene, kom det som et krav fra FCC at de trådløse signalene skulle være «spread spectrum», altså med mulighet for flere kanaler i det samme frekvensbåndet.[4]

Det første utstyret som kom på markedet var meget proprietært, så utstyr fra en leverandør kunne ikke kommunisere med en annens. Dette gjorde at utviklingen sto relativt stille i noen år. I 1988 ønsket NCR Corporation (jobber med minibanker, betalingsterminaler og lignende) en trådløs tilkobling i det ulisensierte spekteret, og en av ingeniørene ved selskapet (Victor Hayes, Wi-Fi-ens «far») begynte å arbeide for en felles standard. Hayes kontaktet IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) og komitéen for utvikling av Ethernet-standard (IEEE 802.3). En ny komité kalt 802.11 ble etablert med Hayes i spissen, og utviklingen av en felles standard begynte.[4]

I et marked som allerede hadde blitt i stor grad fragmentert, var det vanskelig å komme frem til løsninger som passet alle. Derfor var det ikke før i 1997 at det første forslaget med grunnleggende funksjonalitet ble presentert. Spesifikasjonen ga en overføringshastighet på 2 Mbps. Umiddelbart etter publiseringen begynte ulike leverandører å lage prototyper. To varianter av 802.11 begynte å formes, nemlig 802.11b, som opererer på 2,4 GHz-båndet og 802.11a, som operer på 5,8 GHz-båndet (normalt kalt 5 GHz-båndet). Disse ble ratifisert rundt årtusenskiftet, men spesifikasjonen var ekstremt lang og kompleks, slik at kompatibilitet ble et vedvarende problem.[4]

Som en direkte følge av dette gikk seks daværende etablerte nettverksselskaper (3Com, Aironet, Harris Semiconductor, Lucent, Symbol Technologies og Nokia) sammen for å utvikle en enklere standard. De kalte seg WECA, og WECA-kompatibilitet ble et vanlig uttrykk. Navnet Wi-Fi stammer også fra WECA, ettersom de ønsket et enkelt, kundesvennlig navn til den nye implementasjonen av standarden. I 2002 valgte WECA å endre navn til «Wi-Fi Alliance». Siden den gang er de fleste nettverksleverandører valgt å være en del av denne alliansen.[4]

I juni 2003 ble 802.11g ratifisert. 802.11g bruker 2,4 GHz-båndet, men tilbyr en høyere hastighet enn hva 802.11b gjør. I 2009 kom 802.11n, som er en utvidelse av både 802.11a og 802.11g. 802.11n støtter teknologien MIMO (multiple-input and multiple-output) som gir mulighet for sending og mottak på flere antenner samtidig. 802.11n øker også kanalbredde, og overføringshastigheten kommer opp til 600 Mbps. Den videre utviklingen har kommet til 802.11ac, som tar flere teknikker for Wi-Fi et steg videre.[5]

2.2. IEEE

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) er en non-profit-organisasjon lokalisert i New York, som fremmer teknologisk innovasjon. Organisasjonen ble grunnlagt i 1884, og har nå flere enn 400 000 medlemmer i mer enn 175 ulike land. Organisasjonens formål er å skape, utvikle, integrere, dele og bruke kunnskap om elektronikk, IT og vitenskap. IEEE har om lag 900 standarder i bruk og rundt 700 som er under utvikling[6]. Hensikten med disse standardene er å skape en felles plattform for leverandører innen de fleste aspekter av elektro, elektronikk, tele- og nettverkskommunikasjon, slik at teknologien samsvarer med teknologien mellom ulike leverandører. Når det kommer til 802.11n, brukte de hele sju år fra starten av utviklingen til lanseringen av standarden[7]. Dette gjorde trådløse nettverksleverandører utålmodige, slik at de baserte utviklingen av utstyret sitt på substandarder av 802.11n. Dette resulterte i at utstyr ikke var kompatibelt med hverandre. Nettopp derfor er det viktig med et sett av felles spesifikasjoner som bedrifter kan bli enige om og benytte seg av.

En av IEEE-samlingene er IEEE 802 LAN/MAN-grupperingen av standarder som inkluderer IEEE 802.3 Ethernet-standard og IEEE 802.11 Trådløst nettverk-standard.

2.2.1. IEEE 802

IEEE 802 er standarder for LAN og MAN, som inkluderer både trådløs og kablet teknologi[8]. Mer spesifikt er dette standardene for nettverk som sender pakker med varierende lengde/størrelse.

Standardene i 802-gruppen spesifiserer protokoller og tjenester som ligger i de to laveste lagene i OSI-modellen, Datalink- og det fysiske laget.

2.2.2. IEEE 802.11

IEEE 802.11 (også kalt 802.11-1997 og 802.11-1999) var originalstandarden. Den ble utgitt i 1997 og klargjort i 1999. Standarden benyttet 2,4 GHz-båndet. Hastigheten på 802.11 var på 1 og 2 Mbps. Standarden ble ikke særlig kommersiell.[9]

Til tross for at 802.11 ikke ble særlig utbredt, er den allikevel grunnlaget for all moderne Wi-Fi-teknologi, og er en viktig del av den videre utviklingen.

2.2.3. IEEE 802.11a

802.11a er en utvidelse av 802.11-standarden. 802.11a ble ratifisert i 1999, og hadde en stor forbedring i forhold til den tidligere standarden. Blant annet en datahastighet på 54 Mbps. Dette vil si en realistisk oppnåelig hastighet på mellom 20 og 30 Mbps. 802.11a ble ikke særlig populær, mye på grunn av at 802.11b kom noenlunde samtidig, med bedre resultater og i tillegg var det en lavere investeringskostnad forbundet med den.[9]

For de ulike hastighetene vil modulasjonsteknikken som benyttes endres. De høyere modulasjonsteknikkene er veldig utsatt for støy, så for å få en stabil tilkobling må modulasjonen reduseres. Som følge av dette reduseres tilkoblingshastigheten. 802.11a bruker OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) med 64-QAM (for 54 og 48 Mbps), 16-QAM (for 36 og 24 Mbps), QPSK (for 18 og 12 Mbps) og BPSK (for 9 og 6 Mbps som subcarrier modulasjonsteknikk (se 3.2. Modulasjonsteknikker)).

802.11a hadde opprinnelig tolv ikke-overlappende kanaler av totalt 13 stk[16]. Antallet tilgjengelige kanaler er ulikt innenfor forskjellige kontinenter. Norge og resten av Europa er underlagt bestemmelsene fra ETSI, og det er disse bestemmelsene som vil bli benyttet i resten av rapporten.

802.11a var den første trådløse standarden som tok i bruk 5 GHz-båndet. Sammenlignet med 2,4 GHz-båndet, er 5 GHz mye mindre utsatt for støy fra eksterne støykilder[9]. Ulempen ved å ha høy frekvens er at signaler ikke trenger like godt gjennom vegger, slik at rekkevidden vil være ganske begrenset (se 2.3. Støysignaler). For å lese mer om fordeler og ulemper ved 2,4- og 5-GHz båndene se 3.6. Bånd og frekvenser.

2.2.4. IEEE 802.11b

802.11b ble også utgitt i 1999, og var den første trådløse standarden som oppnådde kommersiell suksess. Produkter som støttet denne standarden begynte å komme i 2000[9]. Apple iBook var den første mainstream-datamaskinen som ble solgt med integrert 802.11b-nettverk.

802.11b er en direkte forlengelse av DSSS (Direct-sequence spread spectrum) modulasjonsteknikk definert i den opprinnelige standarden. Teknisk sett bruker

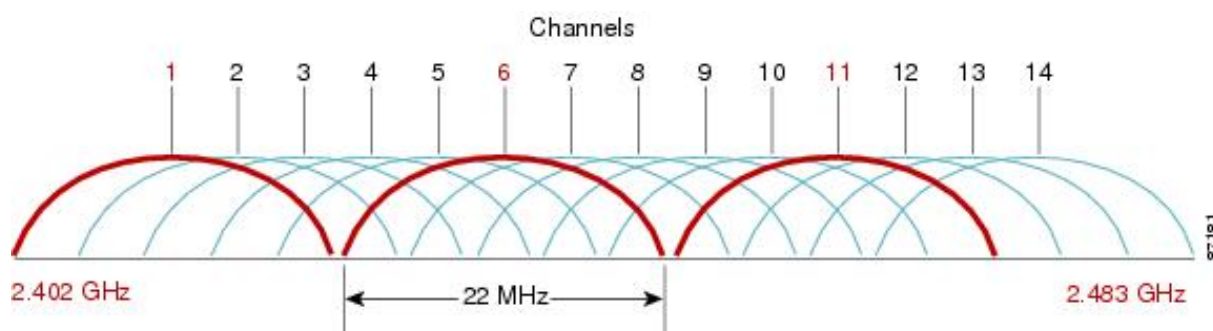
802.11b-standarden Complementary Code Keying (CCK) som sin modulasjonsteknikk (se 3.2. Modulasjonsteknikker).

Standarden opererer på 2,4 GHz-båndet, noe som tidligere nevnt gjør at nettverket blir preget av forstyrrende elementer som benytter seg av samme frekvensbånd.

Både 802.11a og 802.11b er utvidelser av den originale 802.11-standarden. Men det viste seg at 802.11b ble rimeligere i investering enn 802.11a[9]. I tillegg ble rekkevidden vesentlig bedre. Og med 802.11b sine fordeler ble den praktiske hastigheten raskere enn med 802.11a. På bakgrunn av dette ble 802.11b foretrukket.[9]

Standarden har en teoretisk hastighet på 11 Mbps. Det brukes CSMA/CA-medietilgangsmetode, og derfor vil hastigheten i praksis ikke ligge på mer enn 5,9 Mbps for TCP-trafikk og 7,1 Mbps for UDP-trafikk.[15]

802.11b er en 2,4 GHz-standard og det er ikke tilgjengelig et særlig bredt frekvensbånd. Som vist i Figur 1 er det 14 kanaler tilgjengelig, som hver er 22 MHz brede. 2 MHz brukes som sikkerhet for å ikke ha overlapping, og derfor er utnyttelsen av hver kanal 20 MHz. Kanal 14 brukes normalt ikke, derfor er det vanligvis 13 tilgjengelige kanaler i ETSI-områder. Mange overlapper hverandre og det er derfor er det ikke anbefalt å bruke alle samtidig. Optimalt sett er kanal 1, 6 og 11 tilgjengelig og ikke-overlappende. Som man ser av Figur 1, vil andre kanaler forstyrre hverandre, og dermed synker ytelsen. Siden det kun er tre rene kanaler tilgjengelig, er det vanskelig å bygge et nettverk med høy aksesspunktetthet.[16]



Figur 1: 802.11b-kanaler

2.2.5. IEEE 802.11g

802.11g ble lansert i 2003 som en videreutviklet versjon av 802.11b. 802.11g er bakoverkompatibel med 802.11b, men ikke med 802.11a. Når 802.11g har datarater på 1, 2, 5,5 og 11 Mbps vil det benyttes samme modulasjonsteknikk og keying som ved 802.11b (det vil si DSSS og CCK). Derimot, når dataratene er på 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 og 54 Mbps brukes samme moduleringssteknikker som for 802.11a (se 3.2. Modulasjonsteknikker).[16]

802.11g opererer på 2,4 GHz-båndet, slik som forgjengeren 802.11b. Kanalisering og dekning vil derfor være de samme. Den teoretiske hastigheten på denne standarden er 54 Mbps, men i praksis kan det oppnås ca. 23 Mbps.[16]

802.11g vokste veldig raskt da den kom på markedet, og ble faktisk tatt i bruk før standarden ble ratifisert. Dette førte til at mye utstyr som ble solgt tidlig ikke var kompatibelt med den ferdige standarden.

2.2.6. IEEE 802.11n

802.11n kom ut i 2009. Denne benytter seg av både 2,4 GHz-båndet og 5 GHz-båndet. I begynnelsen ble for det meste 2,4 GHz benyttet, på grunn av alle 802.11g-klientene som er på markedet, men det ble også en økt interesse rundt bruken av 5 GHz og fordelene ved det. Utstyret som bruker denne standarden støtter opptil fire antenner for sending og mottak. En ny funksjon med denne standarden kalles for MIMO (multiple-input and multiple-output) (se 3.3.1. MIMO). Dette gir en dramatisk økning i datahastighet, nærmere bestemt fra 54 Mbps med 802.11g til en teoretisk hastighet på hele 600 Mbps med 802.11n. Dette betyr økt båndbredde for brukere av det trådløse nettet. I tillegg vil dette gjøre nettet mer pålitelig både med tanke på sending og mottak.[18]

Kanalbredden til 802.11n er økt slik at det er mulighet til å ha 40 MHz bredde i tillegg til 20 MHz, kontra tidligere standarder der kanalbredden kun lå på 20 MHz.[20]

Det er også en vesentlig økning av hastigheten på nettet, og da vil kapasiteten øke. Dette skyldes at når brukerne trenger mindre tid på å utføre en oppgave, vil de ikke ta opp mer enn nødvendig av nettet.

Frame aggregation er også en ny teknologi med 802.11n, som er en sammenslåing av MAC-frames (se 3.4.1. Frame aggregation).

Utviklingen av 802.11n startet i 2002, og i 2007 kom de første produktene som støttet 802.11n på markedet, men standarden ble ikke ratifisert før i 2009. Med de nye teknologiene ved 802.11n, fører dette til et særdeles mye stødigere, raskere og mer brukervennlig nett, noe som er grunnen til at denne standarden er den mest brukte i dag.[9]

I 2,4 GHz-båndet brukes normalt tre ikke-overlappende kanaler, og til sammen 13, som ved 802.11b/g[20]. Kanaliseringen i 5 GHz-båndet er likt som for 802.11a, men kanaler slås sammen for å oppnå 40 MHz kanalbredde.

Modulasjonsteknikkene er likt som tidligere standarder, men 802.11n bruker i tillegg 64-QAM ved flere ulike hastigheter.[20]

2.2.7. IEEE 802.11ac

802.11ac er etterfølgeren til 802.11n, og bygger på flere av teoriene i den forrige standarden. Standarden er fortsatt under utvikling. Ratifiseringen er estimert til å være i slutten av 2013[11]. I og med at standarden pr. i dag fortsatt er under utvikling, er det ikke mye utstyr på markedet ennå, men produkter lanseres fortløpende.

802.11ac benytter utelukkende 5 GHz-båndet[11]. Fordelen ved at den bare benytter 5 GHz-båndet er at det vil være mindre forstyrrelser fra andre trådløse enheter, da disse som regel bruker 2,4 GHz-båndet. Det er også strengere kontroll for bruk av enheter i 5 GHz-båndet, og dette kan leses mer om i Kapittel 3.6.

Med 802.11ac vil det i første omgang leveres en svært god hastighet på opp mot 1,3 Gbps (se 3.8. Lansering).

I den kommende standarden økes kanalbredden til 80 MHz, med mulighet til å øke til ytterligere 160 MHz[11]. Resultatet av dette er en vesentlig økning av hastigheten. Ved å øke hastigheten blir standarden ideell for enkeltbrukere med stort trafikkbehov.

802.11ac vil gi mulighet for åtte antenner i hver retning. Hver av antennene vil kunne ha en datastrøm på 433,3 Mbps ved, som nevnt over, 80 MHz kanalbredde. Dersom man tar i bruk maksimalt antall antenner, og full kanalbredde på 160 MHz, vil man i teorien kunne oppnå en ytelse på 6,93 Gbps.[11]

Ved innføring av den nye standarden vil antennene kunne sende signalet i den retningen som mottakeren befinner seg i. Denne teknologien kalles beamforming. Nettverkene vil derfor bli mer eller mindre «skånet» for forstyrrelser fra naboen. Dette vil føre til høyere stabilitet og bedre ytelse. Med økningen i antall antenner skal dette kunne gi dobbelt så mange parallelle kommunikasjonsstrømmer sammenlignet med de beste 802.11n-løsningene.[10][11]

802.11ac benytter seg av modulasjonsteknikker opp til 256-QAM som gir fire ganger flere fase- og amplitudeskift enn ved 802.11n. For mer informasjon om dette se Kapittel 3.2. Modulasjonsteknikker.[11]

Standarden er den første som tar i bruk MU-MIMO, som kommer i wave 2 (se 3.8. Lansering). MU-MIMO er en videreutvikling av MIMO som brukes av 802.11n (se 3.3.1. MIMO og 3.3.2. MU-MIMO).[11]

Det vil ikke bli noen overlappende kanaler når 802.11ac blir ratifisert. 5 GHz-båndet er i større grad regulert av myndighetene enn det 2,4 GHz-båndet er, da 5 GHz-båndet også blir brukt til værradarer og lignende. Dette medfører bedre kontroll over frekvensbåndet, se Kapittel 3.6.

2.2.8. Oppsummering

Tabell 1 viser en enkel oppsummering over spesifikasjonene og ytelsene til de nevnte trådløse standardene.

Tabell 1: Spesifikasjoner for standardene

Navn	Ratifisert (år)	Bånd-Bredde (MHz)	Frekvens-bånd (GHz)	Maks hastighet (Mbps)	Maks antall streams	Maks modulering
802.11	1997	20	2,4	2	1	BPSK
802.11a	1999	20	5	54	1	OFDM
802.11b	1999	20	2,4	11	1	QPSK
802.11g	2003	20	2,4	54	1	OFDM
802.11n	2009	20/40	2,4 og 5	600	4	64-QAM
802.11ac	Snart (Q4 2013)	20/40/80/160	5	6930	8	256-QAM

2.3. Forstyrrelser

Støysignaler er uforutsigbare, og kommer fra både menneskeskapt og naturlige kilder. Det er umulig å unngå forstyrrelser, men det er allikevel hensiktsmessig å forsøke å begrense disse til det minimale.

Plasseringen av aksesspunkt og antennene på aksesspunktet kan ha mye å si for om signalene når fram til ønsket sted best mulig. Antennene på et 802.11ac-aksesspunkt vil ha en funksjon som kalles beamforming. Beamforming gir retningsstyrte signaler, som sender sterke signaler i den retningen mottakeren er.

2.3.1. Interferens

Interferens er det en ser på som i hovedsak menneskeskapt signaler som hindrer det trådløse nettet i å fungere optimalt. Flere enheter (bluetooth-enheter, trådløse telefoner, mikrobølgeovner, mobilnett, TV og lignende) bruker 2,4 GHz-båndet. Dette fordi 2,4 GHz-båndet har åpen lisensiering og derfor er det enkelt å sende signaler på dette båndet. Konsekvensen er mange forstyrrelser på dette frekvensbåndet.

2.3.2. Blokkeringer

Blokkeringer er fysiske hindringer som fører til at trådløse signaler ikke vil nå uproblematisk fram til ønsket sted. Dette skyldes at blokkeringer, som for eksempel vegger, har en evne til absorbering, refleksjon og diffusjon som gjør signalene betydelig svakere. Disse interaksjonene kan føre til at radiosignalene endrer retning, og at de når områder som ikke ville være mulig hvis radiosignalene reiste i en direkte linje.

2.3.2.1. Absorbering

Absorbering skjer når signal treffer en gjenstand, og noe av signalet vil gå inn i denne gjenstanden. Resultatet er at signalstyrken svekkes. Hvor stort tap dette gir vil avhenge av frekvens og materialet som absorberer.

Absorbering skjer når et trådløst signal treffer vegger, møbler og mennesker. Utendørs har værendringer, bygninger, trær og lignende mye å si på absorberingsevnen.

Absorberingsevnen avhenger av fuktigheten i legemet, jo fuktigere legemet er, desto større grad av signalet absorberes. Mennesker og dyr inneholder en stor del vann, noe som vil svekke trådløse signaler. Dette er svært viktig å tenke på når man plasserer aksesspunkter.

Jo høyere frekvens signalet sendes på, desto mer absorberes det av legemer.

2.3.2.2. Refleksjon

Refleksjon av lys kjenner vi godt til. Speil er en vanlig gjenstand du finner i hjemmet, på butikker og lignende. Radiobølger blir, på tilsvarende vis som lys, reflektert av overflater. Når et signal blir reflektert oppstår det som regel noe signaltap, dette fordi legemet som reflekterer signalet vil absorbere deler av det, eller grunnet spredning.

En rekke overflater kan reflektere radiosignaler, noe som kan føre til at rekkevidden endres. For sending av signaler over lengre distanser vil eksempelvis hav og andre våte overflater bidra til økt distanse. For kortere distanser vil metalliske overflater, for eksempel hustak, være en viktig kilde til refleksjon.

Refleksjon kan også være en kilde til interferens. Det reflekterte signalet vil være tidsforsinket når det sendes tilbake, og vil da møte nytt signal. Det tidsforsinkede signalet vil altså interferere med seg selv.

2.3.2.3. Refraksjon

Det er også mulig for radiobølger å brytes. Dette er et kjent fenomen som vi blant annet ser om vi har et sugerør i et glass med væske. Den delen som er i væsken vil se ut som har forandret vinkel, og går i en annen retning. Radiobølger påvirkes på samme måte. For radiosignaler er det forholdsvis få tilfeller hvor signalene flytter brått fra en region med en brytningsindeks, til en region med en annen. For radiosignaler er det langt mer vanlig med en gradvis brytning.

2.3.2.4. Diffusjon

Diffusjon oppstår når signal treffer et objekt med ru overflate. Da vil signalet bli reflektert og sendt tilbake i en svakere grad i ulike retninger.

Ved diffusjon vil det reflekterte signalet, i motsetning til refleksjon, ikke interferere med seg selv, da det diffuserte signalet normalt sett er for dempet til å lage betydelig interferens.

2.3.2.5. Diffraksjon

Radiosignaler kan også gjennomgå diffraksjon. Det vil si at når et signal støter på en hindring hender det at de forsøker å reise rundt dem. Dette kan bety at et signal mottas fra en sender, selv om det kan være «skyggelagt» av en stor gjenstand mellom dem. Selv om det vil være en skyggesone umiddelbart bak hindringen, vil signalet ved hjelp av refleksjoner finne veien rundt hindringen og fylle opp tomrommet. Diffraksjon er mer fremtredende når hindringen er skarp. For øvrig vil lavfrekvente signaler diffraktere mer markert enn høyfrekvente gjør.

Dette vil si at ved standarden 802.11ac vil ikke signalere diffraktere i like stor grad som andre standarder som benytter seg av et lavere frekvensbånd.

2.3.3. Redegjørelse

Nevnte problemer i 5 GHz-båndet kan gi utfordringer med 802.11ac. Forstyrrelser er som sagt til hinder for det trådløse signalet, men dette vil være betydelig bedre med ac-standard, i og med at denne bruker 5 GHz-båndet, der færre enheter opererer.

Ulempen med at 802.11ac opererer på 5 GHz-båndet er at jo høyere frekvens signalet kjører på, jo mer absorberes av blokkeringer (som for eksempel vegger i hus). Dette fører til at rekkevidden vil være mindre med 802.11ac-standard. Mindre diffraksjon ved høyere frekvens gjør at signalene fra et 802.11ac-aksesspunkt ikke vil «finne fram» i like stor grad. Derfor vil det som regel være nødvendig å bygge med høyere aksesspunkttetthet når frekvensen økes. Totalt sett kan være en stor fordel for bedrifter, som ønsker stor kapasitet og kan bygge mindre celler. For hjemmeinstallasjoner kan dette føre til uønskede kostnader, siden det normalt sett kun brukes et aksesspunkt.

Kapittel 3

- Litteraturstudium

802.11AC ER DENNE RAPPORTENS TEMA, OG ARBEIDSGIVER YTRET ØNSKE OM EN KOMPLETT GJENNOMGANG AV DENNE STANDARDEN, SAMT DE TRÅDLØSE TEKNOLOGIER SOM INNGÅR I DEN. DETTE KAPITTELET INNEHOLDER ET LITTERATURSTUDIUM, SOM TAR FOR SEG FLERE ASPEKTER VED 802.11AC, SAMT TEKNOLOGIER SOM ER RELEVANT FOR UTVIKLINGEN.

SOM EN DEL AV STUDIET ER DET OGSÅ VURDERT HVA SOM MÅ TIL MED TANKE PÅ IMPLEMENTASJON, SAMT ANDRE TILLEGGSTEKNOLOGIER SOM ER RELEVANT FOR TEKNOLOGIEN.

3.1. Kompatibilitet

Kompatibilitet er en stor utfordring når nye standarder innføres. Å ha full bakoverkompatibilitet betyr som oftest at en er nødt til å gjøre noen kompromisser, som går utover ytelse eller funksjonalitet.

802.11ac er laget både med tanke på bakoverkompatibilitet og fremoverkompatibilitet[10]. I forhold til tidligere standarder er 802.11ac konstruert enklere, for å gjøre kompatibilitet lettere i fremtiden. Bakoverkompatibiliteten er også ivaretatt, men siden 802.11ac er en ren 5 GHz-standard er den kun kompatibel med 802.11n og 802.11a. En 802.11n-klient kan kommunisere med et 802.11ac-aksesspunkt, og vice versa. I tillegg vil ikke 802.11ac forstyrre 802.11b/g, siden disse kun opererer på 2,4 GHz-båndet. I et miljø hvor allerede 802.11a/b/g/n eksisterer, slipper man derfor å endre eksisterende infrastruktur.

I tillegg til dette er begynnelsen på pakken lesbar for 802.11a/n-klienter, så hvis en a- eller n-klient ser en ac-pakke, vil klienten vite hvor lenge nettverket er opptatt.[11]

I et 802.11g-nettverk vil ytelsen til nettverket reduseres betraktelig hvis en 802.11b-klient er tilstede. Dette kan man unngå i mer avanserte nettverk, ved å slå av de lavere hastighetene som 802.11b benytter. Med de forbedringene som er gjort i 802.11ac vil ikke bruk av eldre standarder ha noen innvirkning. Standardene som arbeider i 5 GHz-båndet kan eksistere sammen, og ytelsen vil holde seg på høyeste nivå.

3.2. Modulasjonsteknikker

3.2.1. Generelt

Modulering gjøres for å sende et signal i et annet signal. Dette gjøres fordi lavfrekvente eller digitale signaler er vanskelig å sende trådløst uten at de blir umulig å tolke. Derfor kodes disse signalene inn i et annet signal, med høyere frekvens, slik at det originale signalet kan dekodes (demoduleres) hos mottakeren. Det kan være mange grunner til å modulere et signal. I hverdagen hører vi effekten av et modulert signal når vi hører på radio. Et lydsignal (20 Hz – 20 kHz) frekvensmoduleres sammen med en basefrekvens (FM 87,6 MHz for P1, sendt fra Nordhø i Hedmark), og kan derfor sendes over lengre distanser. Hos mottager brukes en demodulator (radio med FM-mottaker), og lydsignalet gjenskapes hos lytteren.

Det samme gjelder i den digitale verden. Et digitalsignal moduleres på ulike metoder, for å kunne sendes som et analogt signal trådløst.

3.2.2. PSK (Phase-Shift Keying)

PSK er en vanlig modulasjonsmetode for trådløse nettverk. PSK har et sendesignal som endrer fase etter det digitale signalet det bærer. 802.11b/g bruker denne typen modulasjon for overføringshastigheter fra 2 Mbps og nedover. 802.11a bruker PSK for hastigheter fra 18 Mbps og nedover, mens for 802.11n avhenger hastigheten av antall streams og kanalbredde. Det er to ulike faseskiftmodulasjoner i bruk; BPSK (Binary PSK) og QPSK (Quadrature PSK).[13]

3.2.2.1. BPSK

BPSK er en binær modulasjonsteknikk som gjør det enkelt å beskrive et digitalt signal som et analogt signal. BPSK endrer fasen 180 grader, eller pi radianer, hver gang det digitale signalet endres fra 0 til 1, eller motsatt (det varierer hvordan dette gjøres).[13]

3.2.2.2. QPSK

QPSK er litt mer sofistikert enn BPSK. Som navnet tilsier har QPSK fire ulike faseskift. Med fire ulike faseskift kan man kode to bit inn i hvert skift, altså har 00, 01, 11 og 10 hver sin fasedreining av det analoge sendersignalet. PSK kan i teorien endres til så mange faseskift man ønsker, altså 8, 16, 32 og så videre, men da kan antall feil øke drastisk.[13]

3.2.3. CCK (Complimentary Code Keying)

For å oppnå høyere kapasitet i 802.11b blir CCK kombinert med QPSK. Med CCK kommer man opp i en hastighet på 11 Mbps. CCK utfører en kompleks fasemodulering basert på verdiene til dataene som kommer inn. Parvise bit danner en vinkel φ , som brukes for å modulere fasedreining. Ved 11 Mbps vil fire bit-par danne fire ulike φ , da CCK behandler 8 bit av gangen. Ved 5,5 Mbps beregnes to ulike φ ut ifra to bit-par, altså 4 bit.[14][17]

3.2.4. OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

OFDM brukes i 802.11a/g/n/ac. For 802.11g benyttes OFDM for hastigheter over 11 Mbps på 2,4 GHz-båndet. Ortogonal signalering gjør at man kan sende flere signaler på samme antenne, med så tett mellomrom mellom sendefrekvensene som mulig, uten at de forstyrrer hverandre. Dette gjør at man unngår crosstalk mellom de ulike signalene.[19]

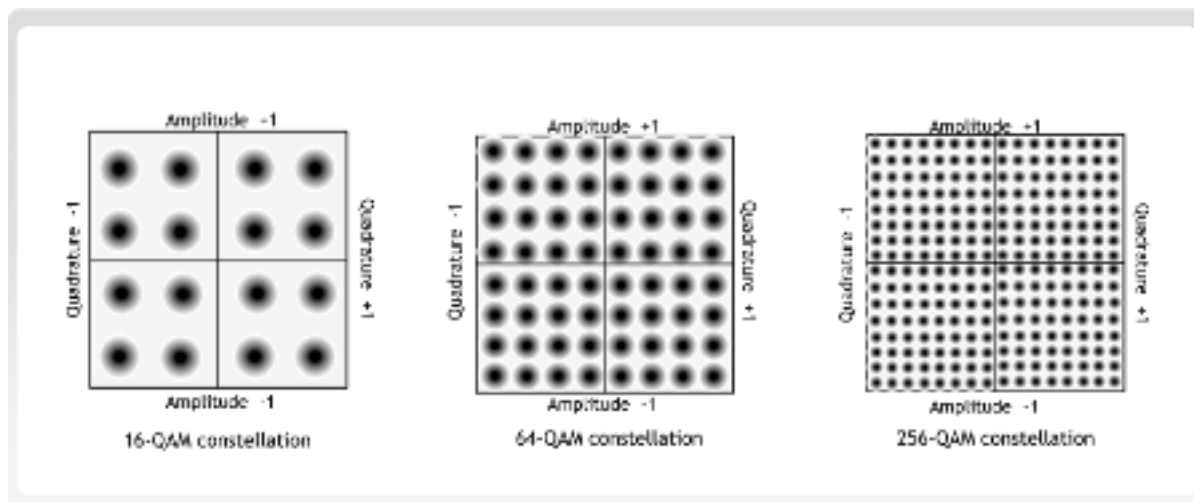
FDM sørger for å lage ikke-overlappende sub-bånd, som kan håndtere hvert sitt separate signal. Dette gjør at mediet man sender på kan deles av flere signaler.[19]

3.2.5. QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

QAM er en moduleringssteknikk som både påvirker fase og amplitude på sendersignalet. Ved å modulere begge disse kan man representere lengre bit-sekvenser for hver bølgelengde. QAM kan utvides mye. 16-QAM, gir 16 ulike

verdier (0-15) og kan derfor kode 4 bit pr. klokkepuls. 256-QAM, som brukes i 802.11ac, kan kode 256 ulike verdier (0-255), altså 8 bit. Denne moduleringssteknikken gjør det derfor mulig å sende mye data med høy kapasitet.[11]

På Figur 2 ser vi 16-, 64- og 256-QAM. Hver prikk i koordinatsystemet representerer en fasedreining i forhold til grunnfrekvensen, altså vinkelen vektoren som går fra origo til prikken danner med x-aksen. Signalet får også en amplitude basert på absoluttverdien (lengden) til vektoren.[11]



Figur 2: Ulike QAM-moduleringer[11]

3.3. Flerstøms- og flerbrukerteknikker

3.3.1. MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

Siden hastighet, kapasitet og behovet for dekning hele tiden øker er det avgjørende å ha gode teknikker for hvordan man oppnår dette. Med 802.11n-standarden kom MIMO på banen, og denne teknologien er også en viktig del av 802.11ac. MIMO brukes også i andre store trådløse teknologier; 4G (LTE i Norge), HSPA+ (Turbo 3G) og WiMAX (IEEE 802.16, en type trådløs høyhastighetserstatning til DSL).[21]

MIMO er en teknikk som muliggjør bruk av flere antenner for sending og mottak. Teknikken kan deles opp i tre kategorier:

- Precoding
- Spatial multiplexing
- Diversity Coding

Precoding gir en effekt som gjør at signalet blir mer retningsbestemt (beamforming). Dette er en effekt som skjer hos senderen som følge av spatial prosessering. Når flere antenner sender ut det samme signalet i fase vil signalene legge seg sammen, og dette reduserer problemet med at et signal spres til alle

kanter og blir svakere. Dog vil man ikke ha de samme fordelene med bruk av flere antenner hos mottaker, da ikke hver mottakende antenne kan få ulik datastrøm.[21]

Spatial multiplexing krever en multiantennekonfigurasjon. Et signal med høy bitrate deles opp i flere signaler med lavere bitrate, som sendes på hver sin antenne, men i den samme frekvenskanalen. Hos mottaker kan signalene identifiseres med spatiale signaturer, slik at det oppleves som parallelle kanaler. Denne teknikken gir god kanalutnyttelse og takler støy bedre.[21]

Diversity coding brukes i MIMO når senderen ikke har noe kanalinformasjon å forholde seg til. I motsetning til precoding og spatial multiplexing, vil signalet bli sendt fra flere antenner der alle dataene som overføres er like, men med nært opp til, eller fullstendig ortogonale (fullstendig separerte uten noe felles) signaler.[21]

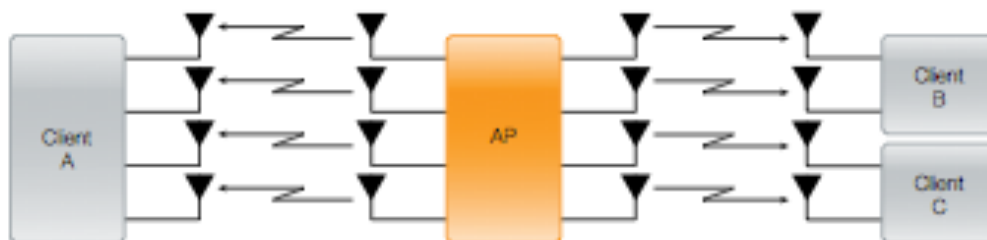
3.3.2. MU-MIMO (Multi-User MIMO)

MU-MIMO er en utvidelse av MIMO som forbedrer flerbrukersituasjoner. Flere brukere kan bruke samme kanal, og ved hjelp av flere antenner og spatial streams kan de ulike brukerne identifiseres. MU-MIMO krever mer av maskinvare, antenner og prosessering, og fordi algoritmene trenger å vite kanalsituasjonen til enhver tid vil litt av båndbredden brukes.

Med MU-MIMO kan man tilby flere downlink-tilkoblinger samtidig, men flere uplink-tilkoblinger vil ikke bli støttet i 802.11ac[11]. Hovedgrunnene til at uplink er utelatt av standarden er at det krever veldig avanserte protokoller, og klienter vil nærmest alltid kreve mer data inn (downlink) enn de vil sende ut (uplink). Prinsippet er lettest å forklare med et eksempel. Eksempelet vil også vise hvordan 802.11ac kan gi veldig høy total throughput, med flere spatial streams.[10]

Eksempelet er hentet fra Aruba Network sitt white paper[11]. 802.11ac støtter opptil åtte spatial streams, som vil si at man trenger åtte antenner. Med MU-MIMO kan man med disse antennene kommunisere med flere ulike klienter samtidig. Figur 3 viser et slikt oppsett, der Client A kan være en bærbar datamaskin, mens Client B og C er mobiltelefoner.

Datamaskinen har fire antenner, og mobiltelefonene har to. Dette gjør at aksesspunktet kan sette opp tre spatial streams, og tilby downlink til alle tre klienter samtidig.



Figur 3: MU-MIMO, 3 klienter[11]

For å oppnå beamforming til hver enkelt klient må aksesspunktet finne de optimale forholdene til hver enkelt klient. Aksesspunktet vil sende en nulldatapakke (en pakke uten relevant data) basert på en eksplisitt metode. Basert på dataene klienten mottar, vil det utføres en komplisert algoritme, og utregningen kan kreve mye regnekraft. Resultatet kan bli en datamengde på helt opp til 30 kB.

Eksplisitt metode blir brukt fremfor implisitt, fordi det letter jobben til aksesspunktet. Når dette utføres implisitt vil aksesspunktet spørre om å få en sounding frame (en pakke med data for å lytte til signalet) av klienten, og klienten vil sende en slik tilbake. Deretter vil aksesspunktet beregne beamforming-matrisen.[11]

Med eksplisitt metode som brukes i 802.11ac, vil aksesspunktet i vårt eksempel sende en nulldatapakke til klient A. Klienten vil først bruke informasjon om vinkelfeltet og finne kryssproduktet med antall vinkler i antennekonfigurasjonen, og igjen finne kryssproduktet med antall transportsignaler (subcarriers). Vinkelfeltmatrisen vil være 6 eller 10 bit for enkeltbrukermodus, og 12 eller 16 bit for flerbrukermodus. Antall vinkler i antennekonfigurasjonen vil bestemmes av antall antenner hos sender og hos mottaker. Det vil alltid være det samme antallet antenner hos sender og mottaker, så det vil være 2, 6, 12, 30, og 56 vinkler for henholdsvis 2, 3, 4, 6 og 8 antenner hos sender og mottaker. Til slutt vil antall transportsignaler avhenge av hvor bredt frekvensbåndet er. Når dette er regnet ut, sender klient A resultatmatrisen tilbake til aksesspunktet.

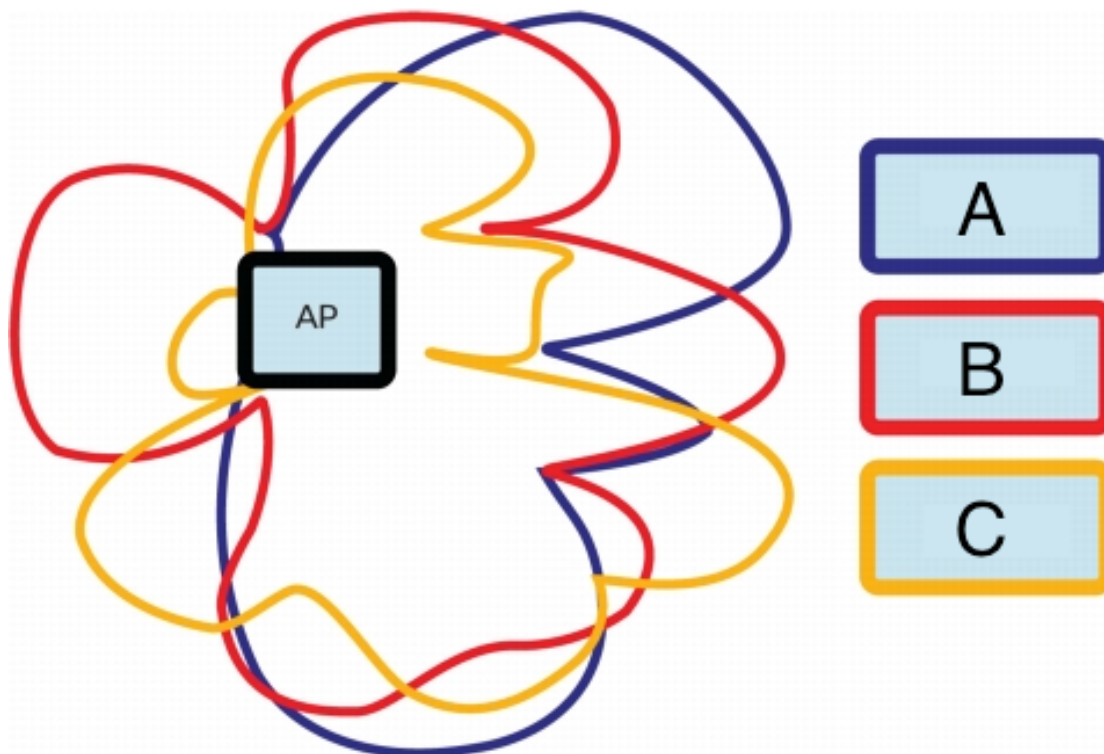
Etter dette vil aksesspunktet sende beamforming-rapporten (resultatmatrisen fra A) til klient B, som bruker denne informasjonen i tillegg til overnevnte parametere for å regne ut en egen resultatmatrise. Til slutt gjøres det samme for klient C, dog medregnes rapporten fra både klient A og B.

På Figur 4 vises resultatet av denne prosessen. Det har blitt betydelig kraftigere signaler i retning av de tre respektive klientene.

I følge Cisco vil ikke MU-MIMO være veldig mye brukt i begynnelsen av implementeringen av 802.11ac[10]. Det er en teknologi som er kostbar å utvikle og implementere, så det vil i større grad komme på banen når 802.11ac har vært

på markedet en stund. Det er også viktig å merke seg at MU-MIMO umuliggjør enkelte andre sider av 802.11ac. Siden alle signaler sendes i samme frekvensbånd vil de forstyrre hverandre. Dette gjør at 256-QAM ikke kan benyttes sammen med MU-MIMO på grunn av for mye støy.[10]

På Figur 4 ser vi at signalet er sterkere for klienten som aksesspunktet ønsker å sende til, enn for de to andre. Beamforming sørger for dette, men det er ikke nok til at signalene er uforstyrret.



Figur 4: MU-MIMO Beamforming[10]

3.4. Redusere aksesstid

3.4.1. Frame aggregation

Fordi hver klient vil få begrenset med tid tilgjengelig mot aksesspunktet (selv med MU-MIMO) i tillegg til at man ønsker høyest mulig throughput, vil frame aggregation (sammenslåing av frames) være en god løsning. Med mindre pakker vil faren for kollisjon øke, som også reduserer ytelsen til det trådløse nettverket betydelig. Som for eksempel vil man i et 802.11g-nett få 26 Mbps ved 1500 byte store frames. Senkes frame-størrelsen til 256 byte, altså ca. seks ganger flere frames, vil hastigheten minke til 12 Mbps. Det er derfor alltid ønskelig at en og en sender sine data, og at brukeren av mediet får sendt mest mulig på en gang. Frame aggregation ble innført med 802.11n, og 802.11ac tar dette konseptet videre.[10][11]

3.4.1.1. A-MSDU

I A-MSDU vil frames fra høyere lag bli slått sammen og prosessert av MAC-laget, og bli behandlet som én entitet. Hver frame fra de høyere lagene blir subframes i den større MAC-rammen. A-MSDU krever at alle subframes skal til samme destinasjonen. I 802.11ac er størrelsen på hver MSDU økt fra 7 935 til 11 526 byte.[10]

3.4.1.2. A-MPDU

A-MPDU er samlinger av mindre MPDU-er, som aggregeres til en større MAC-frame. Hver MPDU blir kryptert og dekryptert individuelt og separert av en delimiter. I 802.11ac vil størrelsen økes fra 65 535 til 1 048 576 byte.

A-MSDU og A-MPDU kan kombineres, og dette har vist seg å øke ytelsen totalt.[10]

3.4.2. VHT TXOP

De fleste trådløse enheter er bærbare datamaskiner og mobiltelefoner, og disse bruker batteri. Derfor er det viktig at nye standarder bruker så lite strøm som mulig. Strømsparingsfunksjoner er da vesentlig, og VHT TXOP (Very High Throughput Transmit Opportunity) er en ny teknikk for dette.[11]

TXOP er en del av den utvidede headeren til 802.11ac. I headeren er det en delvis assosierbar ID som klienter kan lese. Hvis ID-en ikke går overens med klienten, vil den gå i en hvilende tilstand, og klienten leser da ikke resten av rammen.[11]

Med 802.11ac vil man, som nevnt over, ha mye lengre frames. Derfor er det viktigere enn tidligere å ikke lese de lange, store frames-ene. Siden 802.11ac er mye raskere enn tidligere, vil klientene være oppkoblet i en kortere periode enn med eldre standarder. Dette sparer også litt strøm, i tillegg til sparingen ved TXOP.

3.4.3. Utvidet lastbalansering

Fra før av vil 802.11n-aksesspunkt annonsere sin aktuelle last til sine trådløse klienter. Aksesspunktet rapporterer til klientene hvor mange noder som er tilkoblet, og ut ifra dette kan klienten velge mindre belastede aksesspunkt i nærheten. Et tungt belastet aksesspunkt vil mest sannsynlig prestere dårligere enn et med lite belastning, så en klient kan komme positivt ut av å velge en AP med dårligere dekning.[11]

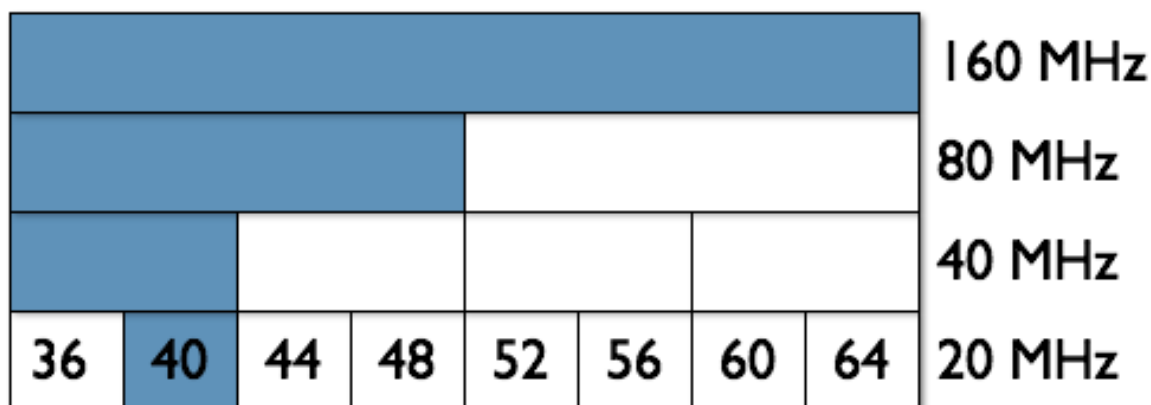
Med MU-MIMO innføres det i 802.11ac flere dimensjoner til lastbalanseringen. I tillegg til overnevnte annonsering, vil aksesspunktet også si hvor mange multi-user-klienter som er tilkoblet[11]. Dette gjøres for å utnytte MU-MIMO best mulig, fordi et aksesspunkt ikke har ubegrenset med antenner. Det vil også bli annonsert hvilken primærkanal aksesspunktet benytter, og hvis konfigurasjonen støtter det, vil utnyttelsen av 40, 80 og 160 MHz-kanalene annonseres.

3.4.4. Samhandling

En vanlig problemstilling for nye standarder er om de vil fungere i et eksisterende miljø, eller om det må gjøres betydelige justeringer. At nye trådløse standarder skal fungere sammen med de gamle betyr at de må unngå å sende på de samme frekvensene samtidig. 802.11ac bruker 5GHz-båndet, og vil ikke forstyrre verken 802.11b eller 802.11g. For 802.11a og -n er headeren i 802.11ac flerdelt og bruker modulasjonsteknikker som kan leses av 802.11a/n. I headeren står det hvilke frekvenser som blir opptatt, og 802.11ac kan bruke et større frekvensbånd til å sende høyhastighetspakke data uten forstyrrelser.[11]

3.5. Kanaler

Kanaler i 802.11ac fungerer nokså likt som i 802.11n. 20 MHz-brede kanaler som ligger ved siden av hverandre kan slås sammen for å skape en 40 MHz-kanal. Med 802.11ac kan man kombinere til enda bredere kanaler, nemlig 80 og 160 MHz. Hvor stor kanalbredde som kan benyttes vil i stor grad bestemmes av begrensninger hos klienten.



Figur 5: Kanalfordeling og standard kanalvalg

På Figur 5 ser man hvordan kanal 40, en standard 20 MHz-kanal, jobber sammen med tilstøtende kanal og danner en 40 MHz-kanal. Den kan ikke danne en 40 MHz-kanal med kanal 44, på grunn av at kombinasjonen må gjøres mellom parvis tilstøtende kanaler. Dette er forsøkt illustrert på Figur 5, der kanal 36 og 40 er kombinert til en 40 MHz bred kanal. Denne regelen gjelder også når to 40 MHz brede kanaler blir 80, og to 80 blir 160.[10][11]

3.5.1. Kanaloverlapping

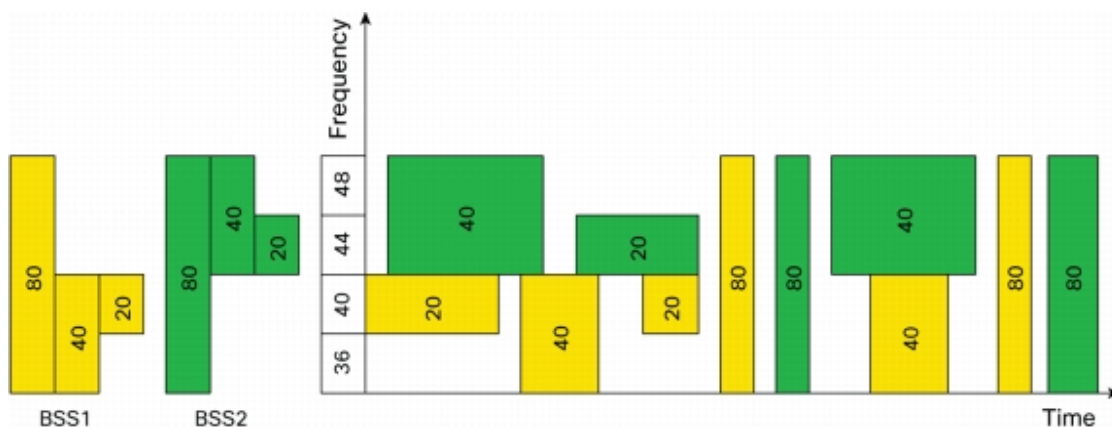
Et stort problem med trådløse nettverk er, og har alltid vært, delvis eller fullstendig kanaloverlapping. Det er mange 20 MHz-kanaler tilgjengelig hvis man bruker 802.11ac, men det er foretrukket å benytte standarden i best mulig grad. 160 MHz vil bestå av veldig få kanaler, og vil nok i størst mulig grad bli brukt i hjemmenettverk. 80 MHz vil derimot bli relativt vanlig, og vil i tillegg eksistere sammen med eksisterende 802.11n-utstyr. Ved bruk av 80 MHz vil det være fire

til fem tilgjengelige kanaler og aksesspunktettheten kan økes, men det er hvordan kanaloverlapping håndteres som er det viktigste.

Hvis to aksesspunkt overlapper hverandre er det viktig å ha valgt primær 20 MHz-kanal. For to nærliggende aksesspunkt, med overlappende 80 MHz-kanaler, velger man primær 20 MHz-kanal i den øvre 40 MHz-kanalen for det ene, og i den nedre 40 MHz-kanalen for det andre aksesspunktet. Hvis det oppstår en situasjon der begge aksesspunktene skal sende på samme tid, vil de automatisk velge et smalere bånd.[10][11]

På Figur 6 ser man hvordan to aksesspunkt; BSS1 og BSS2, har samme 80 MHz-kanal, men at den primære 20 MHz-kanalen er plassert som anbefalt. I tidslinjen vil aksesspunktene dele på tilgjengelig båndbredde når de sender samtidig, mens de kan utnytte full 80 MHz-bredde når de sender alene.[10]

Etter at 802.11ac er ratifisert vil de fleste klienter være 802.11n-klienter, med 40 MHz kanalbredde. Men over tid vil det bli mer vanlig med 802.11ac-klienter, og det vil bli mer vanlig med 80 MHz kanalbredde.



Figur 6: Kanalvalg 802.11ac [10]

3.5.2. Fordeler

Å oppnå høyere hastighet er en fordel for klientene. Hvis klientmiljøet i et trådløst nettverk stort sett består av 80 MHz-klienter, vil tiden hver klient bruker på å overføre data avta. Nettet blir ledig hyppigere, og klientene vil bruke mindre strøm.

3.5.3. 80+80

160 MHz kanalbredde vil mest sannsynlig bli lite utbredt. Dette fordi det er veldig få tilgjengelige kanaler, og mye utstyr vil ikke støtte dette. Derimot vil en 80+80 MHz-konfigurasjon være mer aktuell, blant annet på grunn av fleksibilitet. Med denne konfigurasjonen kan to helt uavhengige og vilkårlige 80 MHz-kanaler brukes sammen. 80+80 vil multiplekseres sammen til å etterligne en 160 MHz-

kanal, og vil teknisk sett fungere på samme måte. Det vil ikke være sending i en 80 MHz-kanal, og mottak i den andre.

80+80 gir en fleksibilitet som 160 MHz ikke kan tilby. Man får muligheten til å velge spredte kanaler for å unngå interferens, og valgmulighetene blir veldig utvidet. En utfordring er dog at man trenger flere antenner, som gir økt kostnad. De ulike kanalene kan selvsagt ikke sendes fra en og samme antenne, så man trenger dobbelt antall antenner.[11]

I dag er det ikke et stort antall kanaler tilgjengelig, og derfor vil det i de fleste tilfeller ikke være aktuelt å bruke verken 160 MHz eller 80+80 MHz i produksjon. Men i et hjemmenettverk, eller hvis flere frekvenser blir tilgjengelig, vil det bli aktuelt å utnytte 802.11ac's potensiale maksimalt.

3.5.4. Potensiale

802.11ac tilbyr mange forbedringer, men båndbredden er primært den utvidelsen som gir økt kapasitet. Hvor mye bedre det er å bruke 80 MHz vises best med et eksempel. 802.11n, vil med 40 MHz, tre spatial streams, 64-QAM, kort moduleringsintervall (guard interval) og lav redundans (20 %) oppnå en maksimal hastighet på 450 Mbps.[10]

Med 80 MHz og 802.11ac, er dette bedre. Ved bruk av 16-QAM, langt moduleringsintervall og høyere redundans (33 %), vil man få 530 Mbps. Dette er et mer robust signal, som i tillegg vil være en del raskere.[10]

3.6. Bånd og frekvenser

Trådløst datanettverksutstyr bruker vanligvis radiosignaler i enten 2,4 GHz- eller 5 GHz-området. Her er et utsnitt av hvilke teoretiske og praktiske betydninger dette har for trådløst nett.

3.6.1. Rekkevidde

Jo høyere frekvens et trådløst signal har, desto kortere er rekkevidden. Signaler som benytter seg av 5 GHz-frekvenser har ikke en like stor evne til å trenge gjennom faste gjenstander som 2,4 GHz. Dermed vil et 2,4 GHz-nettverk dekke et større område enn et 5 GHz-nettverk. Dette kan både være en fordel og en ulempe alt ettersom hva man ønsker å oppnå. Mindre rekkevidde og flere kanaler gir mulighet for å bygge tettere, som igjen vil gi bedre dekning og høyere kapasitet.

3.6.2. 2,4 GHz-båndet

Standardene 802.11b/g/n opererer på 2,4 GHz-båndet. Dette båndet har en såkalt åpen lisens, som betyr at hvem som helst kan lage trådløst utstyr som opererer på 2,4 GHz.

3.6.2.1. Interferens

De fleste elektriske husholdningsartikler med trådløse signaler (telefon, Internett, mikrobølgeovn og lignende) benytter 2,4 GHz-frekvensbåndet. Dette fører til mye interferens. Siden de fleste husstander har et eget trådløst nettverk, vil også nærliggende trådløse nettverk forstyrre hverandre. På grunn av få tilgjengelige ikke-overlappende kanaler, gir dette store utfordringer i 2,4 GHz-båndet.

Vanlige støykilder i 2,4 GHz-båndet er:

- Bluetooth-enheter
- Mikrobølgeovn
- Babycall
- Trådløse løsninger (som for eksempel trådløst høyttaleranlegg)
- Trådløst periferiutstyr til datamaskiner
- Prosessoren i datamaskinen (ofte klokkefrekvens på 2,4 GHz)

Om du har en eller flere av disse enhetene i huset, eller i nærheten av der du bruker din/ditt trådløse datamaskin/nettbrett/mobil, vil du oppleve et tregere eller mer ustabil nettverk.

3.6.3. 5 GHz-båndet

Standardene 802.11a/n/ac opererer på 5 GHz-båndet. Medisinske apparater og værradarer sender i 5 GHz-båndet, og det er viktig at ikke annet utstyr lager forstyrrelser for disse apparatene. 5 GHz-båndet har strengere krav og tilsyn fra myndigheter enn 2,4 GHz-båndet, noe om er hovedårsaken til at det er mindre støy i dette frekvensbåndet. I noen deler av verden, slik som USA og Japan, er krav til at utstyr skal unngå slike forstyrrelser påbudt gjennom regulative bestemmelser. Slik sett er utstyr som benytter 5GHz båndet pålagt å ha mekanismer som aktivt unngår å skape støy for spesielt radar-kommunikasjon. [32]

For å detektere trafikk som er knyttet til disse formålene er det utviklet en dynamisk kanalvelger kalt DFS, som sørger for at Wi-Fi-trafikk ikke forstyrrer livsviktige installasjoner[32]. Radar har primærstatus i 5 GHz båndet, mens Wi-Fi har sekundærstatus.

Det er knyttet en større kostnad til konstruksjon og implementasjon på enheter som skal brukes i 5 GHz-båndet. Dette er på grunn av at dette frekvensspekteret har strengere krav, og i tillegg til at det, som nevnt over, er forskjellige regler for ulike verdensdeler.

3.6.3.1. Interferens

I og med at det er færre enheter på 5 GHz-båndet, i tillegg til at det er færre trådløse nett som opererer på dette frekvensbåndet er det betydelig mindre støy. Holder man seg til de kanaler man vet er ledig, er det kun nabonettverk som vil

forstyrre hvis nettverkene er på samme kanal. I et stort kontrollerbasert nettverk skal man kunne unngå disse problemene totalt.

3.6.3.2. Større datamengde

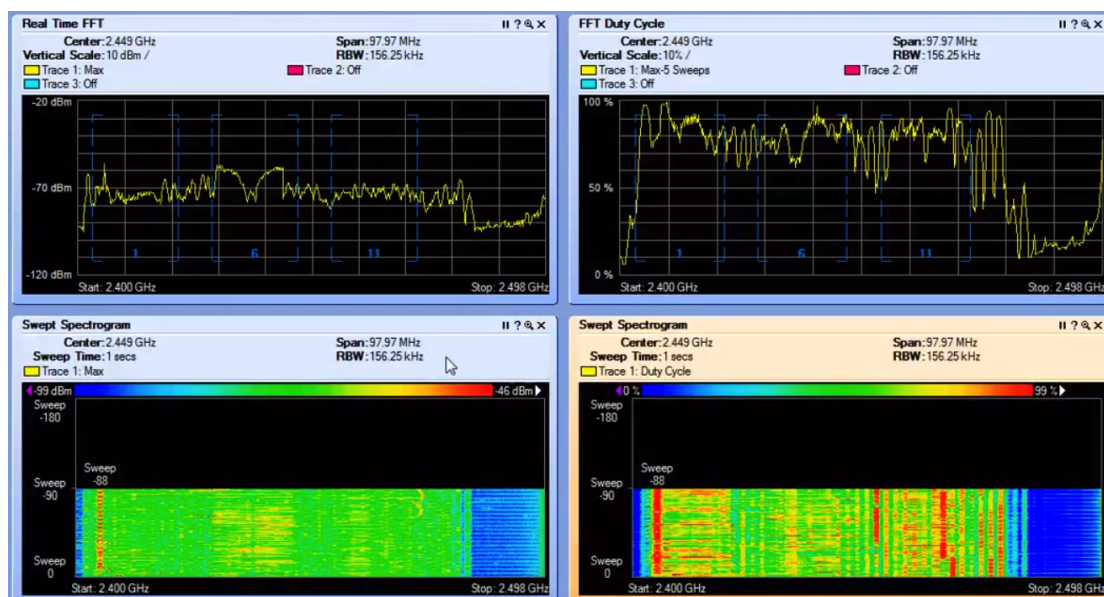
Et 5 GHz-nettverk kan bære mer data enn et 2,4 GHz-nettverk forutsatt at den elektriske kraften til de høyfrekvente radioer opprettholdes på et høyere nivå.

3.6.4. I praksis

For å se hvor stor forskjellen på disse frekvensbåndene er kan vi se på et eksempel på testing av dette, gjort på The Gathering i påsken 2013.[27]

The Gathering er et arrangement for PC-interesserte som foregår hver påske i Vikingskipet på Hamar. Her samles ca. 5000 mennesker med mye forskjellig datautstyr, og derfor er dette et godt egnet miljø for å måle hvilken forskjell bruk av 2,4 GHz- og 5 GHz-båndet har å si i praksis.[26]

Tech:Net postet blogginnlegg under The Gathering. Blant annet publiserte de resultater fra målinger og funn utført i deres trådløse miljø. Tech:Net brukte spektrumanalyse for å se på forskjellen mellom 2,4 GHz- og 5 GHz-båndet. Spektrumanalyse er et verktøy som måler støy- og belastningsnivå.

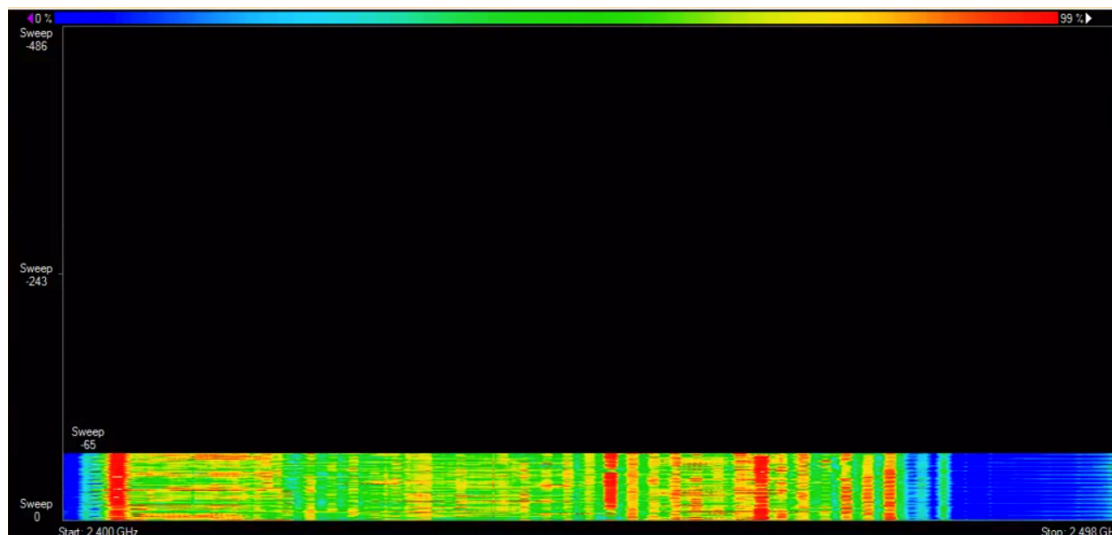


Figur 7: Spektrumanalyse ved 2,4 GHz

Figur 7 viser den spektrumanalysen som ble gjort ved 2,4 GHz på The Gathering. Øverst til venstre kan man se at det ikke eksisterer et støygulv. Støygulvet befinner seg på samme nivå som de trådløse signalene (ca. -70dB), og derfor forsvinner kanalseparasjonen og klientene klarer ikke å kommunisere med hverandre.

Nederst til venstre ser man hvor mye av båndet som er i bruk, og det er ikke mulig å se hvor kanalene befinner seg. Hele 2,4 GHz-båndet er fullt, og dette skyldes blant annet alle de trådløse enhetene som benyttes av brukerne.

Bildene til høyre viser belastningen av frekvensene i 2,4 GHz-båndet, og på det øverste av disse ser man at nærmere 100 % av kapasiteten er brukt opp.

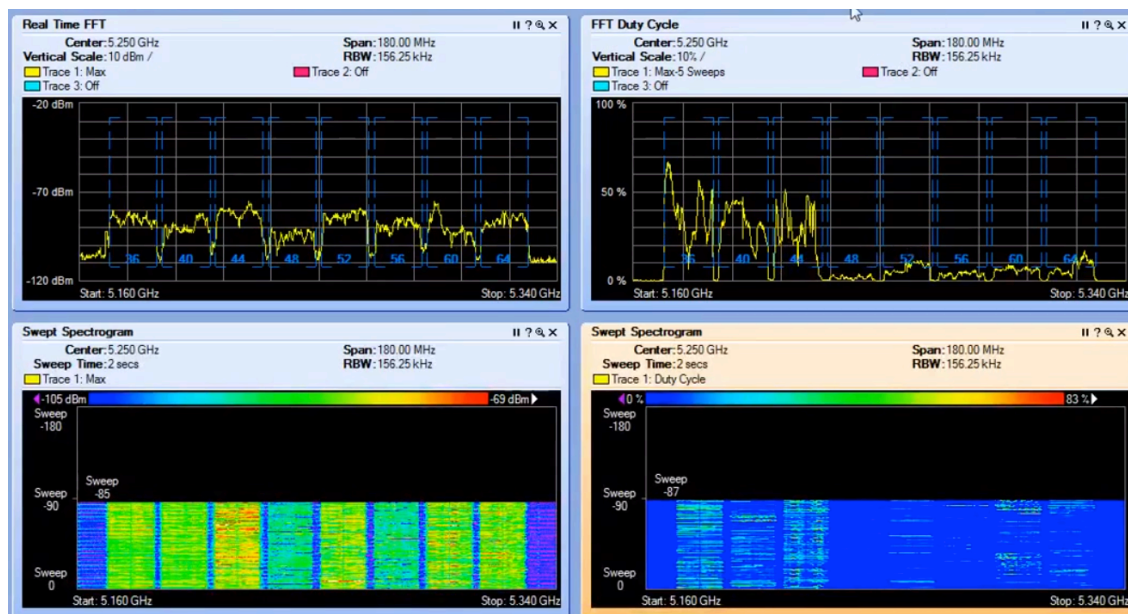


Figur 8: Nærbilde av belastningen i 2,4 GHz-båndet

Figur 8 er en forstørring av bildet nederst til høyre og viser hvor tungt belastet frekvensbåndet er. Ut av figuren kan man se hvor på frekvensbåndet det er støy, og man kan mest sannsynlig tolke hva som lager støyen, slik at støykilder potensielt kan elimineres. Man kan se av den røde vertikale linjen til venstre at det er tungt belastet ved de vanligste klokkefrekvensene til CPU-er (2,4 GHz). Ellers ser man mange parallelle vertikale linjer, som er bluetooth-kanaler. På The Gathering er det mye bruk av trådløst utstyr (tastatur, mus, headset) som benytter seg av bluetooth. Det ser man altså tydelig av disse linjene.

På Figur 9 er den samme spektrumanalysen gjort i 5 GHz-båndet. Støygulvet ligger her på ca. -100 dB som er betydelig lavere enn for datasignalene (-70 dB). Man kan også se at kanalseparasjonen er tydelig, og at frekvensbåndet er mye mindre belastet.

Dette praktiske eksempelet bekrefter teorien om at 2,4 GHz-båndet er overbelastet og dermed fører dette til forvrengte signaler, spesielt med mange brukere på nettet. Rapporter fra The Gathering viste at Wi-Fi på 2,4 GHz var nærmest ubrukelig, og at de som brukte trådløse enheter opplevde støy på lyd, og at tastatur/mus ikke fungerte.



Figur 9: Spektrumanalyse ved 5-GHz-båndet

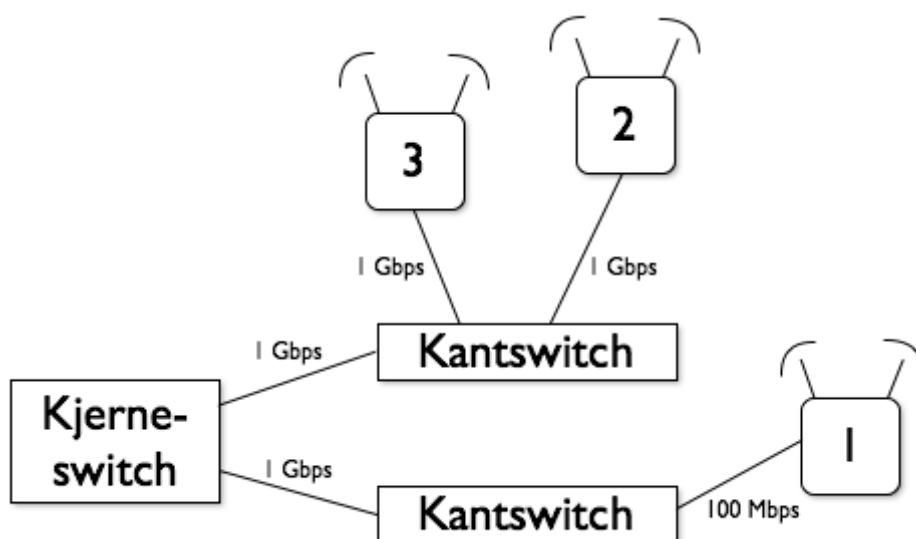
På 5 GHz-nettet ble følgende testet samtidig: upstream og downstream av video, simulert surfing, samt konstant pinging på både IPv4 og IPv6 uten særlige pakketap annet enn når klienten roamet fra en basestasjon til en annen. Dette er trafikk som krever mye båndbredde, og det viser 5 GHz-båndet sin overlegne fordel overfor 2,4 GHz.

3.7. Infrastruktur

Dette delkapittelet er basert på vurderinger gjort av Aruba Networks og Cisco Systems. Grundige referater og vurderinger fra møtene kan leses i Kapittel 7.

3.7.1. Hastighet

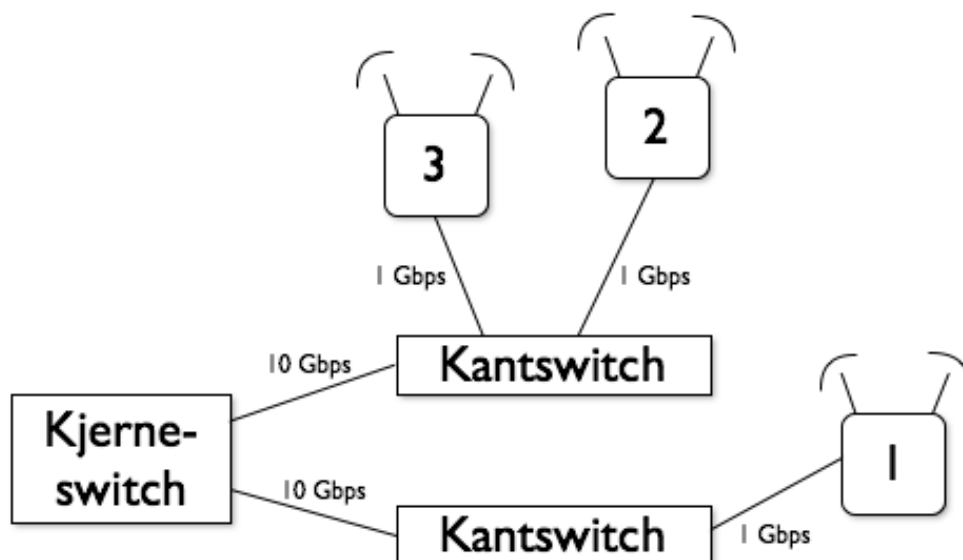
802.11ac viderefører en problematikk som kom på banen med 802.11n. Når det trådløse nettet øker i kapasitet, vil den bakenforliggende infrastrukturen bli en mulig flaskehals. Figur 10 viser et nettverk med flaskehals i flere ledd.



Figur 10: Nettverk med flaskehals

Figur 10 illustrerer et oppsett med tre 802.11ac-aksesspunkt, hvor tilkoblingene er ulike til de respektive kantswitchene. For AP1 vil det trådløse nettet potensielt sett kunne oppnå gigabit-hastighet, men siden switchen den er tilkoblet kun er 100 Mbps vil det ikke være mulig å utnytte potensialet til det trådløse nettverket.

For AP2 og -3, har de tilstrekkelig båndbredde til sin kantswitch, men kjernenettet vil ikke være kraftig nok til å utnytte kapasiteten til de to trådløse aksesspunktene. Normalt sett vil det være mange aksesspunkt tilkoblet til hver kantswitch, slik at et kraftig nett er viktig både i kjerne og i kant.



Figur 11: Nettverk uten flaskehals

Figur 11 viser et nettverksdesign der man i stor grad unngår flaskehals. Det vil selvsagt alltid være en viss samtidighetsfaktor, men en investering kan ikke forsvares hvis andre ledd i kjeden ikke holder samme standard.

3.7.2. Switcher

I et nettverk med 802.11ac-aksesspunkt må flere sider vurderes. Som nevnt over, bør det investeres i et godt nettverksdesign uten flaskehals. I tillegg til ren porthastighet vil switchens funksjonalitet også inneha kontrollerfunksjoner. Med et kontrollerbasert nettverk kan nettverket designes på flere måter.

På grunn av det økte kravet til øvrig infrastruktur som kommer med 802.11ac og senere standarder, har flere av de større nettverksleverandørene endret hvordan kontrollerdesign i et nettverk gjøres. Normalt sett har kontrolleren stått for alt arbeidet, mens switchen i nettverket kun sender trafikk videre. For å terminere trafikk på switchen er nyere kontrollerdesign en todelt oppgave, der kontroller og switch deler på oppgaven.

Cisco-baserte kontrollernettverk består nå av to hoveddeler; MA (Mobility Agent) og MC (Mobility Controller). Belastningen på kontrolleren vil være lineært med trafikken i det trådløse nettverket, og dette krever mye av kontrolleren. Cisco har derfor lansert dette designet, der en del av kontrollerfunksjonaliteten (MA) flyttes til switchen. Cisco Catalyst 3850 støtter blant annet MA, og avlaster kontrolleren. Den dedikerte kontrolleren vil ta seg av MC-delen, men har fortsatt MA slik at man kan ha et blandet design.

Et annet veldig viktig punkt er hvordan aksesspunktene får strøm levert. I dag brukes i all hovedsak PoE (Power over Ethernet), som er leveranse av strøm til nettverksnoder via en nettverkskabel som leverer data parallelt. PoE kan levere 15,4 W og dette vil være nok til førstegenerasjons 802.11ac aksesspunkt. Ved lansering av Wave 2 der 802.11ac utvides (se 3.8. Lansering), vil det kreves mer effekt og switchene må støtte PoE+, som kan levere 30 W.

Ved oppgradering av infrastruktur i et større nettverk bør nevnte standarder og hastigheter ivaretas, ellers må det antageligvis gjøres senere.

3.7.3. Kontrollere

Kontrolleren er nevnt flere ganger i forrige delkapittel. Kontrolleren foretar radioplanlegging, og i et tradisjonelt kontrollerbasert trådløst nettverk, vil brukertrafikken gå via denne. Det er viktig å skalere denne til størrelsen på nettverket. Kontrolleren vil håndtere en viss mengde trafikk, men den må også skaleres til trafikkbildet i fremtiden. Med et fullt utbygd 802.11ac-nettverk vil det kreves mye av kontrolleren. I fremtiden vil trafikkbildet øke samtidig som 802.11ac støtter høyere hastigheter og at nye standarder kommer på markedet.

Ved Høgskolen i Gjøvik er det gjort betydelig investering i nettverksutstyr fra Cisco. Derfor avgrenses følgende anbefaling til å kun gjelde Ciscos kontrollere. Disse er:

- 5500 Series
- 5760 Series
- WiSM 2

Aller helst i kombinasjon med Catalyst 3850 eller Catalyst 4500 med Sup 8.

3.8. Lansering

802.11ac vil bli utgitt i to faser; «Wave 1» og «Wave 2», der sistnevnte er den mest avanserte av de to, og tilbyr best ytelse.

3.8.1. Wave 1

I februar 2013 kom et utkast (Draft 5.0) av 802.11ac. Denne vil danne grunnlaget for «Wave 1» med estimert sertifisering fra Wi-Fi Alliance i første kvartal 2013. I forbindelse med denne sertifiseringen vil det komme consumer-utstyr beregnet på 802.11ac. Det anbefales for bedrifter å vente til den endelige ratifiseringen som er forventet i fjerde kvartal 2013[10]. Dette fordi utstyret ikke har blitt interoperabilitetstestet av Wi-Fi Alliance (se 3.1. Kompatibilitet). Denne utgaven vil støtte opptil fire spatial streams, 80 MHz kanalbredde og 256-QAM.

3.8.2. Wave 2

Det kommer en «Wave 2»-sertifisering som omfatter et bredere spekter av 802.11ac-funksjoner. Dette inkluderer åtte spatial streams, bruk av 160 MHz kanalbredde og MU-MIMO. Dette forventes å skje i første halvår av 2014, mest sannsynlig i Q2.

3.9. Andre sentrale teknologier

3.9.1. Cisco CleanAir [28]

Som man kan lese i Kapittel 3.6. Bånd og frekvenser, er støy og interferens et stort problem. For å unngå den interferensen man opplever i et nettverk har Cisco utviklet CleanAir.

CleanAir er en teknologi med dedikert maskinvare for spektrumanalyse i aksesspunktet, som gir i støybildet. Aksesspunktet analyserer, reparerer og optimaliserer det trådløse signalet slik at det trådløse nettverket fungerer optimalt i de forholdene det opererer i. CleanAir-teknologien ble laget for 802.11n, og er for Cisco en viktig del av 802.11ac. Cisco lanserte CleanAir fordi RF-administrasjon er en vanskelig oppgave, og faktorene endrer seg kontinuerlig. Bedrifter har ikke råd til å ha en egen RF-ekspert ansatt, så derfor er CleanAir viktig for å oppnå et godt nettverk.

3.9.1.1. Hva CleanAir gjør

CleanAir forbedrer det trådløse nettverket ved å overvåke all trådløs aktivitet i luften. Dette gir et fullstendig bilde av det trådløse nettverket, der enheter og forstyrrende kilder blir identifisert og plassert logisk på et kart. Denne informasjonen brukes videre til å gjøre justeringer som forbedrer den trådløse ytelsen ved å forbedre dekkningen.

CleanAir bruker både sanntidsdata og historiske data for å finne den mest intelligente og nøyaktige måten å levere trådløst nett på.

3.9.1.2. I bruk

CleanAir vil kontinuerlig «lytte» til det trådløse nettverket. Hvis en forstyrrende kilde gir nok støy til å fullstendig ødelegge en kanal vil aksesspunktet bytte kanal i løpet av få sekunder, og unngår da dette. Enheter eller forstyrrelser som er helt eller delvis permanente, eksempelvis mikrobølgeovn eller et trådløst kamera, vil bli husket for preventivt å unngå forstyrrelser.

En stor styrke med CleanAir er at enheter som ikke er Wi-Fi-enheter blir identifisert. Normalt sett vil alt støy bli oppfattet som Wi-Fi-støy, men CleanAir skiller ut all den ulike støyen og identifiserer hva som eventuelt ikke er Wi-Fi-støy. Dette hindrer uforutsigbare og tilfeldige bytter av kanal, siden ulik støy har ulik karakteristikk. Med dagens teknologi skiller CleanAir på 20 ulike typer interferens, og tar valg i henhold til disse.

Valgene som tas ved endringer vurderes med tanke på hele det trådløse miljøet, og koordineres slik at nærliggende aksesspunkt ikke interferer med et annet. I kontrolleren må nettverksadministratoren sette terskelverdier for de ulike interferenstypene. Ved deteksjon av interferens vil CleanAir gi en varsel til systemet, som administrator kan bruke for å gjøre endringer.

Kapittel 4

- Spørreundersøkelse

DETTE KAPITTELET INNEHOLDER TOLKNING AV RESULTATENE FRA EN SPØRREUNDERSØKELSE UTFØRT AV STUDENTER OG ANSATTE VED HØGSKOLEN I GJØVIK. SPØRREUNDERSØKELSENS FOKUS VAR Å FÅ INNBLIKK I FORVENTNINGER TIL HIGs TRÅDLØSE NETTVERK. DISSE RESULTATENE ER ANALYSERT SLIK AT ANBEFALINGEN TIL OPPDRAGSGIVER GJENSPEILER BRUKERNES FORVENTNINGER.

4.1. Brukerundersøkelse

4.1.1. Undersøkelsen

Det ble sendt ut en spørreundersøkelse til studenter og ansatte ved Høgskolen i Gjøvik 5. februar. I undersøkelsen ble det lagt vekt på hva som faktisk forventes av et trådløst nettverk på Høgskolen, og i hvor stor grad dette tilfredsstilles. Det var også fokus på hvor trådløst nett anses som viktig, og hvilken hastighet som er forventet å oppnå. For en fullstendig liste over stilte spørsmål, samt svaralternativer på disse, se Vedlegg 2.

Undersøkelsen ble besvart av 344 studenter og 86 ansatte, som utgjør et totalt antall på 430 besvarelser.

4.1.2. Spørsmålene

Spørsmålene som blir analysert i denne rapporten er de mest relevante for denne bacheloroppgaven, og disse er følgende:

Hvilke enheter bruker du på trådløst nett hjemme?

- Laptop
- Nettbrett
- Mobiltelefon
- Andre håndholdte enheter (mp3-spiller og lignende)
- Annet

Hvilke enheter bruker du på trådløst nett på skolen?

- Laptop
- Nettbrett
- Mobiltelefon
- Andre håndholdte enheter (mp3-spiller og lignende)
- Annet

Tilgang til Internett er avgjørende for å få gjennomført studiene på skolen

- Rangert fra helt enig til helt uenig, fem nivåer

Skolens trådløse nettverk må bli bedre

- Rangert fra helt enig til helt uenig, fem nivåer

Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen med tanke på dekning?

- Full dekning både inne og ute
- Full dekning inne
- Dekning i forelesningssaler, klasserom, grupperom og fellesområder (kantine, ganger og lignende)
- Dekning i forelesningssaler, klasserom og grupperom
- Dekning i forelesningssaler og klasserom

- Jeg forventer ikke trådløs dekning i det hele tatt

Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen med tanke på hastighet?

- Det bør være fullt mulig å streame musikk og film
- Nettsider bør laste raskt
- Det viktigste er at nettsider i det hele tatt fungerer
- Har ingen forventninger
- Vet ikke

Hvis du mister Internettilgang på din PC mens du er på skolen, hva gjør du?

- Ingenting, jobber uten nett
- Drar hjem
- Prøver å finne en annen arbeidsplass
- Prøver å finne en arbeidsplass med mulighet for kabel
- Bruker en av skolens datamaskiner

I hvor stor del av skolehverdagen tror du at du bruker laptop/nettbrett?

- 0-20 %
- 21-40 %
- 41-60 %
- 61-80 %
- 81-100 %

Drøftingen av disse vil bli gjort i den rekkefølge som ga mest relevans for bacheloroppgaven.

Det er valgt å ikke kartlegge alle besvarelsene fra spørsmålene i undersøkelsen. Dette er hovedsakelig på grunn av forutsigbare svar som ikke utgjør noen stor betydning for overordnet problemstilling. Dersom det allikevel skulle være av interesse å lese av alle besvarelsene, se Vedlegg 3 og 4.

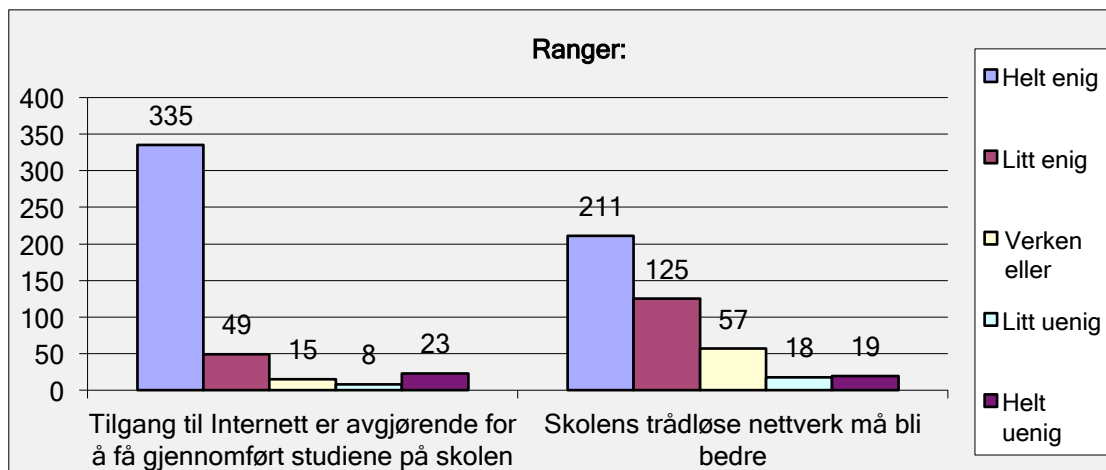
4.2. Analysering av resultater

4.2.1. Tilgang

I følge Figur 12 ser studenter på nettilgang som en avgjørende faktor for det å studere. En måte å tolke dette på er at 77,9 % (355 besvarelser) av de som besvarte undersøkelsen, muligens ville valgt et annet utdanningsinstitutt dersom ikke Høgskolen i Gjøvik hadde tilbudt studentene tilgang til Internett. Ytterligere 11,4 % (49 besvarelser) var litt enig i denne påstanden. Denne tilbakemeldingen er nyttig for IT-tjenesten, og for videre arbeid i denne oppgaven.

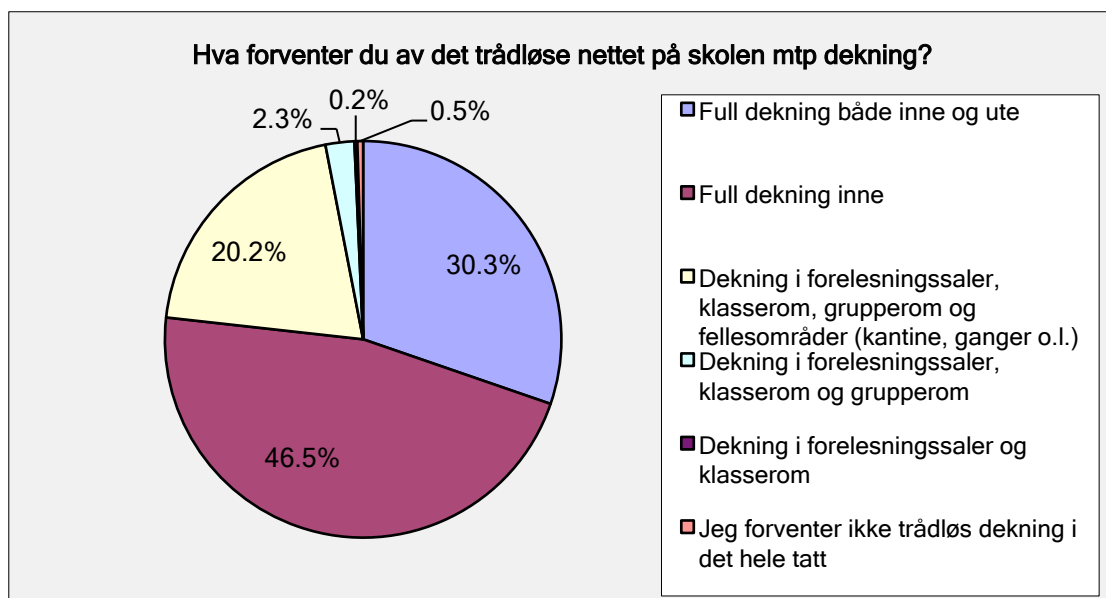
4.2.2. Forbedring

Figur 12 viser også at 48,4 % (211 besvarelser) av de som har besvart undersøkelsen mener at høgskolens trådløse nett må bli bedre. 29,1 % (125 besvarelser) er også delvis enig i denne påstanden.



Figur 12: Tilgang til Internett

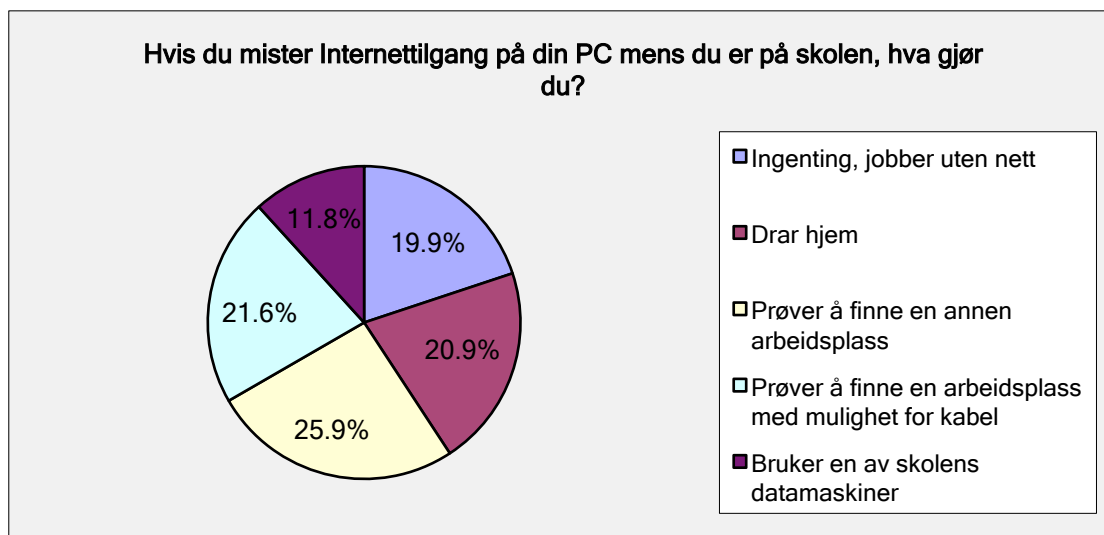
Dette kan både bety at Høgskolen i Gjøviks trådløse nettverk ikke er tilstrekkelig, eller at studentenes forventninger er høyere enn hva som er praktisk mulig for et offentlig institutt å levere med tanke på økonomi, arkitektur, forstyrrelser og lignende. På spørsmål om forventninger (Figur 13) når det kommer til dekning viser 30,3 % (130 stk., se Vedlegg 3 og 4) av besvarelsene at det forventes full dekning både ute og inne. Dette vil være ugjennomførbart innenfor begrensede økonomiske rammer. Når nesten en tredjedel forventer ugjennomførbare resultater kan det med trygghet sies at forventningene er for høye. Figur 13 er også relevant for Kapittel 4.3.1.



Figur 13: Dekning

4.2.3. Miste tilgang

I følge Figur 14 vil hele 20,9 % dra hjem dersom de mister tilgangen til nettet mens de er på skolen. Derfor er det særdeles viktig at IT-tjenesten tilbyr nettverk med stor kapasitet, god rekkevidde og tilstrekkelig hastighet. Å gjennomføre dette i praksis er en vanskelig prosess, men det vil være en svært viktig oppgave.



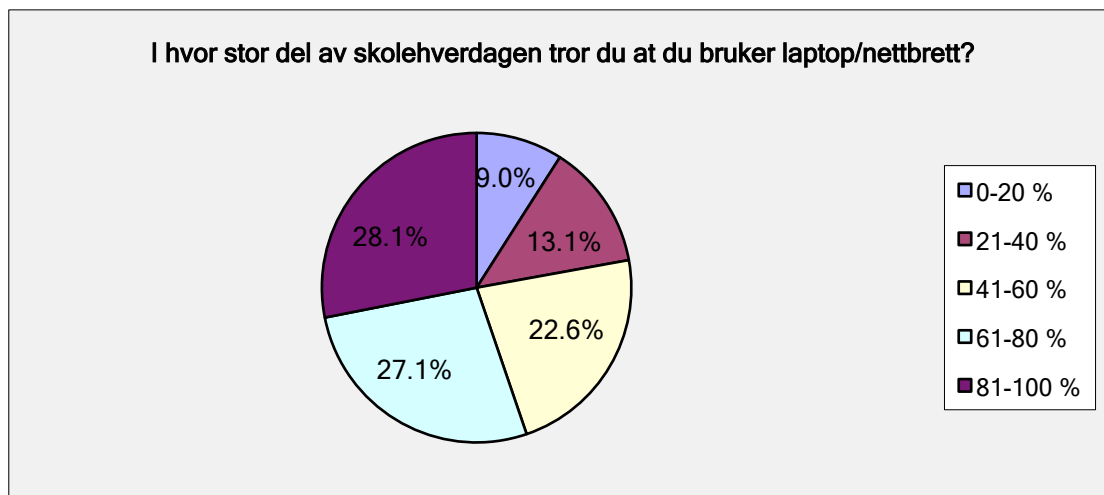
Figur 14: Miste Internettilgang

Mange av studentene velger alternative løsninger. Hele 47,5 % (21,6 % + 25,9 %, se Figur 14) prøver å finne en annen arbeidsplass med god trådløs dekning, eller med mulighet for å bruke nettverkskabel. Det tar tid å flytte seg, og man mister arbeidsflyten med avbrytelser. Derfor er det ikke optimalt at så mange brukere må finne alternativer.

Hittil vil dette si at Høgskolen i Gjøvik står ovenfor en stor utfordring med å tilfredsstille svært utfordrende krav fra studentene. Noe høgskolens studenter ser på som nødvendig for at de ønsker å studere ved Høgskolen i Gjøvik.

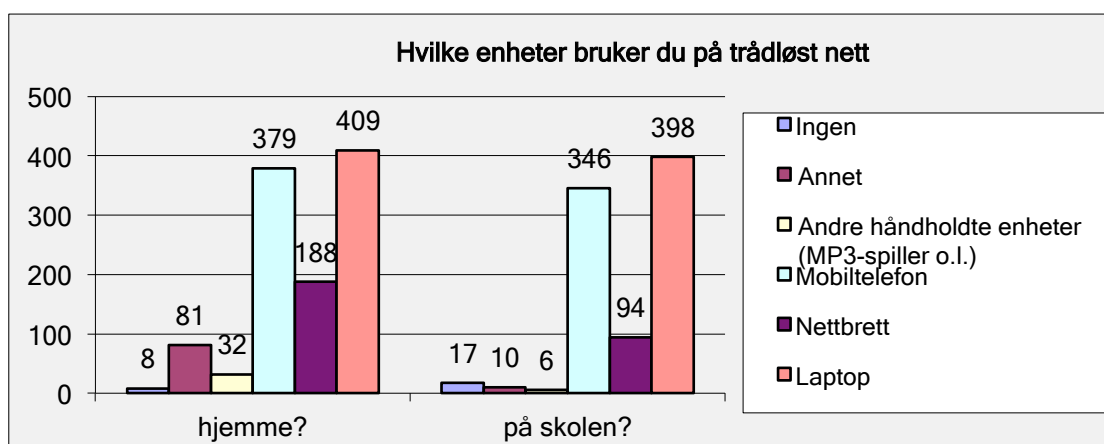
4.2.4. Bruk

Summen av intervallene 61-80 % og 81-100 % utgjør 55,2 %, se Figur 15.



Figur 15: Bruksmønster

Med en såpass stor andel av brukerne som bruker laptop og nettbrett i over halvparten av deres skolehverdag er det forståelig at studentene forventer godt trådløst nett på skolen.



Figur 16: Bruk av enheter

Under spørsmålet «Hvilke enheter bruker du på trådløst nett på skolen» (Figur 16) ser vi at hele 398 av besvarelsene, eller 90,1 % har med egen laptop som de bruker på trådløst nett. Når da i tillegg hele 346 brukere (77,6 %) bruker mobiltelefon på skolens nett er det klart at dette krever en stor kapasitet i nettverket. Samfunnet er under en ny utvikling der det forventes å være på trådløst nett overalt, hele tiden, og da helst med egne enheter. Mange har laptop, mobiltelefon og i tillegg nettbrett, og på et offentlig institutt som Høgskolen i Gjøvik kreves det enormt mye for tilfredsstillende denne utviklingen av «krav». Dersom vi regner på det har i snitt hver person med tilknytning til Høgskolen i Gjøvik 1,93 enheter hver på skolens trådløse nett. På tilbakemeldinger fra studenter og etter opplysninger fra IT-tjenesten er det en betydelig mangel på antall IP-adresser tilgjengelig. Det er ikke så underlig med tanke på hvor mange som er pålogget med ca. to enheter hver samtidig. Så man kan tydelig se at det er en utfordring med kapasiteten ved dagens trådløse nett.

4.2.5. Øvrige kommentarer

Ved det siste spørsmålet i undersøkelsen, der det var mulig å legge til en kommentar utover spørsmålene som ble stilt i spørreundersøkelsen, gjaldt disse kommentarene for det meste to saker.

Det var mange tilbakemeldinger på at det trådløse nettverket ikke strekker til i A-bygget (særlig klasserommene A126, A128 og sittegruppene utenfor A110). Dette er hovedsakelig på grunn av en planlagt oppussing i A-bygget, derfor har ikke A-bygget hatt høy prioritet. Men med tanke på alle tilbakemeldingene som har kommet med tilkoblingsproblemer her, vil dette være et sted som absolutt bør prioriteres når det gjelder utbedring av det trådløse nettet.

Det er også en del kommentarer på at brukere av det trådløse nettet mister tilgangen, ikke får logget på det trådløse nettet eller at de må vente i lange perioder for å logge på. Dette kan tyde på kapasitetsproblemer, noe som tidligere nevnt er en stor utfordring ved Høgskolen i Gjøvik.

Kommentarer som omhandler det trådløse nettverket på Studentsamskipnaden i Oppland sine studentboliger er ikke dette en del av vårt prosjektomfang, og vil derfor ikke bli beskrevet ytterligere i denne rapporten.

4.2.6. Konklusjon

Undersøkelsen forteller oss at samfunnet, deriblant studenter og ansatte, går i en retning med stadig mer bruk av teknologi. Flere og flere enheter produseres med muligheter for trådløst nettilgang (for eksempel nettbrett, MP3-spillere), og det tilbys en økende grad av trådløst nett ved hyppig besøkende plasser (restauranter og lignende). Helst vil man ha sin egen mobiltelefon, laptop eller eget nettbrett tilkoblet trådløst nett hvor enn man er, og helst flere enheter samtidig. Dette er en tydelig utfordring på Høgskolen i Gjøvik. Det krever svært stor kapasitet, og en høy dekningsgrad i alle skolens bygninger, etasjer og rom. Her kan Høgskolen i Gjøvik, etter tilbakemeldinger fra denne undersøkelsen, bli betydelig bedre, men det spørres om en offentlig høgskole noen gang har muligheten til å bli «tilstrekkelig» på disse områdene. Det ser ikke ut til at studenter og ansatte har problematikk med tanke på hastigheten på nettet.

4.3. Svar med avhengigheter

4.3.1. Dekning ute og inne

Det er ønskelig å se om det er noen svar fra studenter med forventninger som det er urealistisk å innfri. Enkeltes forventninger til trådløst nett er langt høyere enn hva som er mulig å oppnå med dagens teknologi og innenfor en normal økonomisk ramme. Fra Figur 13 har vi sett på gruppen som forventer full dekning både ute og inne, og om disse skiller seg ut i forhold til resten av brukergruppen. I overkant av 130 personer (30,3 %), eller nesten en tredjedel sier de forventer full dekning utendørs og innendørs.

4.3.1.1. Utstyr

På besvarelsen av spørsmålet «Hvilke enheter bruker du på trådløst nett på skolen» er det en liten økning på laptop (1 prosentpoeng), mobil (5,5 prosentpoeng) og nettbrett (4 prosentpoeng) for de som forventer ekstremt god dekning. Dette er ikke overraskende. De som har mange enheter og mye forskjellig utstyr bruker mest sannsynlig Internett mer enn andre. De har også brukt mer penger på teknologi enn andre, og forventer derfor bedre opplevelser.

4.3.1.2. Tilgang

På spørsmålet «Tilgang til Internett er avgjørende for å få gjennomført studiene på skolen» har de som har svart «Helt enig» økt med ca. 10 prosentpoeng. I forhold til brukermassen er de fleste som har svart «Litt enig» flyttet seg til «Helt enig». De høye forventningene gjenspeiler seg av at de har gjort seg helt avhengig av Internett for å gjennomføre studiene. De er også veldig bevisste på dette, og derfor har flere svart «Helt enig».

4.3.1.3. Hastighet

Forventningene til hastighet gjenspeiler også at denne brukergruppen generelt har høyere forventninger enn gjennomsnittet. På spørsmålet «Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen med tanke på hastighet?» er det en 18 prosentpoengs økning, fra 36 %, av de som forventer å kunne streame musikk og film.

4.3.1.4. Miste tilgang

På spørsmålet «Hvis du mister Internetttilgang på din PC mens du er på skolen, hva gjør du?», var det en veldig jevn fordeling, det som skiller seg ut for gruppen som forventer mer enn andre, er at flere drar hjem. Det er en seks prosentpoengs økning for denne brukergruppen. Å dra hjem er et tegn på frustrasjon, og det er normalt at den mest krevende gruppen er mest frustrert.

4.3.1.5. Vurdering

De mest krevende brukerne er de som trenger nettilgang mest, og bruker det trådløse nettet mest aktivt med flest enheter.

4.3.2. God hastighet

36 % (155 besvarelser) av brukerne forventer at det trådløse nettet skal kunne brukes til streaming av musikk og film. Hvis mange studenter skal streame film samtidig, vil nettet bli hardt belastet. Interessant nok fordeler svarene til denne gruppen seg nesten eksakt på samme måte som alle andre spørsmål for brukerne som forventer dekning ute og inne (omtalt i Kapittel 4.3.1.). Fordelingen er dog ikke slik at de samme har svart at de ønsker god dekning også har svart at de ønsker god hastighet. Dette er overraskende, men viser også at krevende brukere fordeler seg mellom kvalitet (hastighet) og kvantitet (dekning). Begge brukergruppene er allikevel godt over gjennomsnittet på alle andre spørsmål.

Kapittel 5

- Testing

I DETTE KAPITTELET PRESENTERES RESULTATENE AV TESTER SOM ER UTFØRT PÅ STANDARDENE 802.11G, 802.11N OG 802.11AC. TESTENE VIL BLI PRESENTERT MED BAKGRUNN, FORARBEID, RESULTATER MED DRØFTING OG EN VURDERING TIL SLUTT. ALLE TESTENE ER UTFØRT I SAMARBEID MED FAGSKOLEN INNLANDET SOM ET SAMARBEIDSPROSJEKT.

5.1. Hvorfor teste?

For å vise at teorien samsvarer med praktisk implementasjon er det viktig å gjennomføre grundige tester av eksisterende og ny teknologi. Å gjennomføre tester for å konkret måle resultater er svært viktig for helheten av denne bacheloroppgaven.

Testene var ment for å vise forskjellene på 802.11g og 802.11ac slik at arbeidsgiver har grunnlag for hvorfor det bør eller ikke bør investeres i nytt nettverksutstyr. Når oppdragsgiver har en realistisk forståelse om hva implementeringen av standarden vil føre til, kan de i større grad vurdere dette. Testgjennomføringen er derfor godt egnet både for oppgavebesvarelsen og for oppdragsgiver.

5.1.1. Tillegg

I den teoretiske undersøkelsen av 802.11ac kom det frem at bruken av 5 GHz-båndet er en viktig faktor for stabil, god og rask leveranse av trådløs kommunikasjon. På bakgrunn av denne oppdagelsen ble 802.11n med som en stor del av testfasen på tross av tidligere avgrensning. For å se grunnlaget til tidligere beslutning (Se kapittel 6.2.1.) muligens bør revurderes.

5.2. Utføring av tester

5.2.1. Bruk av eksterne ressurser

Testing er en viktig del av oppgaven, og fordi det er svært omfattende å gjennomføre, vil det ta mye av både tid og ressurser for gjennomføringen av prosjektet. Dette er snakk om tid der mye av det samme arbeidet gjentar seg. Det vil være hensiktsmessig å kun utføre deler av testingen som dirkete er givende for oppgavebesvarelsen, i tillegg til å bruke tid og ressurser på andre deler av oppgaven. Dessuten trengs det mye utstyr som ikke er tilgjengelig uten bruk av store økonomiske midler. Å ha eksterne ressurser på testdelen vil derfor være givende for prosjektets innhold og faglige utbytte. På bakgrunn av dette ble det gjort et administrativt valg om å bruke eksterne ressurser for testgjennomføringen.

For øvrig er det nødvendig å gjennomføre testdelen svært nøyaktig, da konklusjonen ikke kan basere seg på tilfeldigheter. Det trengs volum i testresultatene, slik at det er mulig å skille ut resultater som av en eller annen grunn er feil. Jo flere tester som gjennomføres, jo høyere blir troverdigheten av resultatene.

5.2.2. Fagskolen Innlandet

Fagskolen Innlandet er en meget aktuell samarbeidspartner i testfasen, da de underviser i flere emner der denne type praktisk arbeid er relevant. Det ble

derfor avholdt et møte med Svein Kristiansen, foreleser ved Fagskolen Innlandet, den 18. februar der et eventuelt samarbeid om testutføring sto på dagsorden. Svein Kristiansen sa seg enig i at dette var en glimrende idé for begge parter. Han etterspurte en gjennomgang av ønsket arbeid for studentene hans, som ble utført 6. mars. Studentene i de aktuelle emnene (Nettverk og Hardware) får på denne måten muligheten til å praktisere det de ellers lærer gjennom en teoretisk tilnærming. Det blir mulighet for å planlegge testutføringen, gjennomføre denne, etterfulgt av dokumentering av testresultatene.

En stor fordel ved å inkludere Fagskolen Innlandet i testutføringen er at det er flere studenter som kan teste og de kan gjennomføre mange flere tester enn det en gruppe på to studenter klarer. Derfor vil det bli flere testresultater, noe som fører til statistisk signifikante resultater.

En annen fordel er den økonomiske delen. Fagskolen Innlandet er selvforsynt med datamaskiner som egner seg godt for denne type testing. Å gjennomføre testutføring på utstyr som allerede er tilgjengelig hos Fagskolen vil redusere kostnadene for bachelorprosjektet. Ikke minst er dette et miljøvennlig alternativ, da det ikke blir kjøpt inn utstyr som kun skal brukes for testutføringen og ikke trengs til annet i senere tid.

5.2.3. Slutning

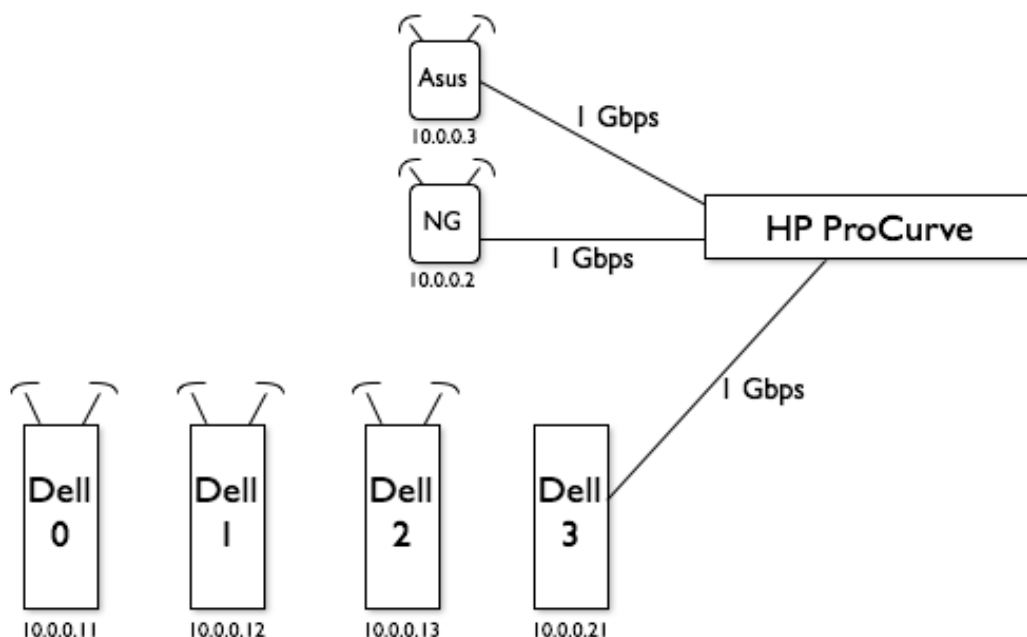
Å benytte seg av en ekstern enhet i forbindelse med utføring av tester løste en rekke av overnevnte utfordringer. Det vil først og fremst øke volumet av testresultater, og derfor øke statistisk signifikans, som vil føre til et bedre sammenligningsgrunnlag. Da vil dette gi en bedre vurderingsgrad for ytelsen til 802.11ac i forhold til de andre standardene. I og med at dette er problemstillingen for bacheloroppgaven, og at det er opprettet en samarbeidsavtale med Fagskolen Innlandet, er dette en unik mulighet for arbeidet i denne bacheloroppgaven.

5.3. Testmiljøet

5.3.1. Utstyr

I testmiljøet ble det lagt vekt på at alle komponenter skulle være så like som mulig, for å utelukke uforutsette flaskehalsar eller artefakter. Det ble valgt å bruke fire datamaskiner, med tre ulike måter å kommunisere med nettverket på. I lab-nettverket var det ikke tilgang til Internett eller andre lokale nettverk, for å utelukke støyende broadcast- og multicast-trafikk.

Nettverket var satt opp logisk som vist på Figur 17. Ikke alle maskiner eller aksesspunkt ble brukt til alle tester, men den logiske strukturen ble aldri endret.



Figur 17: Logisk struktur

I oppsettet ble følgende komponenter brukt:

- 4 stk Dell Optiplex 7010, 16GB RAM, Intel i7 3770 3,4 GHz, Windows 7
 - 2 av disse benytter ASUS PCE-AC66 trådløst nettverkskort
 - 1 bruker NETGEAR A6200 trådløst nettverkskort
 - Siste er kablet med 1 Gbps-tilkobling
- 1 HP ProCurve gigabit switch
- 1 ASUS RT-N66U
- 1 NETGEAR R6300

Det trådløse nettverksutstyret er consumer-utstyr, og ikke enterprise. På grunn av at 802.11ac ikke blir ratifisert på flere måneder enda, var det ikke var mulig for de store nettverksleverandørene å låne ut 802.11ac-utstyr.

5.3.2. Programvare

Det ble vurdert flere ulike programmer for å utføre testene. Med utgangspunkt i et ønske om å utelukke så mange faktorer som mulig og kun måle nettverkskapasiteten så ble følgende programmer vurdert, testet og utelukket:

- NetStress – Et program som generer trafikk og måler ytelsen. Dette ble valgt bort med grunnlag i at det kun ga brukeren kurver som utdata, og ytelsen var begrenset i forhold til andre programmer.
- Ostinato – Avansert nettverkstesteprogram som kan måle nettverksytelse med mye ulik trafikk. Dette programmet ga de resultatene som var ønskelige, men ble valgt bort siden det er unødvendig omfattende.
- Loic – Generer nettverkstrafikk mot en tjeneste. Ble valgt bort, siden det er avhengig av åpne tjenester/porter hos klient det lager trafikk mot.

For å kjøre ytelsestester og lage trafikk, ble programmet Iperf valgt. Dette er et enkelt kommandolinjebasert verktøy som kun belaster nettverkskort i datamaskiner, noe som fjerner maskinavhengige flaskehals. Iperf gir også ut tekstlige resultater, som enkelt kan brukes i tallbehandlingsprogrammer. Med Iperf settes det først opp en server som står klar til å motta data, deretter kjøres en kommando på en klient, som lager trafikk. Denne trafikken tar opp all ledig kapasitet fra klient til server.[25]

Iperf ble også brukt for å generere støytrafikk. Siden målet var å se hvor belastet nettverket blir ved å innføre flere klienter, var det nødvendig å vite at all tilgjengelig båndbredde ble utnyttet for å få konsistente data.

Hver test ble kjørt med 20 samtidige tilkoblinger 100 ganger. Dette er en test som tar ca. 25 minutter. Disse testene baserer seg på TCP-trafikk.

I responstestene ble ping benyttet. Ping er et lite nettverksprogram som sender en ICMP-forespørsel fra en klient til en annen, og måler tiden den bruker på å få en respons. Hver pingtest ble kjørt 250 ganger, med en pakkestørrelse på 1 kB.

5.3.3. Rommet

Rommet som ble brukt i testfasen er ca. sju meter bredt, og ti meter langt. Alle datamaskiner i rommet er kablet, slik at det trådløse nettverket i rommet ikke blir særlig belastet. For penetrasjonstesting ble det brukt et rom ved siden av som har en gips- og murvegg mellom seg.

5.3.4. Ytelsestest

For å undersøke at testoppsettet kunne håndtere forventet datamengde ble det utført en ytelsestest med kablet tilkobling. Denne undersøkelsen var forventet å gi en ytelse på opp mot 1 Gbps, siden alle nettverkskort og nettverkskomponenter har gigabit-støtte. Resultatet ble 927 Mbps med et standardavvik på 1,65 %. Det ble konkludert med at dette er innenfor hva som kan forventes, og testoppsettet kunne brukes videre.

5.4. Kompatibilitet

Historisk sett har innføringen av nye standarder ført til ulike drafts, som nettverksleverandører har tolket på ulik måte (se Kapittel 2.2. IEEE). Dette betyr at hvis man kjøper utstyr før en ny nettverksstandard er ratifisert, er man ikke garantert at dette fungerer om hverandre, eller mot den ferdige standarden når denne har kommet. For å undersøke dette ble Netgears trådløse nettverkskort assosiert med Asus-aksesspunkt, og Asus' nettverkskort assosiert med Netgear-aksesspunkt. Dette fungerte utmerket og klientene ble koblet til med en hastighet på 1,3 Gbps, som er 802.11ac's foreløpige makshastighet (se 3.8. Lansering). Dette betyr at man allerede i dag kan kjøpe nettverkskomponenter til 802.11ac og forvente at disse fungerer med nettverksutstyr som kommer.

5.5. Maks ytelse

For å se hvor høy ytelse de ulike standardene kunne gi i et optimalt oppsett, det vil si en trådløs klient mot en kablet, ble det kjørt en test på dette. Resultatet av dette kan sees i Tabell 2.

Tabell 2: Maks throughput

Standard	Maks (Mbps)	Gjennomsnitt (Mbps)	Standardavvik (Mbps)
802.11g	23.2	22.75	0.36
802.11n	300	275.45	13.01
802.11ac	523	499.75	12.62

Resultatene viser at standardene yter på helt ulike nivåer. Forskjellen på 802.11g opp til 802.11n/ac er stor, og dette er opp mot det øverste nivået 802.11g kan operere på [29]. 802.11ac er under utvikling, og vil kunne gi betraktelig bedre hastigheter enn dette etter fullstendig lansering.

5.6. Oppsett

Trådløs kommunikasjon skiller seg veldig fra kablet, fordi plassering og miljøet rundt påvirker ytelsen. Det har derfor vært viktig å undersøke ytelsen med ulike fysisk plassering av komponentene. Det ble valgt å gjøre tester i to ulike oppsett; trekant og diagonalt.

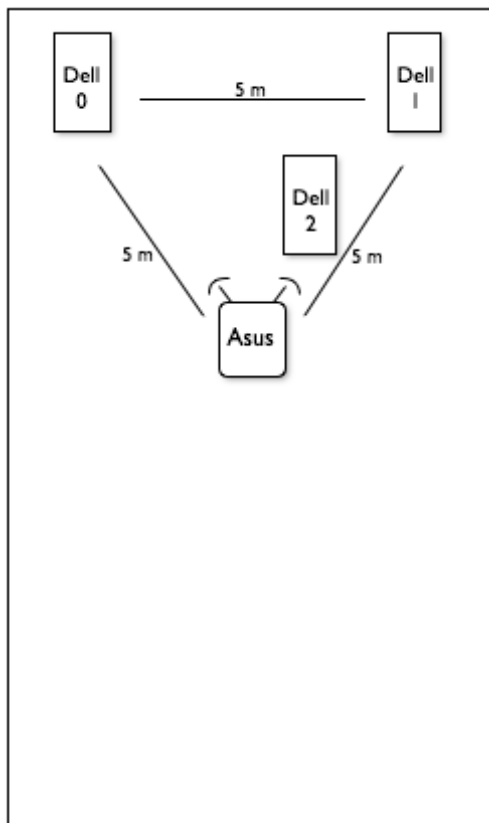
5.6.1. Trekant

På Figur 18 er det illustrert trekantoppsettet som ble benyttet. Målinger ble gjort mellom Dell 0 og 1, mens Dell 2 ble brukt som støykilde (som vil si at den skaper trafikk i det trådløse nettverket) på de testene dette var aktuelt. Dell 2 ble koblet ut fra nettverket på de testene som skulle gjennomføres uten støy, for å være helt sikker på at dette ikke tilførte ekstra trafikk.

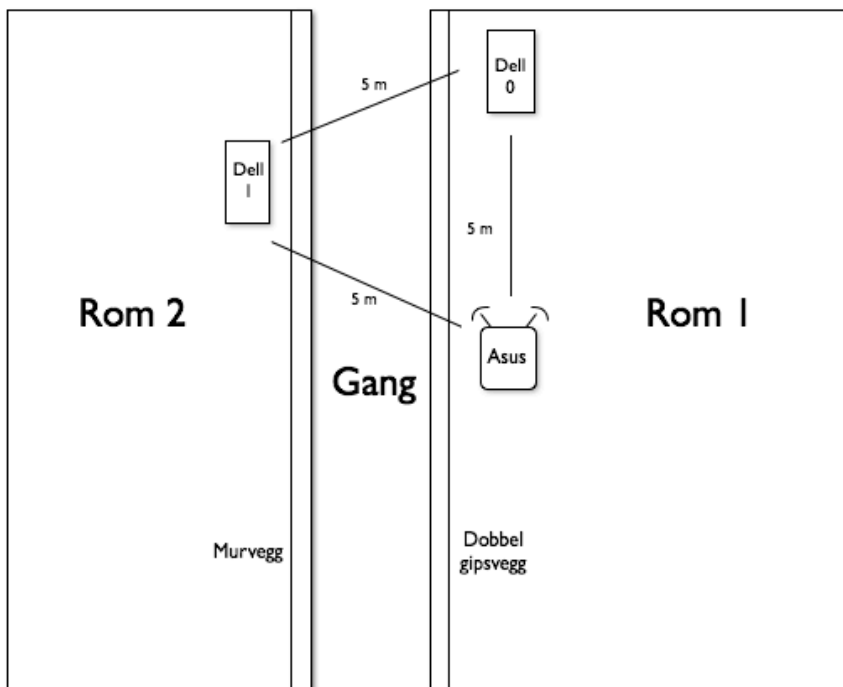
Figur 19 viser oppsettet som ble benyttet i ytelsesmålingene med hindringer. Datamaskinene som ble brukt til måling ble satt i hvert sitt rom, adskilt av en gang med både murvegg og gipsvegg. Distansen mellom datamaskiner og aksesspunkt ble forsøkt å være så identisk som mulig som oppsettet på Figur 18.

Alle ytelsesmålinger ble gjort med to trådløse klienter, i stedet for en trådløs klient til kablet. Dette ble gjort fordi det er mest relevant for prosjektet å finne forskjellene på standardene i gitte situasjoner. Med to trådløse klienter blir nettverket belastet betydelig og forskjellene på de ulike standardene kommer tydeligere frem.

Trekantoppsettet var også referanse. Det er i dette oppsettet det ble gjort flest tester, og derfor er de fleste oppdagelser gjort her.



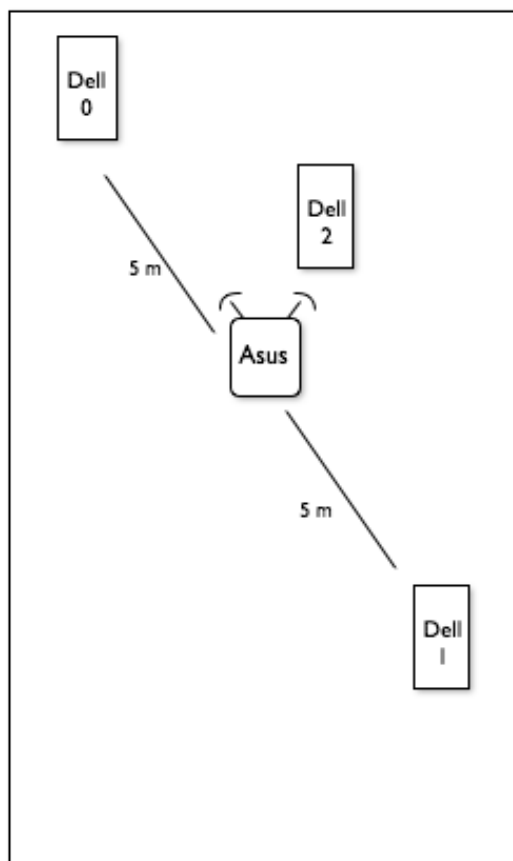
Figur 18: trekantoppsett



Figur 19: Trekantoppsett med hindring

5.6.2. Diagonalt

Figur 20 viser hvordan det diagonale oppsettet ble satt opp. Det var viktig å opprettholde de samme målene mellom klienter og basestasjon, slik at forholdene var så like som mulig. Maskinen som laget støytrafikk i nettet (Dell 2) ble plassert på det samme stedet i forhold til aksesspunktet.



Figur 20: Diagonalt oppsett

5.7. Testresultater

Her vil resultatet av alle målinger som er utført bli presentert. Alle målinger som er utført vil først bli presentert med en kort forklaring og drøfting, deretter kommer en oppsummering med vurderingene av resultatene til slutt.

Ikke alle kurver er presentert i selve rapporten. De målingene som ikke blir presentert i rapporten kan sees i Vedlegg 5.

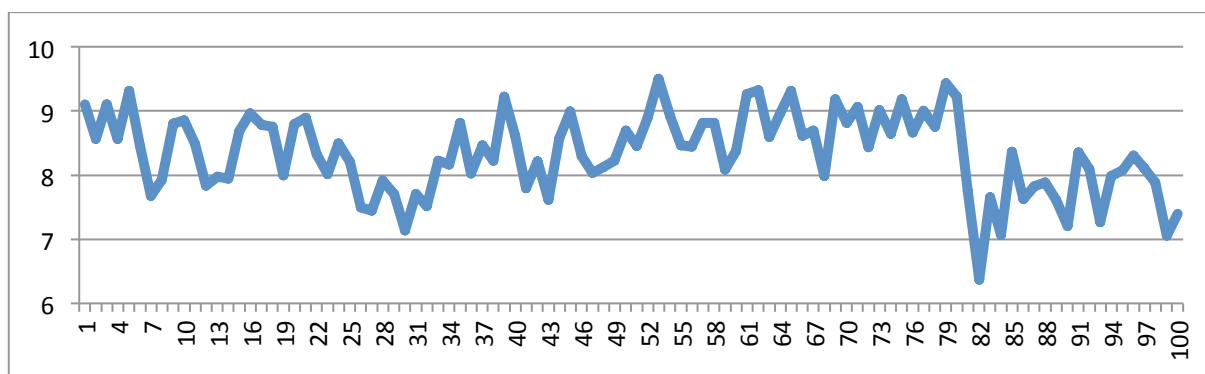
Mange av målingene har gitt resultat med ekstremt høyt standardavvik. Ved standardavvik over 10 %, er også median oppgitt for å beskrive dataene best mulig.

5.7.1. 802.11g, throughput

5.7.1.1. Trekant uten støy

Som beskrevet i tidligere kapitler, er det problematisk for 802.11g å unngå støy. Det vil alltid være mange støykilder i området rundt, så å kjøre en helt støyfri måling er vanskelig. Støy i denne sammenhengen betyr at det ikke er noen annen trafikk på nettverket når testen blir utført. Basert på resultatene er det ingen svingninger som tilsier at nettverket har blitt kompromittert under gjennomføringen av testen.

På Figur 21 er resultatet av hastighetsmålingen mellom klient og server.

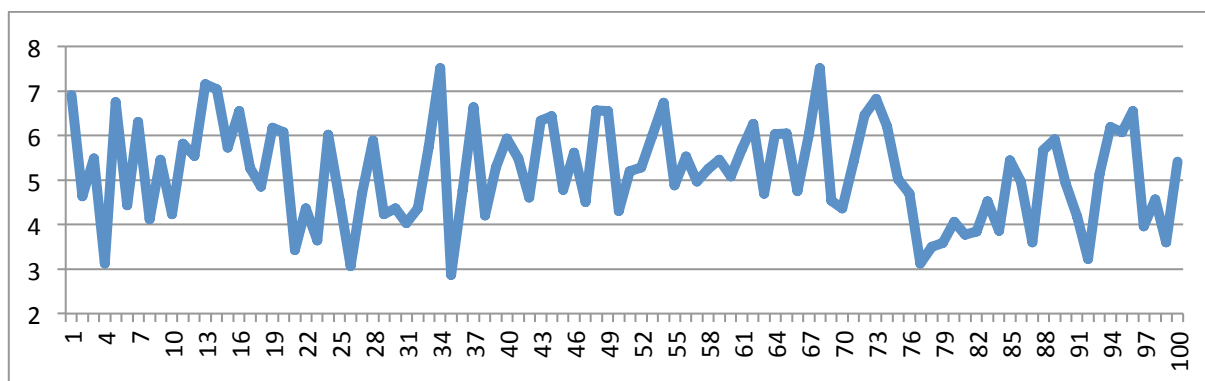


Figur 21: 802.11g uten støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 8,35 Mbps, med et standardavvik på 0,62 Mbps (7,37 %).

5.7.1.2. Trekant med støy

Figur 22 viser ytelsen til 802.11g med støykilden i nettverket. Man kan se større svingninger og betydelig lavere overføringshastighet. At hastigheten blir såpass redusert viser at 802.11g sliter med å håndtere flere samtidige klienter, og svingningene viser at ressurstildelingen er veldig tilfeldig.

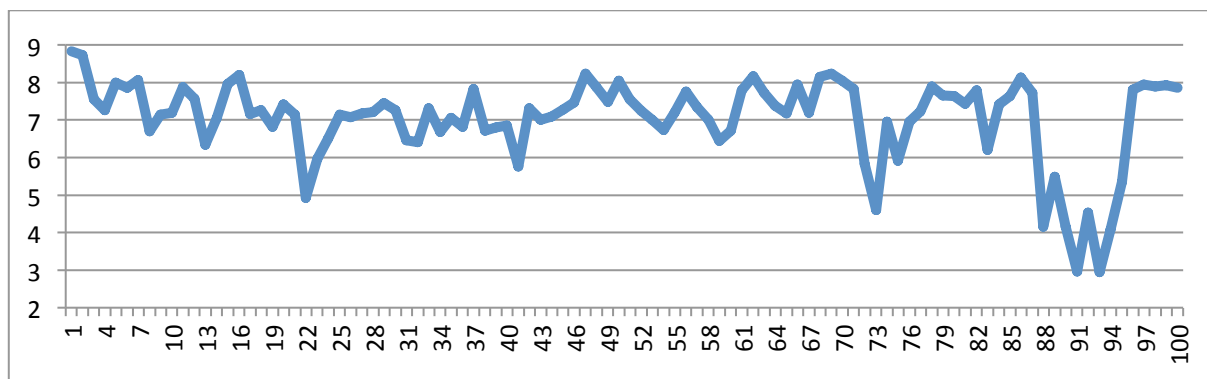


Figur 22: 802.11g med støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 5,17 Mbps, med et standardavvik på 1,09 Mbps (21.16 %) og median på 5,23 Mbps.

5.7.1.3. Trekant med hindring

Figur 23 viser ytelsen til 802.11g etter at signalet har gått gjennom to vegger. Mot slutten av testen kom det en periode med betydelig redusert hastighet over ti målinger (85-95), som gjør at standardavviket økte. Medianen ligger over gjennomsnittet, noe som tilsier at de fleste målingene lå over snittet.

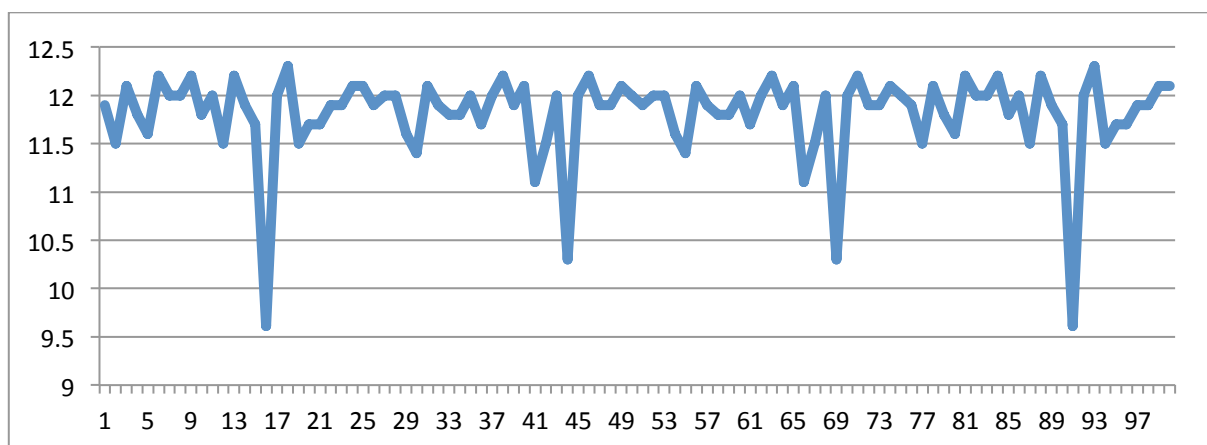


Figur 23: 802.11g med hindring

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 7,04 Mbps, med et standardavvik på 1,11 Mbps (15,83 %) og median på 7,25 Mbps.

5.7.1.4. Diagonalt uten støy

Diagonalt målte 802.11g betydelig bedre enn hva det gjorde i et trekantoppsett. Dette er et avvik som kommenteres i neste delkapittel (5.7.1.5.). Figur 24 viser en mye jevnere kurve enn i trekantmålingene, og det er kun de fire bunnpunktene som gjør resultatene ekstra dårlige for denne målingen.

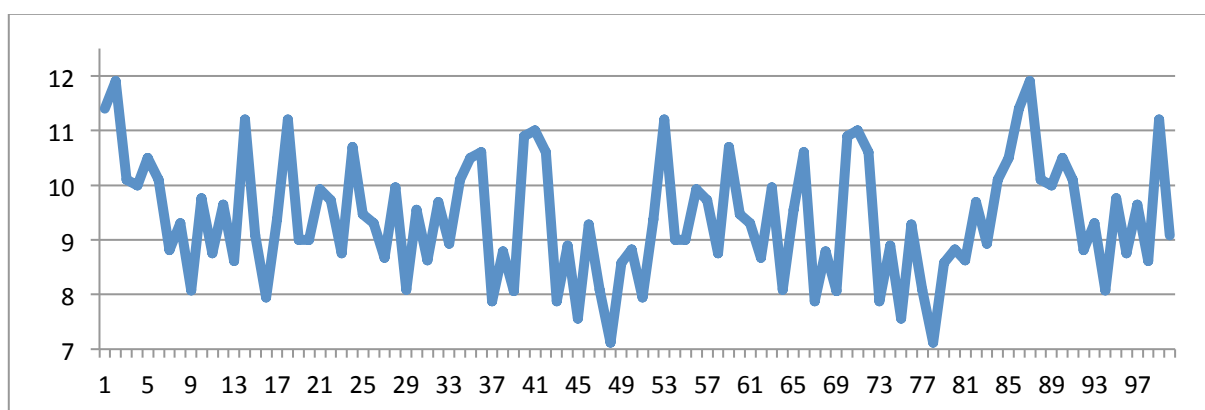


Figur 24: 802.11g, diagonalt uten støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten ble 11,81 Mbps, med et standardavvik på 0,46 Mbps (3,9 %).

5.7.1.5. Diagonalt med støy

Også med støy var 802.11g mye bedre diagonalt enn i trekantoppsettet. Siden de fleste faktorer var under en viss kontroll, kan mangelen på kjennskap til plassering faktisk gagne enkelte klienter i et 802.11g-nettverk og spredning av klientene gir positivt utfall. Det kan også hende eksterne støykilder påvirket testoppsettet mer enn forventet, men dette er uvissheter man opplever i 2,4 GHz-båndet. På Figur 25 kan man se en mye jevnere kurve for målingene med støy diagonalt. Sammenlignet med trekantoppsettet er kun to av bunnpunktene diagonalt under toppunktet i trekant. Dette er en veldig signifikant forskjell, som det ikke er funnet noe svar på.



Figur 25: 802.11g, diagonalt med støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 9,40 Mbps, med et standardavvik på 1,10 Mbps (11,7 %) med en median på 9,3 Mbps.

5.7.2. 802.11g, responstid

I Tabell 3 vises resultatene fra responsmålingene til 802.11g. Av disse resultatene kan man tolke at datasettet ikke er normalfordelt, siden standardavviket er veldig høyt i forhold til gjennomsnittlig responstid. Pingtidene varierer til tider opp til halvannet sekund, og pingtiden blir veldig uforutsigbar.

Tabell 3: 802.11g responstid

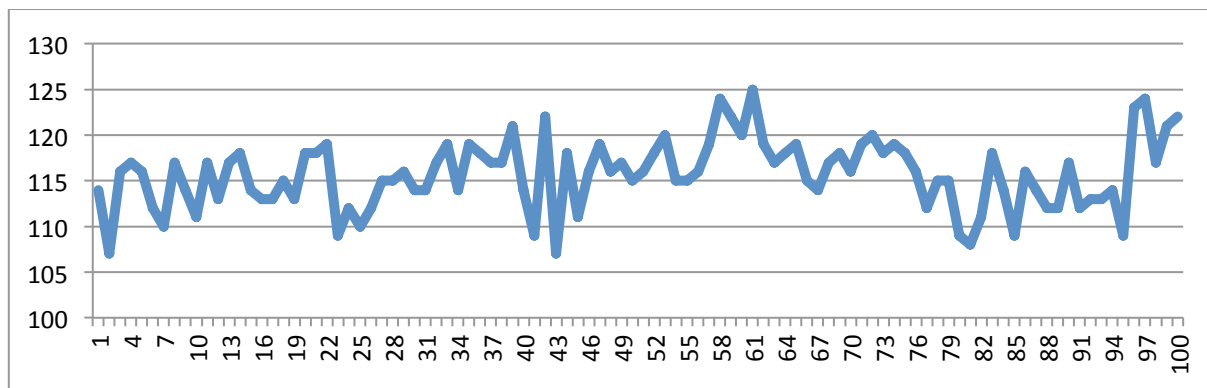
Type	Responstid (ms)	Standardavvik (ms)	Median (ms)	Pakker tapt	Maks (ms)
Uten støy	3,55	3,1	3	1	25
Med støy	112,78	202,64	49	1	1504

Med støy er medianen 49 ms, som er under halvparten av gjennomsnittet. De fleste målingene ligger derfor godt under 113 ms, men et fåtall av målingene ligger veldig høyt.

5.7.3. 802.11n, throughput

5.7.3.1. Uten støy

Figur 26 viser 802.11n uten noe støypåvirkning, 40 MHz kanalbredde i 5 GHz-båndet.

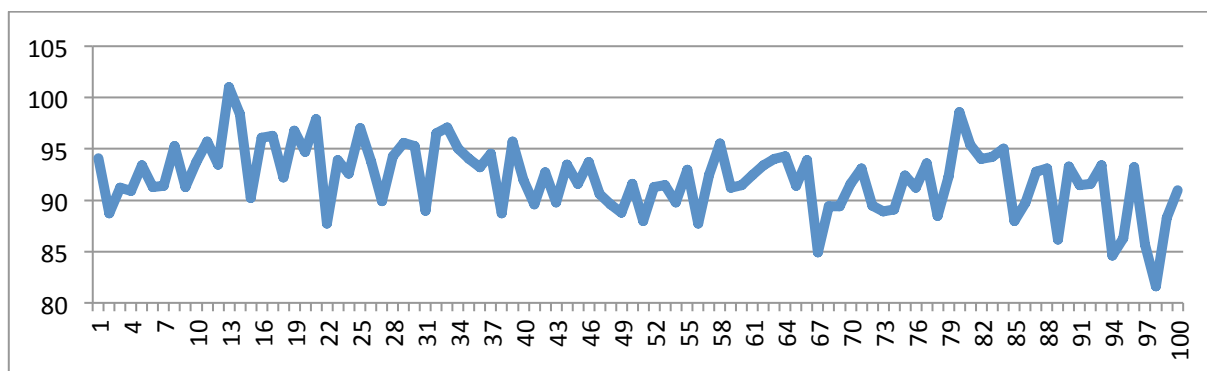


Figur 26: 802.11n uten støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 115,68 Mbps, med et standardavvik på 3,8 Mbps (3,28 %).

5.7.3.2. Med støy

Figur 27 viser 802.11n med støykilde. Nedgangen er merkbar, men holder seg på et forholdsvis jevnt nivå.

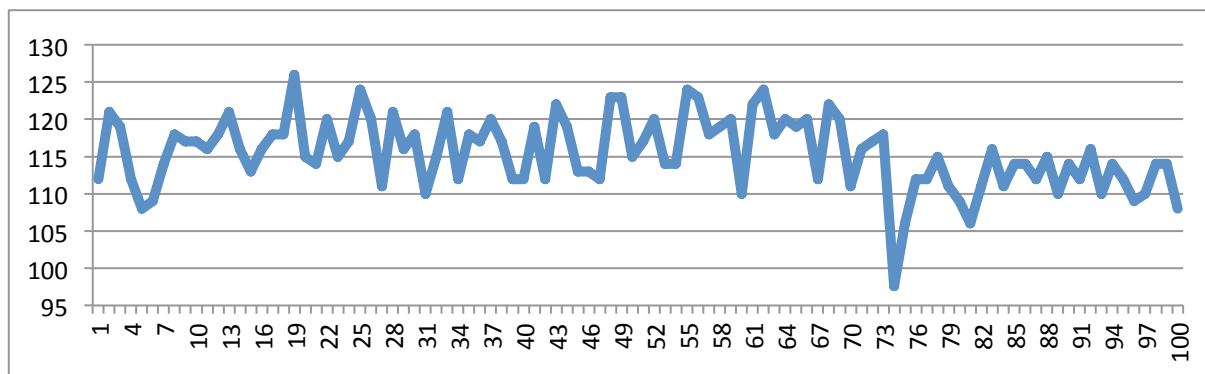


Figur 27: 802.11n med støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 92,14 Mbps, med et standardavvik på 3,27 Mbps (3,55 %).

5.7.3.3. Med hindring

Figur 28 viser ytelsen til 802.11n etter at signalet har gått gjennom to vegger. Resultatet er nesten helt identisk som målingene som er gjort i trekant uten støy.



Figur 28: 802.11n med hindring

Gjennomsnittsoverføringshastigheten endte på 115,48 Mbps, med et standardavvik på 4,75 Mbps (4,11 %).

5.7.3.4. Diagonalt uten støy

Med diagonalt oppsett målte 802.11n relativt likt som i trekantoppsettet. Gjennomsnittsoverføringshastigheten ble på 112,56 Mbps med et standardavvik på 3,18 Mbps (2,8 %).

5.7.3.5. Diagonalt med støy

Samme resultater med støy i det diagonale oppsettet. Alle målinger var veldig like som i trekantoppsettet. Gjennomsnittsoverføringshastighet på 91,80 Mbps med et standardavvik på 2,20 Mbps (2,4 %).

5.7.4. 802.11n, responstid

Tabell 4 viser responstidene til 802.11n med og uten støyende trafikk. Uten støy var responstiden jevnt lav, og med et relativt lavt avvik. I testene med støy økte avviket, men de fleste målinger var plassert rundt gjennomsnittet. Avviket ble høyt på grunn av at noen målinger var mye høyere enn snittet (som for 802.11g).

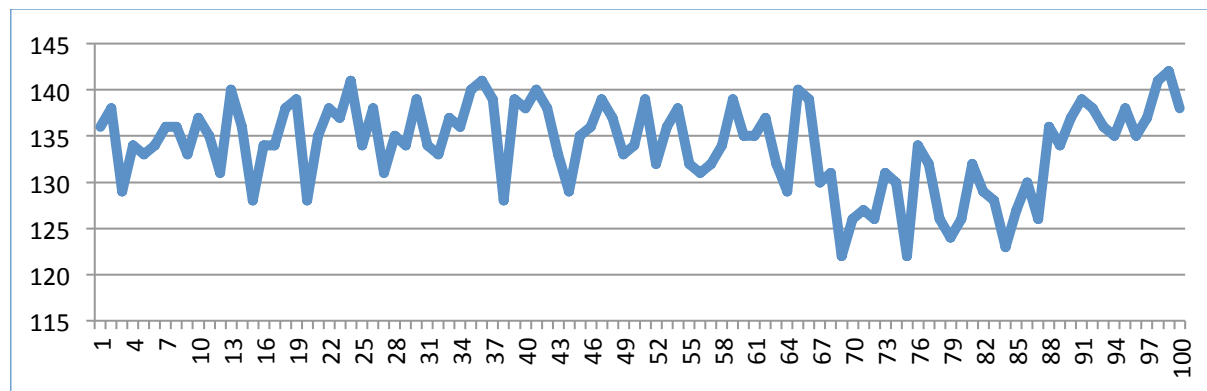
Tabell 4: 802.11n responstid

Type	Responstid (ms)	Standardavvik (ms)	Median (ms)	Pakker tapt	Maks (ms)
Uten støy	1,78	0,55	2	0	6
Med støy	5,96	6,29	5	0	82

5.7.5. 802.11ac, throughput

5.7.5.1. Trekant uten støy

Figur 29 viser 802.11ac uten noe støypåvirkning, med 80 MHz kanalbredde. Det er en betydelig økning fra 802.11n, og målingene er relativt stabile.

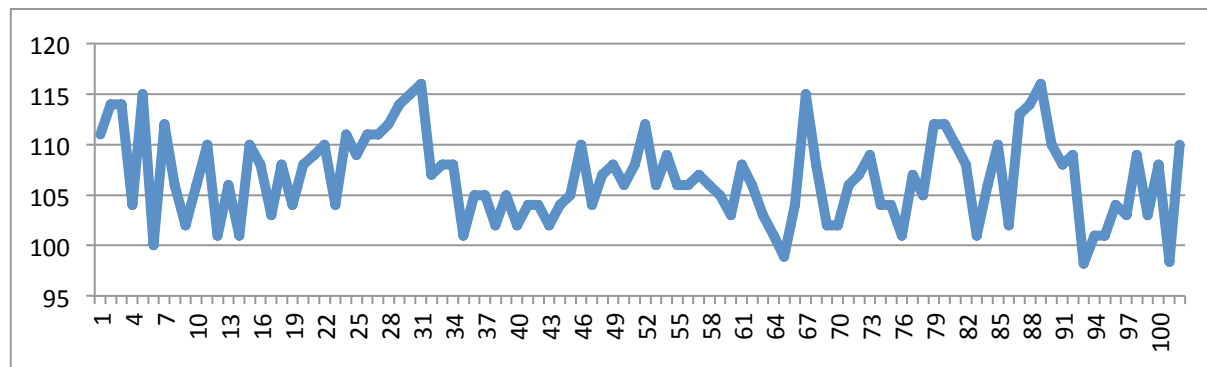


Figur 29: 802.11ac uten støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten ble målt til 133,98 Mbps, med et standardavvik på 4,65 Mbps (3,47 %).

5.7.5.2. Trekant med støy

Figur 30 viser 802.11ac med støykilde. Som for 802.11n er det en betydelig nedgang, men også her er målingene relativt stabile.

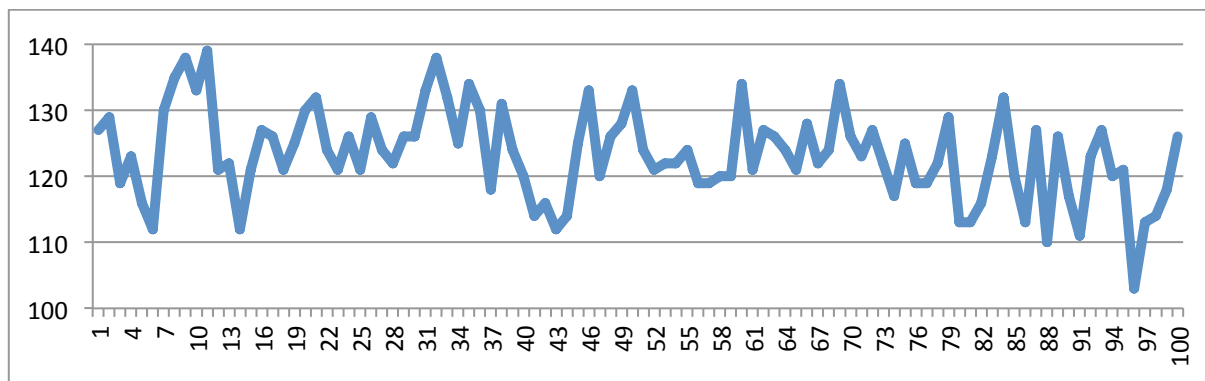


Figur 30: 802.11ac med støy

Gjennomsnittsoverføringshastigheten ble på 108,87 Mbps, med et standardavvik på 4,19 Mbps (3,85 %).

5.7.5.3. Trekant med hindring

Figur 31 viser ytelsen til 802.11ac etter at signalet har gått gjennom to vegger. Sammenlignet med 802.11n er 802.11ac mer følsomt for hindringer. Dette er mest sannsynlig et resultat som oppstår på grunn av større kanalbredde.



Figur 31: 802.11ac med hindringer

Gjennomsnittsoverføringshastigheten var på 123,3 Mbps, med et standardavvik på 6,80 Mbps (5,52 %).

5.7.5.4. Diagonalt uten støy

Som for 802.11n var målingene diagonalt veldig like for 802.11ac som i trekantoppsettet. Dette gir en bedre forutsigbarhet som er ønskelig i et nettverk. Resultatene ga en gjennomsnittsoverføringshastighet på 135,96 Mbps med et standardavvik på 5,19 Mbps (3,8 %).

5.7.5.5. Diagonalt med støy

Med støykilden tilkoblet i nettverket ble gjennomsnittsoverføringshastigheten på 103,44 Mbps med et standardavvik på 5,05 Mbps (4,9 %).

5.7.6. 802.11ac, responstid

I Tabell 5 kan man se 802.11ac sine responstider med og uten støy. Dataene viser en mindre variasjon med støy enn hva 802.11g/n opplever. Spesielt målingene utført med støykilde var 802.11ac mye bedre enn de eldre standardene.

Tabell 5: 802.11ac, responstid

Type	Responstid (ms)	Standardavvik (ms)	Median (ms)	Pakker tapt	Maks (ms)
Uten støy	1,63	0,87	2	0	8
Med støy	4,90	2,53	4	0	18

5.8. Vurderinger

5.8.1. Throughput

Tabell 6 viser resultatene av testene i trekantoppsettet. Med dagens standarder kan man tydelig se at 802.11g har store svakheter i forhold til 802.11n og 802.11ac.

802.11n presterer nesten 14 ganger bedre enn 802.11g uten støykilde, og nesten 18 ganger bedre da en ekstra datamaskin ble tilført. Dette er en stor hastighetsforskjell som er veldig merkbar for brukerne. Dagens versjon av 802.11ac presterer ikke på et nivå langt over 802.11n, men i testmiljøet presterte den 15 % bedre enn dagens nyeste standard (802.11n).

Tabell 6: Hastigheter

Standard	Throughput (Mbps)	Standardavvik i %	Median (Mbps)	I forhold til g	% dårligere med støy/vegg
.11g uten støy	8,35	7,37%	8,4	1	
.11g med støy	5,17	21,16%	5,23	1	38,04%
.11g med vegg	7,04	15,83%	7,25	1	15,62%
.11n uten støy	115,68	3,28%	116	13,86	
.11n med støy	92,14	3,55%	92,45	17,82	20,35%
.11n med vegg	115,48	4,11%	115,5	16,40	0,18%
.11ac uten støy	133,98	3,47%	135	16,05	
.11ac med støy	108,88	3,85%	106	21,06	18,74%
.11ac med vegg	123,30	5,52%	123	17,51	7,97%

802.11g er mye mer følsomt for flere klienter tilkoblet det samme aksesspunktet samtidig. 802.11n og 802.11ac reduserte overføringshastigheten med ca. 20 % og har et relativt uendret standardavvik på ca. 3,5 %. 802.11g hadde en ujevn kurve med et standardavvik på 21 %, en økning på 14 prosentpoeng, og en reduksjon på 38 % i gjennomsnittlig overføringshastighet.

Da det ble innført en hindring i oppsettet i form av to vegger, oppførte de ulike standardene seg forskjellig. Som for de andre testene var 802.11g veldig ustabil, med et høyt standardavvik. Overraskende nok var det også 802.11g som opplevde den største prosentvise reduksjonen. Dette utgjør ca. 1 Mbps for 802.11g, mens 802.11ac opplevde nesten 10 Mbps reduksjon.

802.11n var nærmest upåvirket av hindringene, mens 802.11ac presenterte seg med ca. 8 % redusert hastighet. Denne forskjellen kan forklares ved kanalbreddeforskjellen til 802.11n og 802.11ac. 802.11n kjørte på sin maksimale kanalbredde på 40 MHz. Mens 802.11ac brukte et 80 MHz bred kanal, som foreløpig er det bredeste tilgjengelig med -ac (se 3.8. Lansering).

Tabell 7 viser resultatene fra målingene gjort med diagonalt oppsett. Den store forskjellen fra trekantoppsettet er at 802.11g presterer på et langt høyere nivå. I målingene viser det seg at 802.11g oppnår høyere hastighet, med et mer stabilt resultat, både med og uten støyende nettverkstrafikk. Resultatene ble dobbeltsjekket for feil, men all konfigurasjon var lik. Testene diagonalt og i trekantoppsettet ble ikke utført på samme dag, og resultatet kan skyldes andre støykilder. Hvis så er tilfelle beviser dette i stor grad ustabiliteten og uforutsigbarheten man har i 2,4 GHz-nettet, og at 802.11g lider under dette.

Tabell 7: Diagonalt resultater

Standard	Gjennomsnitt (Mbps)	Standardavvik (Mbps)	Stdav i prosent	Median (Mbps)	Dårligere med støy
.11g uten støy	11,81	0,46	3,9%	11,9	
.11g med støy	9,40	1,10	11,7%	9,3	20,5%
.11n uten støy	112,56	3,18	2,8%	113	
.11n med støy	91,80	2,20	2,4%	91,95	18,4%
.11ac uten støy	135,96	5,19	3,8%	137	
.11ac med støy	103,44	5,05	4,9%	103	23,9%

802.11n/ac leverte begge på ca. likt nivå i diagonalt oppsett som i trekantoppsett. Dette viser at plasseringen ikke har stor betydning for ytelsen for disse.

802.11ac er ikke ferdig utviklet, og kapasiteten vil øke i fremtiden (Wave 2). Det viktigste er uansett å merke seg hvor mye bedre 802.11n er i forhold til 802.11g. Testmiljøet som ble benyttet var veldig lite, men selv med få klienter kunne store forskjeller måles. Spesielt interessant er det å se hvor ustabil og redusert 802.11g blir under belastning. Uforutsigbarheten til 802.11g er også en faktor som er uønskelig.

5.8.2. Responstid

Responstiden ga også et stort skille på 802.11g i forhold til 802.11n/ac. Særlig med en støykilde koblet inn ble 802.11g meget ustabil. I lab-oppsettet var det en trådløs klient som pinget en annen, samt en ekstra maskin som lagde så mye nettverkstrafikk som den klarte. I et større nettverk er det mange flere klienter enn tre, så et trådløst aksesspunkt burde håndtere langt høyere trafikk med flere klienter.

Tabell 8 viser de ulike resultatene for standardene med og uten støy.

Tabell 8: Responstider og stabilitet

Standard	Gjennomsnitt (ms)	Maks (ms)	Pakker tapt	Standardavvik (ms)	Median (ms)
.11g uten støy	3,55	25	1	3,10	3
.11g med støy	112,78	1504	1	202,64	49
.11n uten støy	1,78	6	0	0,55	2
.11n med støy	5,96	82	0	6,29	5
.11ac uten støy	1,63	8	0	0,88	2
.11ac med støy	4,90	18	0	2,54	4

802.11g prester meget ustabil, noe som gir dårlige brukeropplevelser. Både 802.11n og 802.11ac gir en ytelse som er langt bedre enn hva 802.11g presterer. Et gjennomsnittlig ping tok ca. 32 ganger lengre tid da 802.11g ble belastet enn uten støykilde. Med samme test tok det bare 3,5 ganger lengre tid for 802.11n, og 3 ganger lengre tid for 802.11ac.

Når 802.11ac er ferdig utviklet, og har kommet i Wave 2, vil MU-MIMO og flere spatial streams gjøre at flere klienter håndteres separat og responstiden kan holdes på et høyere nivå, til tross for belastning. Dette vil mest sannsynlig gjøre responstiden enda bedre i belastede nettverk.

Resultatene viser også viktigheten av ikke å ha for mange klienter pr. aksesspunkt, da ytelsen går kraftig ned. Hvert aksesspunkt vil ha merkbar dårligere ytelse ettersom klientmassen økes, men med den høyere kapasiteten som levers med 802.11n/ac, så vil det være noe bedre.

Skal man bruke trådløse VoIP-telefoner, vil responstiden være avgjørende for å få god kvalitet. I et belastet 802.11g-nettverk med flere brukere, eller i et område med mye interferens, vil trådløs VoIP være ubrukelig. Derimot viser 802.11n og 802.11ac at ytelsen holder seg på et respektabelt nivå, og trådløs VoIP blir mulig å implementere.

Kapittel 6

- Dagens situasjon

FOR Å FÅ ET REELT INNBLIKK I HVILKEN BETYDNING EN EVENTUELL IMPLEMENTERING AV 802.11AC VIL HA FOR DET TRÅDLØSE NETTVERKET PÅ HØGSKOLEN I GJØVIK, TRENGS EN VURDERING AV DAGENS SITUASJON. DETTE KAPITTELET TAR FOR SEG DAGENS LØSNINGER OG TIDLIGERE VURDERING GJORT AV IT-TJENESTEN.

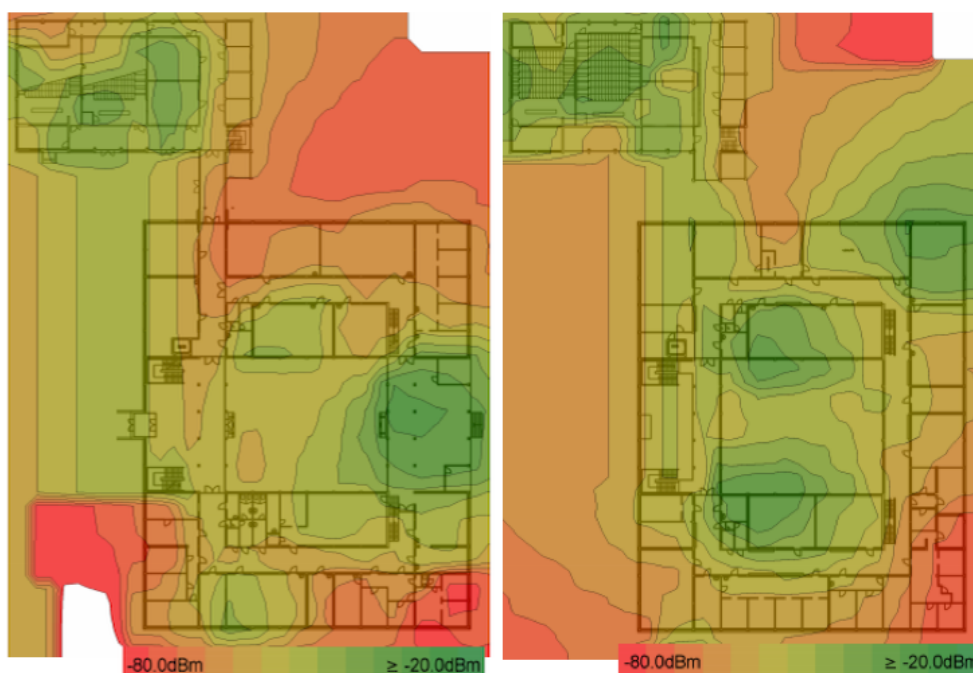
6.1. Situasjon

Høgskolen i Gjøvik tilbyr et trådløst nettverk som mange studenter ikke er fornøyd med. Det mest fremtredende problemet er dekning. Det finnes områder på skolen med nærmest fraværende dekning, og dette er en situasjon studentene synes er for dårlig, og det går utover studiekvaliteten. Dette er godt dokumentert gjennom tidligere bacheloravhandlinger og spørreundersøkelser.[30][31]

På utstysfronten vil den eksisterende infrastrukturen ha mye å si for kostnaden tilknyttet en større oppgradering. Hva som kan brukes og hva som må skiftes ut er viktig å ta med i totalvurderingen.

6.1.1. Dekning

På dekningsiden er bachelorrapporten «Trådløst lokalnettverk på HiG» interessant. Denne er nylig utredet, og det er gjort svært få endringer siden den gang. På målingene, vist på Figur 32, ser man mange områder med svak (orange/rød) dekning i AK-bygget på skolen. I rapporten ble det gjort rede for hvorfor studentene slet med tilkobling til det trådløse nettverket og hvilke endringer som burde gjennomføres for å øke kvaliteten.



Figur 32: Dekning AK-bygg, 1. og 2. etg

6.1.2. Utstyr

Dagens trådløse utstyr på Høgskolen i Gjøvik består blant annet av to kontrollere av typen Cisco Air-CT5508-100-k9 og -50-k9, hvorav førstnevnte har den største kapasiteten. For redundans i det trådløse nettverket tar den største kontrolleren ansvaret for alle aksesspunkter i de viktigste områdene, samt de fleste aksesspunktene generelt. Denne kontrolleren har redundant strømforsyning som skal gjøre den sikker mot strømutfall. Den andre, mindre kontrolleren har ansvaret for til sammen 17 aksesspunkt. Denne dekker ingen kritiske punkter, men avlaster den større kontrolleren slik at den ikke blir overbelastet.

5508-kontrollere kan håndtere trafikk på 8 Gbps, og vil i følge Cisco være fullt kompatibel med kommende 802.11ac-utstyr.

Aksesspunktene skolen benytter i dag er Cisco AIR-AP1131AG-E-K9. Dette er aksesspunkt med støtte for 802.11a/b/g, og kan ikke utvides til å supportere nyere standarder.

6.1.3. Switcher

I dag benytter skolen seg av HP Procurve 2610-48-PWR og E2910-48-PWR, hvorav to av de sistnevnte har gigabit-porter. Alle andre switcher har hastighet på 100 Mbps, og alle switcher støtter PoE.

For å håndtere Wave 2 av 802.11ac er det nødvendig med PoE+, og som nevnt i litteraturstudiet bør switchene være Mobility Agent-kapable.

6.1.4. Kabling

Høgskolen i Gjøvik har en kraftig infrastruktur med fiber til alle fordelingspunkter og tekniske rom. Trådbundne punkter bruker Cat 5e, som pr. dags dato støtter overføringshastighet på opp til 1 Gbps.

Ved innføring av 802.11ac må det lages flere nettverkspunkt, som resultat av at aksesspunkttettheten må økes. Utover denne utbyggingen er dagens infrastruktur klar for implementasjon av nyere standard.

6.2. 802.11n

Høgskolen i Gjøvik har, som tidligere nevnt, 802.11a/g pr. dags dato. Problemet her er at de fleste klienter foretrekker 802.11g[30], og i og med at den opererer på 2,4 GHz-båndet er det mye støy. IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik gjorde i 2011 en vurdering for om 802.11n skulle implementeres. Resultatet ble da at de valgte å ikke gjøre dette, med følgende begrunnelse.

6.2.1. Begrunnelse

«Med utgangspunkt i observert mengde bruk av 802.11a (5 GHz Wi-Fi) sett opp mot 802.11g (2,4 GHz) ved Høgskolen i Gjøvik, kombinert med prisnivå-forskjeller på utstyr med ren 802.11a/g sammenlignet med utstyr som støtter 802.11n har vi valgt å ikke investere i 802.11n.

Ved vurderingstidspunktet i 2011 var klientstøtte for 802.11n på fremgang, men observert støtte for 5 GHz Wi-Fi-teknologi var svært begrenset. Bruk av 802.11n innebærer at kanalbåndbredde økes til 40 MHz for å kunne gi en effektiv utnyttelse av teknologien. På 2,4 GHz fører dette til en enda større fortetting av et allerede støyfullt og problematisk radio-spekter, samtidig som antallet klienter som kan håndteres effektivt innenfor en og samme Wi-Fi-kanal reduseres.

På vurderingstidspunkt var prisøkningen til utstyr som støttet 802.11n en reell dobling av pris på utstyr uten 802.11n.

Fordelene med høyere båndbredde og sterkere signal-/støyseparasjon ble derfor vurdert å være svakere som argument sett opp mot redusert antall klienter per basestasjon når pris pr. basestasjon går betydelig opp.»¹

¹ Begrunnelse skrevet av Jon Langseth ved IT-tjenesten 08.04.2013

Kapittel 7

- Leverandørmøter

**ARUBA NETWORKS OG CISCO SYSTEMS BLE KONTAKTET I FORBINDELSE MED
INNHEMING AV INFORMASJON OM KOMMENDE UTSTYR OG OM DERES TANKER RUNDT
802.11AC. TEKNISKE REFERATER FRA DISSE MØTENE KAN LESES I DETTE KAPITTELET.**

7.1. Bakgrunn

I forbindelse med innhenting av informasjon ble flere store nettverksleverandører kontaktet. To av disse, Cisco Systems og Aruba Networks, var veldig samarbeidsvillige, og det ble avholdt møter med begge. Ubiquity Networks som det også var ønskelig å møte, ble det dessverre ikke en god kontakt med. Møtene som ble holdt ga god informasjon som er brukt i rapporten.

Bakgrunnen for møtene var å finne ut om leverandørenes fremtidsvurdering av 802.11ac, og hvordan markedet vil påvirkes fremover. Møtene ble avsluttet med en spørsmålsrunde, og en konkret anbefaling for hvordan de ville håndtert Høgskolen i Gjøviks trådløse nettverk.

7.2. Cisco Systems

7.2.1. Om Cisco Systems

Cisco er et amerikansk, multinasjonalt nettverksselskap, og er den ledene nettverksleverandøren i verden. Cisco har vokst veldig siden starten, og har blitt et naturlig valg for nettverksutstyr hos mange bedrifter. Cisco har store markedsandeler innfor alle nettverksdivisjoner, men de jobber også mye med lagring, tele- og videokommunikasjon.

Cisco har i mange år jobbet etter visjonen:

«To change the way the world works, lives, plays and learns»

Denne visjonen har nylig blitt endret til:

«Tomorrow starts here»

Det Cisco ønsker med denne visjonen er at alt skal på nett. 1 % av det som finnes i verden er koblet opp til et nettverk, men hva med de resterende 99 prosentene? Cisco vil at alt rundt oss, det vil si huset ditt, stoppskiltet, trærne, bilen din og deg selv, skal kobles opp til Internett. Med dette som visjon hviler fremtiden på trådløse løsninger.

7.2.2. Hvem

André Bersvendsen er systemingeniør hos Cisco, med ansvar for trådløs teknologi, arkitektur og forretningsutvikling. André har jobbet for Cisco de siste seks årene, og han har bakgrunn fra Telenor og Ementor (Atea).

7.2.3. 802.11ac fremtid

Cisco har store planer for fremtiden. Deres nye visjon «Tomorrow starts here» fordrer et internasjonalt nettverk der alt kommuniserer, dette er ikke mulig uten trådløs kommunikasjon. Om det er ac-standarden som gjør dette mulig, er lite sannsynlig, men behovet for trådløse høyhastighetsnett vil øke, og -ac er et stort steg i rett retning. 802.11ad, som er en kommende standard i 60 GHz-båndet vil

også skape et trådløst grensesnitt som i stor grad kan ta over for tradisjonelle mediekabler.

Hoveddriverne for raskere trådløse nett, i følge Cisco, er:

- Media, hovedsakelig video
- Batteri
- Trådløst blir primæraksess
- BYOD (Bring Your Own Device)

Media krever båndbredde, og vi som brukere krever stadig bedre kvalitet, som igjen krever enda høyere båndbredde. Å levere dette til mange samtidige brukere har endret teknologien drastisk. Hvert aksesspunkt må tåle høye datarater, og bakenforliggende infrastruktur belastes mer enn noen gang.

Når enheter blir trådløse, inneholder de som regel et batteri. Alle nye standarder samt maskinvare prøver å øke ytelse, mens forbrukt energi går ned. 802.11ac er raskere og enhver tilkobling for dataoverføring vil vare i en kortere periode, som øker batteritiden.

Selv om de fleste bedrifter ikke liker å innrømme det, blir trådløst mer og mer en primæraksess. Dette er et resultat av at trådløst nettverk begynner å bli så bra at folk ikke trenger å bruke kabel lenger, og at bedrifter går over til en BYOD-modell. Innføringen av nettbrett og laptopper uten trådbundet nettverksaksess gjør at brukerne tvinges over på trådløst. Hvordan vi bruker datamaskin på jobb endrer seg når enhver kan velge modell og operativsystem selv, også på mobil. Folk bruker også de enhetene de er kjent med mer, så trafikken vil hele tiden øke.

7.2.4. Tekniske vurderinger

802.11ac er kun en videreføring av 802.11n, og den første lanseringen av -ac vil ikke inneholde alt som skal komme. Først og fremst vil standarden by på bredere kanaler og høyere modulasjon for den økte hastigheten. MU-MIMO og mer avanserte utvidelser kommer i senere lanseringer. 802.11n fungerer veldig godt på 5 GHz, og tilbyr høy aksesspunktthet. Mye av utfordringen i dag og senere er å ha tilstrekkelig infrastruktur.

Selve kontrollerne har hovedsakelig to oppgaver; Mobility Agent og Mobility Controller. Kontrolleren blir ofte høyt belastet og skaper mye ekstra trafikk. Cisco har laget et nytt design, der kontrolleroppgavene deles opp i to. Eksempelvis kan bedriften bruke en Catlyst 3850 switch i kant, siden denne kan være MA i nettverket. Dette vil avlaste kontrolleren som er MC, sentralt og nettverket kan takle økt trafikk.

5 GHz gir kortere rekkevidde, dette er et kjent problem. Sammenligner vi 802.11n på 5 GHz-båndet, og 40 MHz kanalbredde med 802.11ac med 80 MHz kanalbredde, vil ac-siganlet propagere (spre seg ut og bli svakere) mye mer enn det n-siganlet vil. Dette gjør at 802.11ac faller ned på n-hastighet ganske fort, og

nettverket er avhengig av små celler med høy AP-tetthet for å fungere med høy hastighet. Dessverre er det ikke mange tilgjengelige kanaler når man øker kanalbredden fra 40 til 80 MHz.

Bedrifter må bygge ut et skikkelig kjernenett. Man kan ikke forvente høye hastigheter på et aksesspunkt, hvis tilkoblingen til switchen er på 100 Mbps. Er det fem aksesspunkt koblet til en kantswitch vil ikke et 1 Gbps-kjernenett kunne håndtere trafikken fra mer enn ett av disse aksesspunktene, slik at flaskehalsen faktisk flytter seg til kablingen i selve kjernenettet. En slik oppgradering vil koste mye, men nyere nettverk vil mest sannsynlig droppe nettverkspunkter på arbeidsplasser, og heller gå fullstendig over til trådløst. Dermed vil kostnaden knyttet til nettverk flytte seg, slik at man kan bygge et mye større og bedre trådløst nettverk.

Beamforming er en teknikk som går ut på å sørge for at flere like signaler kommer frem i samme fase til en klient. Flere like signaler som sendes ut fra ulike antenner vil ta litt forskjellige veier til klienten. Ved å vurdere hvordan signalet ser ut kan aksesspunktet faseforskyve signalet fra noen av antennene, slik at man ender opp med forsterket signal hos klienten.

Cisco har som ved tidligere lanseringer av 802.11-standarder laget masse egne tillegg og utvidelser. Cisco vil alltid presse teknologien flere skritt videre, uansett hvor tilsynelatende grensesprengende ny teknologi er. CCX, Cisco Compatible Extensions, er en samling utvidelser fra Cisco som inneholder flere utbedringer som øker ytelse og funksjonalitet. Cisco leverer også CleanAir, som er en teknologi som måler støy og altermning av signalet hos klienten, og tar dette til følge. Med disse utvidelsene blir 802.11ac meget bra.

7.2.5. Spørsmål og svar

Hvordan tror dere 802.11ac vil påvirke markedet fremover?

- I tillegg til økt ytelse trådløst, og at trådløst blir primærnett, vil bedrifter bli avhengige av å bygge helt nytt aksessnett, med 10 Gbps eller mer i distribusjonsnettet. Det vil også bli behov for kontrollere med mye høyere kapasitet.

Vil 802.11ac gi muligheten for mye bedre trådløse nett i store bygninger?

- Nettverket skal i utgangspunktet være like bra, men med høyere kapasitet. Hvis man går for 80 MHz brede kanaler, må man bygge tettere for å oppnå samme dekningen. Med høyere kanalbredde er det færre kanaler, så dette kommer veldig an på hvordan bygningen og brukermassen er. Heldigvis er det mye mindre interferens og støy i 5 GHz-området.

Vil eksisterende infrastruktur (kontrollere og lignende) støtte nye aksesspunkt, eller må man påberegne full oppgradering?

- Dette kommer an på hva man har, og hva man ønsker å få ut av nettverket. Med nytt kontrollerdesign vil man kunne flytte MC til kantswitchen, som avlaster

kontrolleren. 4400-serien eller VISM kan ikke brukes. VISM2, 5508, 5760 eller 2500 støtter -ac, men 5760 er kraftigst. En kombinasjon av 5508 eller 5760 sammen med Catalyst 3850 i kant, vil gi god ytelse siden nettverket generelt ikke blir like kraftig belastet.

Hvilke aspekter av 802.11ac ser dere på som mest grensesprengende?

- Vi forlater endelig 2,4 GHz-båndet. Siden dette er et bånd med åpen lisensiering er det altfor mye støy. Utover det vil Wave 2 tilby veldig gode hastigheter, som virkelig er grensesprengende (passere 3 Gbps). Ellers er 802.11ac bare en videreføring av 802.11n.

Vil nye produkter med 802.11ac ligge i samme prisklasse som i dag?

- Komplette aksesspunkt vil ligge i samme prisklasse som i dag. En billig måte å introdusere 802.11ac på, er å velge 802.11n-aksesspunkt, med mulighet for å bygge ut med en ac-modul.

Hvilke utfordringer vil større bedrifter møte på med tanke på implementasjon?

- Infrastruktur. Både oppdatering av eksisterende, og tørre å bygge tett nok.

Kan du si noe om kommende produkter med 802.11ac, eller er det for tidlig?

- Annet enn modulen som allerede er på markedet, vil produktene ligne mye på dagens n-utstyr, bare med ac-støtte. Om det kommer noe helt nytt kan jeg ikke si.

Vi er veldig interessert i antennene, og hvordan de stråler. Har dere noe data på dette foreløpig? Gjerne sammenlignet med tilsvarende 802.11g-utstyr.

- Dette vil ligne mye på dagens spredningsmønster som 5 GHz 802.11n. Som tidligere nevnt vil rekkevidden med bredere bånd bli ytterligere begrenset.

Vet dere hvordan konfigureringen vil bli? Kan man for eksempel fremprovosere kanaloverlapping, for å lage vanskelige situasjoner?

- Man kan lage kjipe situasjoner, og CSMA/CA vil gjøre ytelsen dårligere. Men med dagens kontrollerteknologi vil ikke kanalproblematikk være et tema.

7.2.6. Anbefaling

Innfør 802.11n med mulighet for ac-moduler. Bygg ut en god infrastruktur med 1 Gbps til nettverkspunkter og 10 Gbps i kjernenettet. Switchene må være PoE+ (wave 2 av ac krever PoE+) og ha støtte for MC for avlastning av kontrolleren. Innse at trådløst blir primærnett, og investere med tanke på dette.

7.3. Aruba Networks

7.3.1. Bakgrunn for besøket

Høgskolen i Gjøvik bruker i dag Cisco som leverandør, men det er allikevel aktuelt å sjekke ut andre leverandører. Aruba er det største firmaet innen trådløst nettverksutstyr etter Cisco, og det var derfor et naturlig valg å avholde et møte med de. Etter en del e-poster ble det avtalt et møte den 14. februar 2013. Aruba Networks har ikke egne lokaler, og derfor foregikk møtet hos Arrow ECS, som er distributør for Aruba.

7.3.2. Om Aruba Networks

Aruba Networks ble etablert i februar 2002. Hensikten var å gjøre Wi-Fi enklere, det skulle bli en del av vår økende laptopbruk. Derfor gikk de bort fra tykke klienter, og flyttet managementet fra aksesspunkt og over til kontroller. Første versjonen av denne typen kontroller var med innebygget brannmur. Arubas grunnlegger kom fra DSL og DSLAM teknologi, og det var naturlig å ha brannmur i kontrolleren.

Arubas hovedkontor er i California. De har tre utviklingskontor, disse er lokalisert i Kina, USA og India. Fortjenesten til Aruba går hovedsakelig til ytterligere utviklingsprosjekter. Aruba hadde tidligere en målsetning om de skulle være det naturlige alternativet til Cisco. Dagens målsetning er at de skal være ledene innen sikre mobile nettverk.

Internasjonale kunder av Aruba Networks er blant annet Google, Amazon, Ebay, Facebook, Youtube, Netflix, Yahoo, Samsung og Sony. Norske kunder er eksempelvis Utenriksdepartementet, Politiets fellesforbund og Mills.

På bakgrunn av at Aruba har som mål å levere de sikreste nettverkene har de levert mye til det amerikanske forsvaret. Samarbeidet med forsvaret har tvunget Aruba til å presse sikkerheten videre, og Aruba har innført egne løsninger for å bevare brukernes krav.

7.3.3. Hvem

Reidar Gran er teknisk spesialist ved Aruba Networks. Tidligere var han ansatt hos Cisco, men har jobbet i Aruba siden mai 2012.

Fredrik Andersen er salgsansvarlig for det norske markedet. Han har arbeidet i Aruba siden 2005. Fredrik har systemingeniørfaring fra tidligere av.

7.3.4. 802.11ac fremtid

Bedrifter og privatpersoner har siden iPad og iPhone endret hvordan de bruker nettverk og innhold. Det nye innen IT er BYOD (Bring Your Own Device), som

betyr at alle brukere kan velge datamaskin, operativsystem og mobil selv. Med denne løsningen endrer hele bedriftsstrukturen seg i forbindelse med IT. Systemadministratorene har ikke lenger styringen, og brukerne får selv en større frihet.

Når brukerne styrer alt selv blir det installert mange applikasjoner som IT-avdelingen ikke har kontroll på. Et eksempel på dette er DropBox. DropBox er et program som gjør at du synkroniserer filer på din datamaskin automatisk med «nettskyen». Hvis en avdeling på ti personer har en synkronisert DropBox-mappe for deling av filer, og en av brukerne legger en fil på én gigabyte vil denne lastes opp til nettet. De andre ni brukernes datamaskiner vil etter dette få beskjed om å hente ned denne filen automatisk, og 10 GB med data har gått gjennom nettverket via Internett. Dette helt uten å ha vært innom noen av systemene til bedriften. Det finnes mange slike typer programmer, og dette krever båndbredde og god kapasitet ute hos brukerne.

Med smarttelefoner og nettbrett øker trafikken ytterligere. Alle applikasjoner fungerer trådløst, da det er ikke mulig å kable opp disse enhetene. Men økende antall applikasjoner tilgjengelig, med økende innhold, blir det trådløse nettverket stadig mer belastet. Denne trenden vil ikke endre seg, og nettverksdesign må skaleres tilsvarende.

Med 802.11ac kan nettverket bygges med høyere aksesspunkttetthet, med små høykapasitetsceller som tilbyr rask tilkobling til alle brukere. Man er avhengig av små celler, fordi gjennomsnittlig antall trådløse enheter passerer snart to pr. bruker.

Applikasjoner og tjenester som Citrix, Skype, Facetime, iCloud, Lync og VoIP er alle resurskrevende for nettverket, og nettverksdesignet må tilpasses til økende bruk av denne type tjenester.

7.3.5. Tekniske vurderinger

802.11ac vil kreve mye av det eksisterende nettverket. Skal man utnytte 802.11ac fullt ut, må hvert aksesspunkt ha minimum 1 Gbps tilkobling til kantswitchen. Hvis flere aksesspunkt er koblet til én switch, må tilkoblingen til kjerneswitchen være 10 Gbps. Selvsagt vil samtidighetsfaktoren spille inn, men det er viktig å ikke bygge ac-nett til mange hundre tusen kroner der man ikke har muligheten til å utnytte kapasiteten overhode.

Med wave 1 vil 802.11ac tilby en 2,89 ganger høyere hastighet enn dagens standard. Dette er en god forbedring, men de virkelig store endringene vil skje i wave 2, da standarden vil implementere MU-MIMO.

I store nettverk vil det være mest vanlig med en blanding av 40 MHz og 80 MHz kanaler, som kan gi god dekning med støtte for mange brukere i store fellesarealer, samt små høykapasitetsceller med god hastighet.

7.3.6. Spørsmål og svar

Hvordan tror dere 802.11ac vil påvirke markedet fremover?

- 802.11ac vil få sin «boom» i 2015, og vil mest sannsynlig bli markedsdominant i 2017-18.

Vil 802.11ac gi muligheten for mye bedre trådløse nett i store bygninger?

- Ja, absolutt, men det har sin pris. 802.11ac må bygges tett, siden dekningen ikke er den beste. Bygger man riktig vil hastigheten øke drastisk, og nettverket vil støtte den store veksten i trådløs konektivitet.

Vil eksisterende infrastruktur (kontrollere og lignende) støtte nye aksesspunkt, eller må man påberegne full oppgradering?

- Kontrollere kan brukes opp igjen, men kapasiteten må medberegnes som en del av infrastrukturkapasiteten. Aksesspunktene må selvsagt byttes ut.

Hvilke aspekter av 802.11ac ser dere på som mest grensesprengende?

- Ingenting er direkte grensesprengende, men de fire store teknikkene som forbedrer kapasiteten er bredere kanaler, økt modulasjon (256-QAM), flere spatial streams og MU-MIMO.

Vil nye produkter med 802.11ac ligge i samme prisklasse som i dag?

- Nei. Introduksjonspris på nye produkter er somregel en del høyere. Vi regner med at prisen havner der 802.11n-produkter var ved introduksjon.

Hvilke utfordringer vil større bedrifter møte på med tanke på implementasjon?

- Infrastruktur. Å takle den økte trafikken krever mye av nettverket.

Kan du si noe om kommende produkter med 802.11ac, eller er det for tidlig?

- Nei, det kan vi ikke.

Vi er veldig interessert i antennene, og hvordan de stråler. Har dere noe data på dette foreløpig? Gjerne sammenlignet med tilsvarende 802.11g-utstyr.

- Dette vil være likt dagens n-antennene på 5 GHz. Ingen forskjell på dette.

Vet dere hvordan konfigureringen vil bli? Kan man for eksempel fremprovosere kanalovertapping, for å lage vanskelige situasjoner?

- Kontrolleren vil ta seg av slike situasjoner, så det skal i utgangspunktet ikke være et stort problem.

7.3.7. Anbefaling

I dag bør man investere i et godt 802.11n-nettverk. Bygger skolen ut 802.11n, med tanke på å kunne utvide til 802.11ac, vil infrastrukturen være klar og man trenger da kun nye aksesspunkt. Det er så mange år til 802.11ac er allemannseie at det ikke er for sent å gjøre en investering i et 802.11n-nettverk.

Kapittel 8

- Drøfting og anbefaling

DETTE ER ANBEFALINGEN TIL IT-TJENESTEN. KAPITTELET BEGYNNER MED Å OPPSUMMERE DE FUNN SOM ER GJORT GJENNOM BACHELORPROSJEKTET, FOR SÅ Å PRESENTERE EN KONKRET ANBEFALING FOR NÅR OG HVORDAN 802.11AC BØR INNFØRES.

8.1. Anbefaling til IT-tjenesten

I denne anbefalingen vil det bli gjort en fullstendig vurdering av 802.11ac for implementasjon ved Høgskolen i Gjøvik. Anbefalingen vil basere seg på et utvalg aspekter som er diskutert tidligere i rapporten, og disse er:

- Tekniske vurderinger
- Aktuell ytelse i testoppsett
- Økonomisk
- Tidsaspekt
- Nytteverdi

8.1.1. Tekniske vurderinger

802.11ac bringer ny og forbedret teknologi på banen, og fremtiden går mot at trådløst tar over for kablet nettverk ut til nærmest alle sluttbrukernoder. I et nettverk med tilstrekkelig kapasitet vil man oppnå reelle hastigheter på over 1 Gbps når 802.11ac er tilgjengelig med Wave 2.

Med MU-MIMO kan flere brukere snakke med et aksesspunkt samtidig og dette vil gi en betydelig forbedring. Allikevel vil det være en større gevinst å bygge et tettere nettverk med flere aksesspunkt, for å støtte høy hastighet til flere samtidige brukere.

Det er viktig at IT-tjenesten har forståelse for at 802.11ac er laget for å tilby høye hastigheter i et trådløst miljø. Tenker man mest på dekning, kan det like godt innføres et godt oppsatt 802.11n-nettverk.

Tester viser at kapasiteten øker enormt hvis man flytter seg fra 802.11g over til 802.11ac. Har man økonomi til å bygge med høy nok aksesspunkttetthet, kan man forvente en stor økning i kapasitet ute hos hver enkelt sluttbruker. Hastigheten vil avhenge av hvilken kanalbredde man har valgt, hvor mange spatial streams klient og aksesspunkt støtter, og hvor høy modulasjon man kan kjøre.

Modulasjonen vil være veldig følsom for støy, siden 256-QAM er 256 ulike fase- eller amplitudeendringer. Med flere spatial streams eller ved bruk av MU-MIMO vil ikke dette være mulig, og hastigheten vil reduseres, men flere kan aksessere nettverket samtidig. Er høyest mulig hastighet den viktigste parameteren er det mest å hente ved å øke kanalbredden. 80 MHz kanalbredde kan gi høy throughput med god signalrobusthet. Dette oppnås med god redundans i signalet, lav modulasjon og langt moduleringsintervall.

Med 802.11ac kan man velge å bygge områder med veldig god dekning, eller med veldig høy kapasitet. I fellesarealer, som for eksempel i en kantine, vil dekningen og antall samtidige brukere kreve mange tilkoblingspunkt og man bør ikke rette fokuset på høyest mulig hastighet. På grupperom eller i klasserom kan en mindre

trådløs celle, med høy hastighet (bred kanal) benyttes slik at områder som benyttes til skolearbeid har god ytelse.

8.1.2. Ytelse i testoppsett

Ytelsen i testoppsettet viser at 802.11ac og 802.11g yter på veldig ulikt nivå. I et optimalt oppsett yter 802.11ac nesten 20 ganger bedre enn 802.11g, og når nettverket belastes så øker dette forholdet. 802.11g er også mer ustabil, så både responstiden og hastigheten du oppnår vil variere veldig.

2,4 GHz-nettet sammen med 802.11g kan i de verste tilfeller vise seg å bli helt ubrukelig. Med flere samtidige brukere, høy belastning og mange støykilder tvinges man til å velge andre løsninger.

8.1.3. Økonomisk

Økonomisk sett vil det være veldig kostbart å bygge et høykapasitetsnett. Med høyere hastighet ute på de trådløse aksesspunktene må infrastrukturen oppgraderes i henhold til dette. Heldigvis for HiG er det bygget infrastruktur med tanke på fremtidige krav. Med fiber til alle switcherom vil det være enkelt å bytte ut switcher hvis man ønsker å oppnå 10 Gbps. Skal man innføre 802.11ac er det nærmest en selvfølge å takle denne hastigheten i kjernenettet.

Kantswitchene, eller de switchene som skal håndtere de trådløse nodene, bør være mobility agent-kapable med PoE+-teknologi. På dette punktet kan man gjøre oppgraderingen gradvis. Cisco Catalyst 3850 kan kjøpes i mange konfigurasjoner, samt bygges ut med ekstra moduler for 10 Gbps tilkoblinger og lignende. Denne støtter både MA og PoE+, og vil være klar for å brukes i et 802.11ac-nettverk.

Nettverket må designes etter forventet fremtidig last, og ikke alle lokasjoner vil være like tungt belastet. Nye switcher kan derfor plasseres strategisk slik at de avlaster der det teller mest.

Dagens kontrollere vil fungere godt sammen med MA-switchene, og med 8 Gbps hastighet, vil de ikke bli en flaskehals på en god stund. Nettverksdesignet med to kontrollere slik det er i dag, kan også brukes videre, dog med flere aksesspunkt pr. kontroller.

Aksesspunktene må byttes for å gi støtte for 802.11ac, og dette er den største kostnaden. Med 5 GHz som eneste frekvensbånd må man også bygge tettere for å få samme dekning som man gjør med 2,4 GHz. I tillegg til dette bør det benyttes flest mulig små celler, med høy kapasitet og god aksesspunkttetthet, slik at man utbytter potensialet i større grad. Dette koster penger. Nye nettverkspunkt må lages, og aksesspunktene blir ikke billigere når ny teknologi innføres.

Det positive med å benytte trådløst nett som primærnett, er at hver bruker med sine tilkobling blir billigere. Eksempelvis er hvert kontor på Høgskolen i Gjøvik

kablet med to nettverkspunkt, som til sammen vil føre til en kostnad på ca. 5 000 kroner. Ved å dekke minst to kontorer pr. aksesspunkt, kan man senke kostnaden ved å velge trådløs tilkobling, siden et trådløst punkt, inkludert kabling og basestasjonen, koster ca. det samme som et kontor.

8.1.4. Tidsaspektet

Leverandørene har alle en viss forventning til når 802.11ac blir populært. Etter samtale med Aruba og Cisco, var de ganske samstemte om følgende punkter:

- Wave 1 sertifisert i Q1 2013
- Standarden ratifiseres i Q4 2013
- Wave 2 i begynnelsen av 2014, mest sannsynlig i Q2
- I løpet av 2015 vil 802.11ac bli vanlig i nye produkter
- Rundt 2017-2018 vil 802.11ac ha tatt over mesteparten av markedsandelen fra 802.11n

Å innføre 802.11ac noe særlig tidligere enn i 2015 vil mest sannsynlig være overflødig. Det er ingen grunn til å støtte en standard som ingen bruker, og som ikke er fullt utviklet. De neste par årene bør derfor brukes på å forberede seg til 802.11ac blir foretrukket av klientenheter.

8.1.5. Nytteverdi

De fleste som studerer ved høgskolen ønsker et bedre nett, og kravet til bruk av stadig mer krevende innhold på et økende antall enheter gjør at teknologien må fornyes. Mange av studentene er også virkelig misfornøyde med både dekning og kapasiteten på det trådløse nettet, noe som tilsier at forbedringer må vurderes.

Med tanke på innhold ser vi et marked hvor fokuset på opplevelser øker. Dette betyr stadig mer høyoppløselig film, og applikasjoner med mye innhold.

Høgskolen har i enkelte områder et veldig godt trådløst nett, og dette øker forventningene til brukerne i alle områder. IT-tjenesten kan selvsagt jobbe hardt med forventningsstyringen for å øke brukernes tilfredshet, men dette vil ikke være en særlig fremtidsrettet tankegang.

De fleste studenter (opp mot 90 %) sier de er helt eller delvis avhengig av nettilgang for å gjennomføre studiene. Selv om dette ikke gjelder i 100 % av tiden, er det tydelig at nettilgang er viktig, og at nytteverdien for studentene og studiekvaliteten avhenger av dette.

8.1.6. Andre oppdagelser

Gjennom tester, teori og diskusjon med leverandører viser det seg at 802.11n pr. dags dato vil være et godt alternativ til 802.11ac. Ved å innføre en bedre infrastruktur, samt oppgradere til 802.11n, kan Høgskolen få et godt nett i dag, som kan oppgraderes til 802.11ac etter hvert, og da gjerne gradvis.

Ciscos nye Aironet 3600-aksesspunkt støtter også utvidelse med 802.11ac-modul. Aksesspunktet i seg selv er et helt vanlig aksesspunkt, men ved å sette på en ekstra modul får man ac-støtte i tillegg. 802.11ac kan fint bruke de samme antennene som 802.11n, og derfor vil det ikke være nødvendig med ytterligere konfigurasjon.

8.2. Konkret anbefaling

Ut i fra de vurderingene som er gjort i denne rapporten av 802.11ac vil det anbefales å følge følgende strategi:

1. 802.11ac skal innføres. De første trådløse aksesspunktene bør settes i produksjonsnett i løpet av 2015. Dette på grunn av utbredelsen og at utstyr med spesifikasjoner fra Wave 2 da vil være på markedet.
2. Oppgrader infrastruktur frem til implementasjon av 802.11ac, slik at aksesspunktene har gigabit-tilgang og PoE+, samt at tilkoblet switch har støtte for Mobility Agent.
3. Bygg ut et bedre nett med 802.11n, og gjør dette enkelt for utvidelse til 802.11ac:
 - a. Begynne allerede i dag å gå over til 5 GHz-båndet.
 - b. Sett basestasjoner tettere og skru ned sendestyrken. Med dette får man et nett delt i mindre celler, som takler høyere kapasitet. I tillegg fås dekning på 5 GHz.
 - c. Slå av 2,4 GHz-båndet på et stort strategisk utvalg av aksesspunktene, slik at 2,4 GHz-båndet ikke blir ødelagt av tettheten.
 - d. Bruk aksesspunkt som kan oppgraderes til 802.11ac, for en rimeligere gradvis oppgradering.
4. Vurder om det skal være noen høyhastighetsområder; områder som er dekket av 802.11ac med 80 MHz kanalbredde. Dette har innvirkning på planlegging av plassering.

Dette er en plan som gir bedre ytelse allerede i dag, noe som absolutt lønner seg når tidslinjen til 802.11ac er slik som den er. Velger IT-tjenesten å hoppe over 802.11n helt slik som dagens nettverksdesign tilsier, vil allikevel 802.11n-klienter kunne kommunisere med 802.11ac-aksesspunkt ved implementasjon på grunn av bakoverkompatibilitet.

Kapittel 9

- Konklusjon og evaluering

DENNE DELEN AV RAPPORTEN INNEHOLDER KONKLUSJONEN PÅ GJENNOMFØRT PROSJEKT, OG KRITIKK AV OPPGAVEN. KAPITTELET BESTÅR BÅDE AV RESULTATET PÅ PROSJEKTARBEIDET I FORM AV EN KONKLUSJON, OG DEN SUBJEKTIVE OPPFATNINGEN AV BACHELORPROSJEKTET.

9.1. Konklusjon

Utgangspunktet for dette bachelorprosjektet var å finne ut om IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik vil være tjent med å implementere IEEE 802.11ac i deres trådløse nettverk. Tidligere bacheloravhandlinger og spørreundersøkelser har vist at dagens trådløse nettverk ikke er tilstrekkelig. Derfor formulerte IT-tjenesten en bacheloroppgave med problemstillingen å vurdere en ny løsning for å møte fremtidige behov og teknologier.

Rapportens hovedelementer er en teoretisk dokumentasjon i form av et litteraturstudium, en spørreundersøkelse med fokus på brukernes forventninger, grundig testing av nåværende og kommende standarder, møter med nettverksleverandører, samt en konkret anbefaling basert på dette.

Tidlig i reaserch-fasen ble det oppdaget at en av hovedfordelene ved å velge 802.11ac er at denne standarden jobber i 5 GHz-båndet. Dette gjør også 802.11n, som det egentlig ble valgt å se bort ifra. På grunn av denne oppdagelsen ble allikevel 802.11n inkludert som en stor del av oppgaven.

Utviklingen av 802.11ac er ikke revolusjonerende. De aspekter som utgjør standarden er i hovedsak videreføringer av teknologier som ble innført med 802.11n. Ytelsesforskjellen mellom disse oppnås i stor grad på grunn av bredere kanaler, høyere modulasjon, flere spatial streams og MU-MIMO.

Spørreundersøkelsen viste at brukerne ikke er fornøyd med det trådløse nettverket pr. i dag, og at forventningen til leveransen generelt er høy.

Ytelsestestene ble utført på 802.11g, 802.11n og 802.11ac. På grunn av mangelen på enterprise-utstyr med 802.11ac-støtte, ble alle tester utført med consumer-utstyr. Resultatene viser at 802.11g er en standard som er veldig uforutsigbar, og at den er veldig følsom for flerbrukermiljøer med høy belastning. 802.11n og 802.11ac ga gode resultater, hvor belastning ikke var et stort problem. Dermed kan flere brukere benytte seg av nettverket samtidig, med høy hastighet.

Aruba Networks og Cisco Systems var begge klare i sin anbefaling: Med dagens utbredelse av 802.11n, og med tanke på når 802.11ac kommer på markedet, vil det i dag være kostnadsmessig og funksjonelt lønnsomt å investere i et 802.11n-basert nettverk. Infrastruktur bør tilpasses, slik at overgangen til 802.11ac blir enkel å håndtere når denne senere skal implementeres.

IT-tjenesten bør innføre 802.11ac, men det er hensiktsmessig å vente til standarden har blitt lansert for fullt. Frem til da bør det trådløse nettet oppgraderes med 802.11n, samt at infrastrukturen må oppgraderes for å senere håndtere 802.11ac i best mulig grad. 802.11ac gir også god mulighet for å lage områder med ekstra høy kapasitet, noe som kan være fordelaktig, og bør vurderes.

9.2. Kritikk av oppgaven

Det første problemet vi støtte på var at 802.11ac, som oppgaven omhandlet, ikke var ratifisert enda, slik at det var utfordrende å få testet den nye standarden på enterprise-utstyr. Det var også vanskelig å få tak i nettverkskort til 802.11ac, da dette var såpass nytt. Derfor ble testdelen av prosjektet noe forsinket, og det varen periode med lite arbeidsmengde. Vi løste dette ved å flytte en del av arbeidet vi så for oss at skulle utføres sent i prosjektperioden, til før testdelen (se Gantt-skjemaene i Vedlegg 12 og 13,).

Da vi fikk informasjon om oppgaven og skrev problemstillingen hadde vi en forestilling om at IT-tjenestens valg enten var å fortsette med dagens trådløse nettverksløsning (802.11g) eller å implementere 802.11ac. Det viste seg tidlig i prosjektgjennomføringen at vurderingen ikke skulle bli så triviell. Da vi besøkte leverandørene Aruba Networks og Cisco Systems, uttalte begge firmaene at det ikke vil være særlig aktuelt å gå over til 802.11ac før i 2015. Før dette bør infrastrukturen rustes opp for den nye standarden, i tillegg til at det anbefales på det sterkeste å vente med implementeringen til etter at all teknologi kan tilbys (wave 2). Dette satt vår oppgave i en nytt perspektiv. Det ble plutselig aktuelt å ta en vurdering for om en ny standard (802.11n) kan implementeres i dagens nett, i tillegg til å samtidig gjøre klart for 802.11ac. Aruba og Cisco sa også at det er en mulighet å tilby begge disse standardene, da de er beregnet på like miljøer. Dette førte til at vi valgte å sette oss bedre inn i 802.11n, som vi egentlig hadde tenkt til å se bort i fra.

9.3. Videre arbeid

I denne rapporten har vi gitt uttrykk for hva IT-tjenesten bør gjøre med det trådløse nettet på Høgskolen i Gjøvik, både hvilke tiltak som bør iverksettes fortløpende, og når og hvordan 802.11ac bør implementeres. I denne rapporten er det beskrevet hva IT-tjenesten bør gjennomføre frem til ca. år 2016. Det vil allikevel være mange praktiske utfordringer når 802.11ac skal igangsettes. For eksempel testing av mest hensiktsmessig plassering av aksesspunkt, i hvilke områder det bør være høy hastighet med brede kanaler og liten rekkevidde, og i hvilke områder det bør fokuseres på kapasiteten på det trådløse nettverket, med bedre rekkevidde.

Det er tydelig at Høgskolen i Gjøvik ikke tilbyr et tilfredsstillende trådløst nettverk. Dette bør IT-tjenesten jobbe videre med, og kan være aktuelle problemstillinger for fremtidige bacheloroppgaver.

9.4. Evaluering av arbeid

Prosjektarbeidet var godt planlagt og organisert, noe som førte til at arbeidsmengden har vært jevn gjennom hele prosjektet. Samarbeidet har også fungert bra, mye på grunn av tidligere bekjentskap, og god kommunikasjon gjennom hele prosjektperioden. Utfordringer som oppsto ble tidlig og godt løst

gjennom samtale med gruppens medlemmer og derfor har arbeidet fungert effektivt og problemfritt.

Å gjennomføre spørreundersøkelser var en lærerik prosess. Da vi sendte ut undersøkelsen var det et spørsmål som lød som følger: «Er du student eller ansatt?», men på tross av valgalternativene ble det ikke gitt spesifikke spørsmål for ansatte. Derfor kan noen av besvarelsene gitt her være noe grunnlagsløst. Vi valgte allikevel å bruke alle besvarelsene, og antok at ansatte klarte å bytte ut ord som «studere» med «arbeide».

9.4.1. Organisering

Gruppen har i stor grad fulgt oppsatt tidsskjema, både når det gjelder planlagte sprinter og når det kommer til daglige planer. Dette har ført til en jevn arbeidsmengde uten unødvendig stress.

Rollen som prosjektleder ble det i liten grad bruk for, da en gruppe på to klarer å diskutere seg til enighet.

Det har også vært god kommunikasjon med veileder der vi til faste tider fikk grundige tilbakemeldinger på gjennomført arbeid. Veiledningen fungerte på en organisert og motiverende måte, noe som var et meget godt grunnlag for gjennomføringen av bachelorprosjektet.

Det var i startfasen vanskelig å opprettholde kommunikasjon med arbeidsgiver, i den form av at forespørsler ble besvart sent. Utenom det fikk vi meget gode tilbakemeldinger på henvisninger til arbeidsgiver rettet mot hva de så for seg av besvarelsen og metoder for gjennomføring av prosjektarbeidet. Mot slutten av prosjektet var oppfølgingen fra teknisk veileder over all forventning.

9.4.2. Fordeling av arbeidet

Arbeidsoppgavene ble fordelt slik at begge gruppens medlemmer fikk erfare alle aspekter av bachelorarbeidet; planleggingen, de praktiske testene, litteraturstudiet og rapportskrivningen.

I og med at gruppen kun har bestått av to medlemmer har det vært naturlig å dele på oppgavene. Det ville ikke vært mer effektivt å fordele arbeidsoppgavene annerledes, og dessuten var begge interessert i å sette seg inn alle aspekter ved bachelorprosjektet.

9.4.3. Prosjekt som arbeidsform

Det har tidligere i utdanningsløpet vært gjennomført og tilrettelagt for prosjekter i både 5- og 10-poengsemner. Da dette ble gjennomført var dette gode byggesteiner for utføringen av dette prosjektet. Derfor la vi vekt på viktige elementer for prosjektarbeid, eksempelvis planlegging, samarbeid, systemutviklingsmodell og sikkerhetskopiering. Allikevel har vi tilegnet oss mye

lærdom av det å gjennomføre et omfattende prosjekt av større betydning. Det mest interessante vi vil ta med oss videre er verdien av å samarbeide med eksterne organisasjoner.

9.4.4. *Subjektiv opplevelse av bacheloroppgaven*

Det er ingen tvil om at gjennomføringen av gjeldene bachelorprosjekt har vært lærerikt for begge parter. Det har lært oss mye om å gjøre grundig reserarch og å referere til kilder på en god og riktig måte. Den praktiske gjennomføringen med testing har også vært svært givende. Samarbeidet vi hadde med eksterne firmaer (Cisco Systems, Aruba Networks og Fagskolen Innlandet) har lært oss mye som vi tar med oss videre og ikke ville vært foruten.

Grunnen til at prosjektgjennomføringen gikk mer eller mindre problemfritt skyldes god planlegging, fastsatte rammer og roller, og struktur ved arbeidet. Ikke minst har vi opplevd viktigheten av god kommunikasjon mellom gruppens medlemmer, veileder og oppdragsgiver.

Etter å ha gjennomført dette bachelorprosjektet føler vi oss godt rustet til arbeidslivet.

Referanseliste

- [1] A Brief History of Mobile Communications, hentet 02.02.2013 fra http://www.winlab.rutgers.edu/~narayan/Course/Wireless_Revolution/vts%20article.pdf
- [2] Internet, 2013, hentet 03.02.2013 fra <http://en.wikipedia.org/wiki/Internet>
- [3] ALOHAnet, 2012, hentet 03.02.2013 fra <http://en.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet>
- [4] Technology Quarterly, A brief history of Wi-Fi, 2004, hentet 04.02.2013 fra <http://www.economist.com/node/2724397>
- [5] IEEE 802.11g-2003, 2013, hentet 02.02.2013 fra <http://en.wikipedia.org/wiki/802.11g>
- [6] IEEE at a glance, 2011, hentet 05.02.2013 fra http://www.ieee.org/about/today/at_a_glance.html#sect1
- [7] IEEE 802.11n-2009, 2013, hentet 07.02.2013 fra http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n-2009
- [8] IEEE, Local and metropolitan area network standards, 2012, hentet 08.02.2013 fra <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2012.pdf>
- [9] IEEE 802.11, hentet 07.02.2013 fra http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [10] Cisco, 802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi Technical White Paper, 2013, hentet 28.01.2013 fra http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps11983/white_paper_c11-713103.html
- [11] Aruba Networks, White paper, 802.11ac In Depth, 2012
- [12] IEEE 802.11a-1999, hentet 07.02.2013 fra http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a-1999
- [13] Adam Benjamin, The 802.11b standard, 2007, hentet 04.02.2013 fra <http://ecee.colorado.edu/~ecen4242/wlanb/index.htm>
- [14] Complementary code keying, 2007, hentet 10.02.2013 fra http://www.hill2dot0.com/wiki/index.php?title=Complementary_code_keying
- [15] IEEE 802.11b-1999, hentet 07.02.2013 fra http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11b-1999
- [16] Cisco: WLAN Radio Frequency Design Considerations, hentet 20.02.2013 fra http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/emob41dg/ch3_WLAN.html#wp999978
- [17] Bob Pearson, Complementary code keying made simple, 2000, hentet 29.01.2013 fra http://www.eetasia.com/ARTICLES/2001MAY/2001MAY25_NTEK_DSP_AN.PDF
- [18] Cisco ClientLink: Optimized Device Performance with 802.11n, hentet 20.02.2013 fra http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps10092/white_paper_c11-516389_ns767_Networking_Solutions_White_Paper.html
- [19] Dr. Jean Armstrong, OFDM – Orthogonal Frequency

- Division Multiplexing, hentet 12.02.2013
fra http://www.ctie.monash.edu.au/ofdm/sample_files/armstrong_ofdm.pdf
- [20] AirMagnet: Whitepaper 802.11n Primer 2008, hentet 20.02.2013 fra
<http://www.airmagnet.com/assets/whitepaper/WP-802.11nPrimer.pdf>
- [21] MIMO, 2012, hentet 03.02.2013 fra <http://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>
- [22] Noise and Interference Difference 2010, Cisco - WIFI, hentet 01.02.2013 fra
<http://www.mywi-fi.info/2010/05/noise-and-interference-difference.html>
- [23] Noise and Interference, Connexion, hentet 01.02.2013 fra
<http://cnx.org/content/m0515/latest/>
- [24] Electromagnetic waves - reflection, refraction, diffraction, Radio-Electronics, hentet 02.02.2013 fra
http://www.radio-electronics.com/info/propagation/em_waves/electromagnetic-reflection-refraction-diffraction.php
- [25] Iperf - the easy tutorial, 10.12.2010, hentet 02.03.2013 fra
<http://openmaniak.com/iperf.php>
- [26] Hva er TG, hentet 11.04.2013,
<http://www.gathering.org/tg13/no/information/what-is-tg/the-basics/>
- [27] Wireless, 30.03.2013, hentet 11.04.2013 fra
<http://technet.gathering.org/2013/03/30/wireless-part-2>
- [28] Cisco CleanAir, 10.2012, hentet 12.04.2013 fra
http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns340/ns394/ns348/ns1070/aag_c22-594304.pdf
- [29] Wireless throughput, 14.08.2003, hentet 16.04.2013 fra
http://www.oreilynet.com/wireless/2003/08/08/wireless_throughput.html
- [30] Trådløst lokalnettverk på HiG, 2011
- [31] Spørreundersøkelse om IT-tjenester, 2012
- [32] Dynamic Frequency Selection (DFS) and the 5GHz Unlicensed Band, Mark Briggs, hentet 30.04.2012 fra
http://www.nts.com/pdf/whitepapers/6_Dynamic%20Frequency%20Selection%20and%20the%205GHz%20Unlicensed%20Band.pdf

Vedlegg og vedleggsforklaringer

Vedlegg 1

Vedlegg 1 inneholder en liste over vanskelige ord og uttrykk, samt en kort forklaring på disse.

Vedlegg 2

Her kan du lese alle spørsmålene som ble stilt i spørreundersøkelsen. Spørreundersøkelsen ble sendt ut pr. e-post og alle studenter og ansatte kunne besvare denne.

Vedlegg 3

Dette vedlegget inneholder statistikk og kommentarer over alle de norske besvarelsene vi fikk på spørreundersøkelsen.

Vedlegg 4

Dette vedlegget inneholder statistikk og kommentarer over alle de engelske besvarelsene vi fikk på spørreundersøkelsen.

Vedlegg 5

Testresultatene blir presentert i dette vedlegget. Resultatene vises i form av grafer.

Vedlegg 6

Prosjektavtalen signert av både oppdragsgiver og gruppens medlemmer.

Vedlegg 7

Vedlegg 7 inneholder dagslogg fra prosjektets start til slutt. Her vil det stå hvor mange timer det er arbeidet pr. dag, inkludert hva det ble jobbet med.

Vedlegg 8

Statusrapport nr. 1 finnes i dette vedlegget.

Vedlegg 9

Statusrapport nr. 2 finnes i dette vedlegget.

Vedlegg 10

Statusrapport nr. 3 finnes i dette vedlegget.

Vedlegg 11

Her kan du lese alle møtereferatene fra avholdte møter med oppdragsgiver, veileder og med eksterne organisasjoner.

Vedlegg 12

I dette vedlegget finnes forprosjektrapporten som ble levert i startfasen av prosjektperioden.

Vedlegg 13

Her blir et Gantt-skjema med en oversikt over hvordan prosjektutføringen gikk representert. Denne sammenlignes med det som var planlagt i Kapittel 9.

Ordliste

Mbps:

Megabit per sekund. Angir hastighetsoverføring.

Gbps:

Gigabit per sekund. Angir Hastighetsoverføring.

MHz:

Megahertz. Angir frekvens.

GHz:

Gigahertz. Angir frekvens.

Frekvensbånd (bånd):

En større del av et frekvensområde.

Frekvenskanal (kanal):

Oppdelinger av et frekvensbånd. Angir et mindre område av frekvensene.

CSMA/CA:

Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance. Teknologi for å unngå at flere noder aksesserer et medium samtidig.

TCP/IP:

Transmission Control Protocol / Internet Protocol. En gruppe med kommunikasjonsprotokoller som benyttes for å koble sammen datamaskiner i nettverk, blant annet på Internett.

TCP:

Transmission Control Protocol. Lag 4 protokoll som sørger for en pålitelig tilkobling.

UDP:

User Datagram Protocol. Lag 4protokoll som gir høy ytelse, men har ingen garanti for leveranse i tilkoblingen.

Downlink:

Kommunikasjon/dataoverføring fra en basestasjon til en klient/node.

Uplink:

Kommunikasjon/dataoverføring fra en klient/node til en basestasjon.

RFC:

Request for comments. Teknisk papir som beskriver en standard.

Enterprise:

Bedriftsrelatert

Consumer:

Forbrukerrelatert

Throughput:

Gjennomstrømming: Den gjennomsnittlige frekvensen av vellykket levering av meldinger over én kommunikasjonskanal.

LAN:

Local Area Network

MAN:

Metropolitan Area Network, nettverk tilpasset en by eller lignende.

Amplitude:

Avstanden fra en bølges største utslag (topp/bunn) til likevektstilstanden (midten).

Spektrumanalyse:

Analyse av signalene i et gitt frekvensbånd. Hva, hvordan og hvor mye belastes det trådløse miljøet.

Roaming:

Sømløst bytte mellom ulike basestasjoner.

IPv4:

En nettverksnode bruker IP for å identifisere seg på nettverket. v4 betyr at dette er versjon 4 av IP.

IPv6:

En nettverksnode bruker IP for å identifisere seg på nettverket. v6 betyr at dette er versjon 6 av IP.

CPU:

En prosessor.

RF (RF-administrasjon):

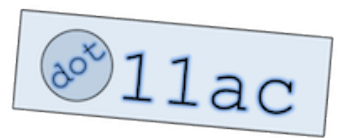
RF er radiofrekvenser, og RF-administrasjon betyr kontrollen av og implementasjonen av dette.

OSI-modellen:

En teoretisk modell for hvordan nettverkskommunikasjon fungerer. Modellen er bygd opp av sju lag, som hver definerer funksjoner og protokoller.

Crosstalk:

Forstyrrelse av signalet som følge av andre nærliggende signaler. De vil smitte over hverandre, og derfor skape støy.



Broadcast- og multicast-trafikk:

Sending av data til alle (broadcast) eller mange (multicast) noder i et nettverk.

Forventninger til trådløst nett

*1. Student eller ansatt?

- Student
- Ansatt

*2. Hvilke enheter bruker du på trådløst nett

	Laptop	Nettbrett	Mobiltelefon	Andre håndholdte enheter (MP3-spiller o.l.)	Annet	Ingen
hjemme?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
på skolen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*3. Rangér:

	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig
Tilgang til Internett er avgjørende for å få gjennomført studiene på skolen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Skolens trådløse nettverk må bli bedre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*4. Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen mtp dekning?

- Full dekning både inne og ute
- Full dekning inne
- Dekning i forelesningssaler, klasserom, grupperom og fellesområder (kantine, ganger o.l.)
- Dekning i forelesningssaler, klasserom og grupperom
- Dekning i forelesningssaler og klasserom
- Jeg forventer ikke trådløs dekning i det hele tatt

*5. Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen mtp hastighet?

- Det bør være fullt mulig å streame musikk og film
- Nettsider bør laste raskt
- Det viktigste er å komme inn på nettsider
- Har ingen forventninger
- Vet ikke

Forventninger til trådløst nett

***6. Føler du at nettverket på skolen har gått utover studiene, som følge av at du har mistet nettilgangen?**

- Ja, ofte
- Noen få ganger
- Egentlig ikke. Veldig sjeldent
- Nei

***7. Hvis du mister Internettilgang på din PC mens du er på skolen, hva gjør du?**

- Ingenting, jobber uten nett
- Drar hjem
- Prøver å finne en annen arbeidsplass
- Prøver å finne en arbeidsplass med mulighet for kabel
- Bruker en av skolens datamaskiner

***8. I hvilke områder mener du det er viktigst med god trådløs dekning?**

- Forelesningssaler og klasserom
- Grupperom
- Fellesarealer (kantine, ganger o.l.)

***9. I hvor stor del av skolehverdagen tror du at du bruker laptop/nettbrett?**

- 0-20 %
- 21-40 %
- 41-60 %
- 61-80 %
- 81-100 %

10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

Forventninger til trådløst nett



1. Student eller ansatt?

		Svarprosent	Svartelling
Student		80,6%	319
Ansatt		19,4%	77
besvart spørsmål			396
spørsmål som ble hoppet over			0







2. Hvilke enheter bruker du på trådløst nett

	Laptop	Nettbrett	Mobiltelefon	Andre håndholdte enheter (MP3-spiller o.l.)	Annet	Ingen	Vurderings
hjemme?	93,2% (369)	41,9% (166)	86,1% (341)	7,3% (29)	18,7% (74)	1,8% (7)	
på skolen?	90,7% (359)	21,0% (83)	77,8% (308)	1,3% (5)	2,0% (8)	3,8% (15)	
besvart spørsmål							
spørsmål som ble hoppet over							

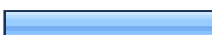




3. Rangér:

	Helt uenig	Litt uenig	Verken eller	Litt enig	Helt enig	Vurderingstelling
Tilgang til Internett er avgjørende for å få gjennomført studiene på skolen	5,2% (20)	2,1% (8)	3,9% (15)	11,6% (45)	77,3% (299)	387
Skolens trådløse nettverk må bli bedre	4,1% (16)	3,9% (15)	14,2% (55)	30,2% (117)	47,5% (184)	387
besvart spørsmål						387
spørsmål som ble hoppet over						9

4. Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen mtp dekning?

		Svarprosent	Svartelling
Full dekning både inne og ute		28,1%	108
Full dekning inne		48,2%	185
Dekning i forelesningssaler, klasserom, grupperom og fellesområder (kantine, ganger o.l.)		20,8%	80
Dekning i forelesningssaler, klasserom og grupperom		2,1%	8
Dekning i forelesningssaler og klasserom		0,3%	1
Jeg forventer ikke trådløs dekning i det hele tatt		0,5%	2
		besvart spørsmål	384
		spørsmål som ble hoppet over	12

5. Hva forventer du av det trådløse nettet på skolen mtp hastighet?

		Svarprosent	Svartelling
Det bør være fullt mulig å streame musikk og film		35,4%	136
Nettsider bør laste raskt		56,0%	215
Det viktigste er å komme inn på nettsider		7,6%	29
Har ingen forventninger		0,5%	2
Vet ikke		0,5%	2
		besvart spørsmål	384
		spørsmål som ble hoppet over	12




6. Føler du at nettverket på skolen har gått utover studiene, som følge av at du har mistet nettilgangen?

		Svarprosent	Svartelling
Ja, ofte		13,9%	53
Noen få ganger		43,6%	166
Egentlig ikke. Veldig sjeldent		27,0%	103
Nei		15,5%	59
besvart spørsmål			381
spørsmål som ble hoppet over			15






7. Hvis du mister Internettilgang på din PC mens du er på skolen, hva gjør du?

		Svarprosent	Svartelling
Ingenting, jobber uten nett		20,7%	79
Drar hjem		21,3%	81
Prøver å finne en annen arbeidsplass		26,2%	100
Prøver å finne en arbeidsplass med mulighet for kabel		20,7%	79
Bruker en av skolens datamaskiner		11,0%	42
besvart spørsmål			381
spørsmål som ble hoppet over			15

8. I hvilke områder mener du det er viktigst med god trådløs dekning?

		Svarprosent	Svartelling
Forelesningssaler og klasserom		38,5%	146
Grupperom		46,4%	176
Fellesarealer (kantine, ganger o.l.)		15,0%	57
		besvart spørsmål	379
		spørsmål som ble hoppet over	17

9. I hvor stor del av skolehverdagen tror du at du bruker laptop/nettbrett?

		Svarprosent	Svartelling
0-20 %		9,8%	37
21-40 %		12,7%	48
41-60 %		21,9%	83
61-80 %		28,5%	108
81-100 %		27,2%	103
		besvart spørsmål	379
		spørsmål som ble hoppet over	17

10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

	Svartelling
	95
besvart spørsmål	95
spørsmål som ble hoppet over	301

Side 6, S10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

1	Det største problemet er dekningen og kapasiteten på aksess-punktene. I G-bygget er det nesten umulig å få tak i det trådløse nettet. Sitter man i forelesning i f.eks K105 og alle elvene bruker nettet så blir aksess-punktet nesten overbelastet og dette går veldig utover hastigheten	Feb 11, 2013 5:10 AM
2	Er det mobile nettet som er kake på kallerud da! Lenge leve pølser i lompe med majones på! PepperKake er digg!	Feb 11, 2013 2:08 AM
3	Forventer GOD trådløs dekning der det ikke er mulighet for tilkobling med kabel (kantine, en del grupperom, etc.). Nettet bør og ha en slik kapasitet at det ikke blir ekstremt tregt fra 12 til 13 nesten hver dag (lunch).	Feb 10, 2013 11:09 AM
4	Kabel-net muligheter må beholdes uansett om trådløsnettet gjøres brukbar på skolen.	Feb 8, 2013 3:24 PM
5	Tja, kan dom itte stjæle litt SOPP nett da.	Feb 8, 2013 1:21 PM
6	Skolen trenger raskere nett	Feb 8, 2013 12:03 PM
7	skjer ofte at jeg må koble meg til nettet 4-5 ganger før det faktisk begynner å fungere. og lykke til med bach. ;)	Feb 8, 2013 11:45 AM
8	Meget stabilt nett - det er sjeldent nede! Bør bli bedre på enkelte plasser (lesesal i A-bygget blant annet).	Feb 8, 2013 10:48 AM
9	Nettet på skolen er bra, men det på Sørbyen Studenthjem, som er basicly samme HiG-nettet suger rass for tiden, for å si det forsiktig :)	Feb 8, 2013 8:10 AM
10	Jeg krysset av for at det er viktigst med trådløst nettverk i gruppeform på den forrige siden. men jeg vil legge til at dette også er viktig i klasserommene. Det er veldig frustrerende når vi er avhengig av internett for å kunne løse oppgaver i øvningstimene, og vi sliter med å komme på nett, eller detter ut hele tiden. Jeg har ofte opplevd dette i klasserom A126 og A128.	Feb 8, 2013 6:02 AM
11	Dekning og/eller stabilitet må bli bedre i inngangspartiet til a-bygget.	Feb 8, 2013 5:39 AM
12	For ansatte blir det en skjevhet i undersøkelsen fordi vi har dockingstasjon og arbeider mest fra den	Feb 8, 2013 1:18 AM
13	Plagsomt at når man først er inne på internett, og setter pc i dvale i ti sec. Så må man logge inn på nytt.	Feb 8, 2013 12:59 AM
14	Nettet er i og for seg veldig bra som det er nå, men Eduroam burde bli mere stabilt. Har flere ganger opplevd at nettet der bare kobler seg ut uten muligheter for å koble seg til igjen på inntil 10 minutter. Når man da f.eks sitter å jobber mot sitt share så er det veldig kjipt å miste nettet. Har i større grad gått over til å jobbe lokalt på dataen for deretter å kopiere over på sharet mitt, men det hadde vært mest praktisk å ha stabilt nok nett til å jobbe direkte mot sharet..	Feb 7, 2013 12:04 PM
15	MAnglende alternativ spm 8: Tar kontakt med IKT	Feb 7, 2013 6:15 AM
16	A-bygget treng full dekning.	Feb 7, 2013 2:18 AM
17	Se på mulighet for / ordne slik at det man ikke må logge seg på nettet hver gang man skruer på pcen. Altså med passord og studentnummer. ev, legge ut hvordan man ordner dette så man slipper..	Feb 6, 2013 2:34 PM

Side 6, S10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

18	Syns nettet på skolen er knall, vesentlig bedre enn hva jeg har vært borti før. Og hvis de får til det de har tenkt til høsten, å bygge til 10 GB linje, fett. Men jeg ser skjønner at vi egentlig ikke trenger så mye men ja.	Feb 6, 2013 1:18 PM
19	Har til tider ikke tilgang på trådløst nettverk i A bygget og på hybelen på kallerud studenthjem.	Feb 6, 2013 12:53 PM
20	Gummislåen her	Feb 6, 2013 7:54 AM
21	I tillegg til grupperom er det viktig med tilgang på lesesaler og andre steder der vi kan sitte sammen eller alene å studere	Feb 6, 2013 5:37 AM
22	Hehe, dere må lære dere de ulike typer skala, semantisk, likert etc. Litt uenig, hverken eller, litt enig kan være misvisende. Ellers ganske fin undersøkelse. Kanskje det er viktig å kvantifisere dataene bedre, slik at man får tall på det. "Hvor mange ganger i løpet av ukens 5 dager opplever du problemer med nettverket?". "Hvor mange % av gangene opplever du at nettverkkoblingen feiler?"	Feb 6, 2013 5:26 AM
23	Et par av spørsmålene var slik utformet at ingen av alternativene passet for meg som kun bruker stasjonær pc på Hig	Feb 6, 2013 4:24 AM
24	Det burde være stabilt nett, som ikke er ekstremt tregt i alle ganger og steder studenter kan sitte å arbeide. Utenfor klasserommene A110 osv. er det til tider helt forferdelig.	Feb 6, 2013 4:15 AM
25	som ansatt fikk jeg spørsmål som ikke var relevante. Når jeg krysset av for at jeg var ansatt borde ikke de spørsmål ha kommet opp. Slik det ble nå ble det "usanne" svar. Det burde også vært mulig å krysse av for fler alternativ.	Feb 6, 2013 3:44 AM
26	Nette bør bli bedre, både mtp dekning og hastighet. Usansynlig tregt med innloggings-systemet, da man ofte bruker opp mot 5-10 minutter før man er på nett!	Feb 6, 2013 3:35 AM
27	trenger bedre dekning i noen klasserom	Feb 6, 2013 2:58 AM
28	Det er flere av spørsmålene man burde kunne svare flere alternativer på - eks, hva gjør man når nettet blir borte - for min del er det en kombinasjon av å jobbe uten nett, samt bruke skolens pc, samt å dra et annet sted. Undersøkelsen viser ikke forskjell på "alminnelig" forelesningsdag og lesedag på skolen. For min del er det betydelig forskjelli behovet for nett tilgang. Lykke til med BO	Feb 6, 2013 2:16 AM
29	Hva er mtp?	Feb 6, 2013 1:50 AM
30	Savnet alternativet "Stasjonær PC"	Feb 6, 2013 1:47 AM
31	Like viktig med tilgang til strøm i klasserom og grupperom.	Feb 6, 2013 1:12 AM
32	Siden denne undersøkelsen henvender seg både til ansatte og studenter, burde spørsmålene vært stilt annerledes. Siden spørsmålene for det meste var rettet mot studiesituasjonen (for studenter) blir korrelerer ikke svarene med den faktiske situasjonen, for spørsmålene blir ikke relevante for ansatte.	Feb 6, 2013 1:10 AM
33	Ble litt vankselig å foholde seg til spørsmålene slik de er utformet for meg som ansatt og ikke student.	Feb 6, 2013 1:00 AM

Vedlegg 3

Side 6, S10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

34	Det er dårlig dekning i toalettene i A-bygget, så får ikke spilt Quiz Battle der nede. Veldig viktig for å kunne bedre ens trivielle kunnskaper i forskjellige fagområder.	Feb 6, 2013 12:57 AM
35	Ikke lett å svare på studentspørsmål for en som er ansatt.	Feb 6, 2013 12:54 AM
36	Trenger bedre dekning i toalettene i A-bygget. Fins ikke dekning der nede og går ikke an å lese nettaviser da.	Feb 6, 2013 12:53 AM
37	Lykke till! :)	Feb 6, 2013 12:40 AM
38	Hvis dere åpner med et spørsmål og svaralternativ at ingen trådløs nettverk blir brukt på skolen må dere følger opp i de videre spørsmål. Deres spørsmål foresetter bruk av trådløst app. og alle svaralternativer bygger på det. Her er det lavt validitet/reabilitet.	Feb 6, 2013 12:36 AM
39	Det er alt for dårlige dekning til den trådløse internettilkoblingen på store deler av skoleområdet. I tillegg er hastigheten elendig på de områdene man faktisk har god dekning! I tillegg er hastigheten og dekningen elendig på sentrum studenthjemmet.	Feb 6, 2013 12:32 AM
40	Ofte tregt nett på studenthjem. Null kontroll på folk som setter opp sine egne rutere, SOPP og It tjenesten har ikke gjort noe som helst for å forhindre dette. (Spesielt sentrum studenthjem) Ellers dårlig dekning i en del klasserom ytters mot Mjøsa i K bygget. Også elendig i kjelleren i K bygget. Dårlig i kantina..	Feb 6, 2013 12:31 AM
41	Spørsmålene er mindre relevante for oss ansatte; dere bør inkludere svaralternativer som gjelder oss	Feb 6, 2013 12:31 AM
42	Jeg synes det er viktig at hastigheten på det trådløse nettet er såpass bra at jeg har mulighet til å se på faglige videoer /forelesninger på nettet. (dette er ikke bra nok i A-bygget)	Feb 6, 2013 12:29 AM
43	trådløs dekning er like viktig i forelesningssaler, grupperom og fellesarealer. Det er forskjellig fra dag til dag hvor man jobber, så vanskelig å velge kun en av de.	Feb 6, 2013 12:18 AM
44	Dekning er allerede et problem i dag.	Feb 5, 2013 11:57 PM
45	Når det gjelder spørsmål 8 skulle jeg gjerne svart at alt er like viktig.	Feb 5, 2013 11:38 PM
46	Noen av svarene misvisende, da de retter seg mot studentens hverdag (jeg er ansatt).	Feb 5, 2013 11:33 PM
47	nettet i a bygget bør definitivt bli bedre	Feb 5, 2013 11:32 PM
48	Opplever ofte at tregt nett hindrer undervisning.	Feb 5, 2013 11:25 PM
49	Det burde være greie signaler der det er opplagt at man kan sitte å jobbe, som for eksempel kjelleren ikke har.	Feb 5, 2013 11:17 PM
50	Siden jeg er ansatt - og ikke student - kan det virke som å mange av spørsmålene ikke gjelder meg. Jeg har valgt å tolke "studier" og "skolegang" som "arbeid" ...	Feb 5, 2013 10:57 PM
51	Denne undersøkelsen er kun relevant for studenter.	Feb 5, 2013 9:34 PM

Side 6, S10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

52	Ofte ustabil netts på linux	Feb 5, 2013 5:41 PM
53	Jeg forventer at trådløs skal fungere i fellesarealer og lese-rom osv. Jeg har aldri opplevd at det er behov for Internet under en forelesning. Det skal nevnes at det er fint med Internet i forelesningsaler før og etter forelesninger pluss når man ikke vil høre på hva foreleser sier. Det skal også poengteres at jeg ser liten vits i å ha uttak for kabel annet enn noen spesifikke steder da jeg tenker det er relativt få mennesker som går rundt med en TP i ryggsekken når dette trengs. I tillegg så er kostnaden for studenten å kjøpe en på skolen sin bok-butikk når det trådløse nettverket går ned lite aktuelt.	Feb 5, 2013 1:40 PM
54	Jeg er ansatt, så der spørsmålene har dreid seg om "mine studier" har jeg tolket det som "mitt arbeid". :) Jeg har erfaring med en del høyskoler og universiteter i Norge og utlandet, og tror knapt jeg har opplevd så dårlige trådløs-forhold som på HiG. Det må forbedres snarest!	Feb 5, 2013 1:30 PM
55	Informasjonsuthenting og kommunikasjon er veldig viktig. Dette krever raskt og stabilt internett.	Feb 5, 2013 1:20 PM
56	tilgang/tilkobling til skriver er delvis irriterende, når jeg jobber med oppgaver jeg trenger å skrive ut blir det veldig irriterende når du ikke får det til.	Feb 5, 2013 1:12 PM
57	Nettet som tilhører skolen tilhører også studenthjemmene og trådløst nett der trenger virkelig oppgradering	Feb 5, 2013 1:09 PM
58	Få trådløst nett på dass	Feb 5, 2013 1:08 PM
59	Stort sett virker det som man blir kastet av kontrollerne. Dette vises ved at 802.1x autentiseringen markeres som "feilet". Dekningen ser tilsynelatende OK ut. Mulig det er fordi AP-ene har nådd maks for antall tilkoblinger og kaster av de som har dårligst dekning?	Feb 5, 2013 1:03 PM
60	De viktigste stedene der internett må være tilgjengelig er der en sitter å jobber med oppgaver og annet skolearbeid, dvs øvingstimerom, grupperom og øvrig areal der skolearbeid utføres. I forelesningssalene er det ingen grunn til å ha internett siden dette bare er forstyrrende. Det viktigste ellers er en stabil og ganske rask linje.	Feb 5, 2013 1:00 PM
61	Litt vanskelig å svare på spørsmål ment for student, men svarte ut fra at dere sidestiller studiesituasjon med arbeidssituasjon/arbeidsoppgaver for ansatte.	Feb 5, 2013 12:56 PM
62	Det meste er bra, men det er så mange steder, spesielt i A-bygget, hvor trådløst signal er helt forferdelig (A126 A128).	Feb 5, 2013 12:56 PM
63	Føler at nettet har vært så dårlig helt siden jeg begynte (som er tre år siden), og synes virkelig at internett på en høyskole burde være helt på plass!	Feb 5, 2013 12:49 PM
64	Det er morsomt å gjennomføre spørreundersøkelser og dere vil lære mye av det i deres arbeide. Dere kunne imidlertid ha jobbet mye mer med spørsmålene før dere sendte den ut. Rent metodisk er spesielt spml. 3 for dårlig. Dere kunne også ha jobbet mer med struktur og oppbygging. Tror også at spørreundersøkelsen i stor grad er rettet mot studeneter og studentenes interesser. Dere kunne ha jobbet mere med å designe en "unbiased" survey. Dere vil også antageligvis se at det vil bli krevende å analysere resultatene deres godt. Der er bruk av Likert-scale et fornuftig motgrep. Se ikke på denne kommentaren som kritikk, men som et vennlig innspill til hvordan man kan gjøre det bedre neste gang. Lykke til.	Feb 5, 2013 12:43 PM

Side 6, S10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

65	Særlig grupperom som ligger litt langt unna har en tendens til å ikke motta signaler.	Feb 5, 2013 12:38 PM
66	Som ansatt er det en vesentlig romkategori som ikke er med: kontorer! Jeg har kun ett punkt for kablet nett på kontoret, og med dårlig/fraværende trådløs, er det ofte problematisk for gjester. Tidligere hadde jeg en hub, men den er inndratt under løfte om at trådløsdekningen skulle bli bedre, noe som ikke har skjedd.	Feb 5, 2013 12:26 PM
67	Jeg er ny og har ikke hatt problemer med Internett siden jeg startet. Jeg mener det er helt nødvendig med godt, raskt og stabilt Internett tilgjengelig på hele høgskolen.	Feb 5, 2013 12:23 PM
68	Lykke til :-)	Feb 5, 2013 12:19 PM
69	Spørsmålene passet best for studenter.	Feb 5, 2013 12:10 PM
70	Den trådløse nettilgangen i forelesningssalene blir bare brukt til facebook, youtube og andre FORSTYRRENDE sider!!!	Feb 5, 2013 11:40 AM
71	Punkt 7. Kobler meg evt. opp med mobilt nett	Feb 5, 2013 11:36 AM
72	Spørsmålene og alternativene passet ikke for ansatte, så bruk svar fra studentene i det videre arbeidet med oppgaven.	Feb 5, 2013 11:31 AM
73	Fin undersøkelse, håper de endrer noe på det når oppgaven deres er levert. Vil legge til en liten "sidenote" om at hvis dere går inn på datalabbene iblant kan man gjevnlig finne mange som sitter å gamer. I tillegg er det en hel haug med elever som streamer og laster ned filmer (på 5mb/s), så sier seg selv at dette tar latterlig mye av nettet. Grunnen til at nettet DETTER ut og blir borte i opptill flere timer vet jeg ikke grunnen til, men sikkert pga elendig dekning og sløv IT avdeling.	Feb 5, 2013 11:28 AM
74	Internett på skolen er elendig, har ikke ord - får aldri jobbet på skolen med studiet mitt på skolens område. Nokså nødvendig å ha en god internettforbindelse i webutviklingstudiet.	Feb 5, 2013 11:24 AM
75	Spørsmålene passet ikke helt for meg som er lærer	Feb 5, 2013 11:07 AM
76	Bedre dekning på røntgenlaben	Feb 5, 2013 11:04 AM
77	Kapasiteten på nettet er dårlig, i alle fall når man ønsker å jobbe effektivt på dagtid på skolen. A-bygget er et sted man alltid detter ut i løpet av en dag på skolen. Andre områder er mindre følsomme for dette	Feb 5, 2013 10:58 AM
78	Forelesningssaler, grupperom og klasserom er de viktigste områdene man burde ha trådløs dekning.. Der studenter bruker å jobbe!	Feb 5, 2013 10:57 AM
79	Jeg er ansatt ved HiG så mange spørsmål var ikke relevante for meg.	Feb 5, 2013 10:47 AM
80	Yeeeeeeeah buddy!	Feb 5, 2013 10:43 AM
81	Bare få gjort noe med signalene i A bygget, men det skal bygges om, så når det er ferdig blir det nokk bra!	Feb 5, 2013 10:40 AM
82	Be IT-tjenesten om å skaffe flere ipadresser, man kan ikke ha bare 500 ipadresser på 3000-4000 studenter pluss ansatte.	Feb 5, 2013 10:34 AM

Side 6, S10. Takk for at du gjennomførte undersøkelsen. Har du noen øvrige kommentarer, skriv de gjerne i kommentarfeltet under.

83	Påloggingssystemet til skolens nettverk må bli bedre! Både det å logge seg på med mobil eller PC er strevsomt og tidskrevende.. Burde hatt mulighet til å "huske" nettverket (automatisk tilkobling) på PC og mobil..	Feb 5, 2013 10:26 AM
84	Spørreundersøkelsen hadde vært mye bedre om man kunne huke av flere valg, er ikke enig i alle valg alternativene deres og noen ganger ville jeg svart på alle punktene.	Feb 5, 2013 10:26 AM
85	U can't touch this.	Feb 5, 2013 10:23 AM
86	Er flex-student, men de få gangene man er inne på campus så er nettverk svært viktig	Feb 5, 2013 10:19 AM
87	Bedre dekning i klasser og underetasje.	Feb 5, 2013 10:12 AM
88	Uansett hastighet, er det viktigste at det er stabil nettilgang.	Feb 5, 2013 10:06 AM
89	Ha en fantastisk dag videre.	Feb 5, 2013 10:04 AM
90	Innlogging på skolens nettverk bør bli bedre. Slik det er i dag er det håpløst å følge med på fronter og foiler over nettet i undervisningen fordi vi stadig må ligge inn på nytt, noe som fører til at fokuset på informasjonen fra foreleser blir betraktelig dårligere!	Feb 5, 2013 10:04 AM
91	Mister også noen ganger nettet på sopp hybelene HELT uten forvarsel, utenfor kontaktida til sopp og it-tjenesten, og det er ALT for dårlig.	Feb 5, 2013 10:02 AM
92	Det trådløse nettet har blitt dårligere de siste årene. Ihvertfall dekningen. Å faller ut veldig ofte.	Feb 5, 2013 10:00 AM
93	Skolen har generelt god dekning og hastighet, men mangler bedre dekning på enkelte steder innendørs, spesielt A-bygget	Feb 5, 2013 10:00 AM
94	Jeg er ansatt. For meg er det viktig med god tilgang på kontorer, arbeidsrom, møterom i tillegg til undervisningsrom og grupperom	Feb 5, 2013 9:59 AM
95	Lite mulighet for detaljerte svar og noen alternativer burde ikke utelukke andre.	Feb 5, 2013 9:56 AM

Expectations for wireless networks



1. Student or employee?

		Svarprosent	Svartelling
Student		63,2%	12
Employee		36,8%	7
besvart spørsmål			19
spørsmål som ble hoppet over			0





2. Which devices do you use on the wireless network

	Laptop	Tablet	Mobile phone	Other hand-held devices (MP3 players or simular devices)	Other	Nothing	Vurderingstelling
at home?	89,5% (17)	57,9% (11)	84,2% (16)	5,3% (1)	5,3% (1)	0,0% (0)	19
at the school?	78,9% (15)	47,4% (9)	73,7% (14)	0,0% (0)	10,5% (2)	5,3% (1)	19
besvart spørsmål							19
spørsmål som ble hoppet over							0




3. Rate:

	Disagree	Slightly disagree	Neither	Agree a little	Totally agree	Vurderingstelling
Access to the Internet is essential to carry out studies in school	5,6% (1)	0,0% (0)	0,0% (0)	16,7% (3)	77,8% (14)	18
The school's wireless network must be improved	5,6% (1)	0,0% (0)	0,0% (0)	27,8% (5)	66,7% (12)	18
besvart spørsmål						18
spørsmål som ble hoppet over						1




4. What do you expect from the wireless network at the school in terms of coverage?

		Svarprosent	Svartelling
Full coverage both indoors and outdoors		83,3%	15
Full coverage inside		5,6%	1
Coverage in lecture halls, classrooms, group rooms and common areas (cafeteria, hallways, etc.)		5,6%	1
Coverage in lecture halls, classrooms and group rooms		5,6%	1
Coverage in lecture halls and classrooms		0,0%	0
I do not expect wireless coverage at all		0,0%	0
besvart spørsmål			18
spørsmål som ble hoppet over			1




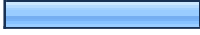

5. What do you expect from the wireless network at the school in terms of speed?

		Svarprosent	Svartelling
It should be possible to stream music and movies		38,9%	7
Web pages should load quickly		50,0%	9
The most important thing is that websites work at all		11,1%	2
I have no expectations		0,0%	0
Do not know		0,0%	0
besvart spørsmål			18
spørsmål som ble hoppet over			1




6. Have you had problems with the wireless network at the school to the extent that it has been problematic in terms of your studies?

		Svarprosent	Svartelling
Yes, often		33,3%	6
A few times		44,4%	8
Very rarely		22,2%	4
No		0,0%	0
besvart spørsmål			18
spørsmål som ble hoppet over			1





7. If you lose the Internet connection on your PC while you are at the school, what do you do?

		Svarprosent	Svartelling
Nothing works without Internet connection		16,7%	3
Go home		5,6%	1
Try to find another place to study		22,2%	4
Try to find a workplace with opportunity for cable access		33,3%	6
Use one of the school's computers		22,2%	4
besvart spørsmål			18
spørsmål som ble hoppet over			1

8. In which areas do you think it is most important for good wireless coverage?

		Svarprosent	Svartelling
Lecture halls and classrooms		61,1%	11
Group rooms		16,7%	3
The common areas (cafeteria, hallways and similar)		22,2%	4
besvart spørsmål			18
spørsmål som ble hoppet over			1

9. How much of the school day do you use laptop / tablet?

		Svarprosent	Svartelling
0-20 %		0,0%	0
21-40 %		11,1%	2
41-60 %		27,8%	5
61-80 %		11,1%	2
81-100 %		50,0%	9
besvart spørsmål			18
spørsmål som ble hoppet over			1

10. Thank you for participated in the survey. Do you have any other comments, please write the it in the comment field below.

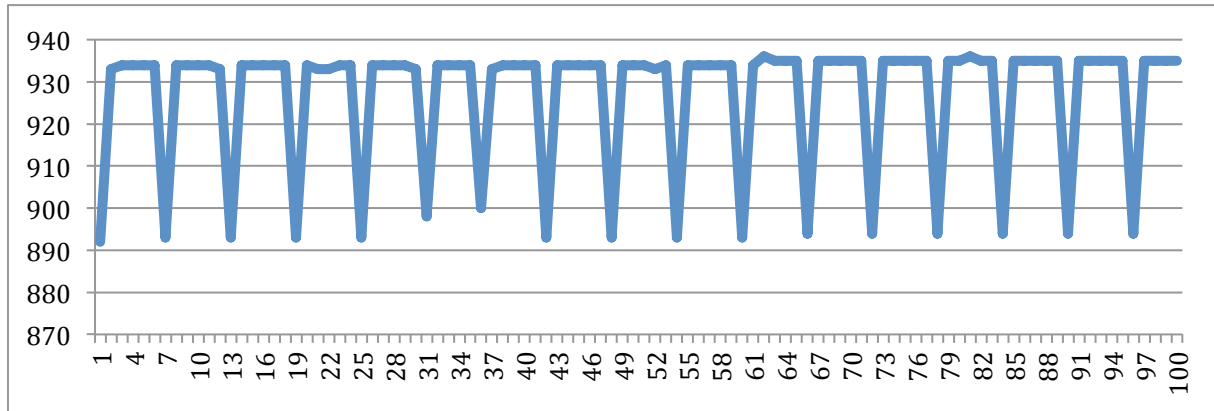
	Svartelling
	3
besvart spørsmål	3
spørsmål som ble hoppet over	16

Side 6, S10. Thank you for participated in the survey. Do you have any other comments, please write the it in the comment field below.

1	the wireless network at HIG is better than at most colleges.	Feb 5, 2013 11:13 AM
2	There should be no internet connection in the classrooms. This way the students can concentrate on the lectures rather than browsing something unrelated. Should they need internet connection for their work, they should be left free to continue their work outside the lecture hall rather than disturbing others attending the lectures with their typewriting.	Feb 5, 2013 10:16 AM
3	1. Maybe it is not that the current wireless network is totally useless in some areas of the campus, but are just the expectations of the users too high! (see http://www.digi.no/907222/slik-gjor-it-avdelingen-seg-relevant) 2. First question is "employee or student", but all remaining questions are focused only on students. For example in question 4 (the wireless network in the offices is not mentioned), question 6 ("...in terms of your study"), question 7 (we cannot go home if wireless does not work, we need to do a job), question 9 ("...school day...").	Feb 5, 2013 10:07 AM

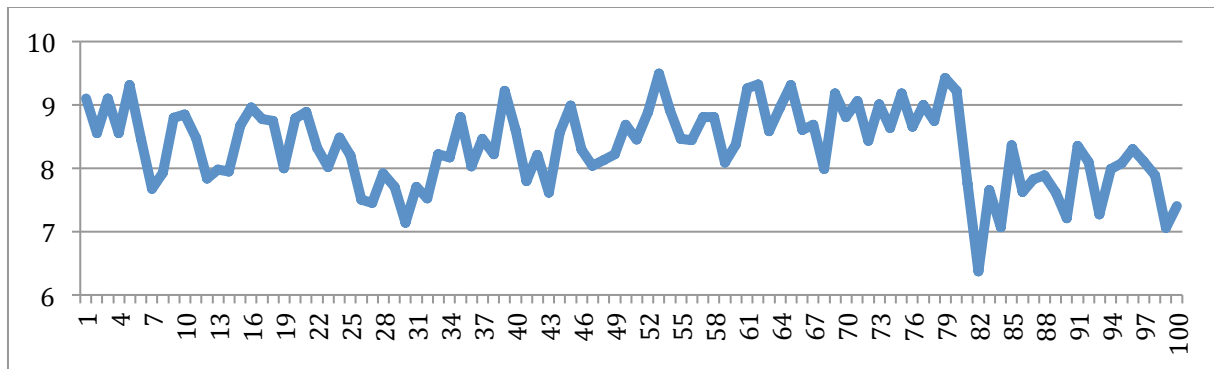
Testresultater

Kabel

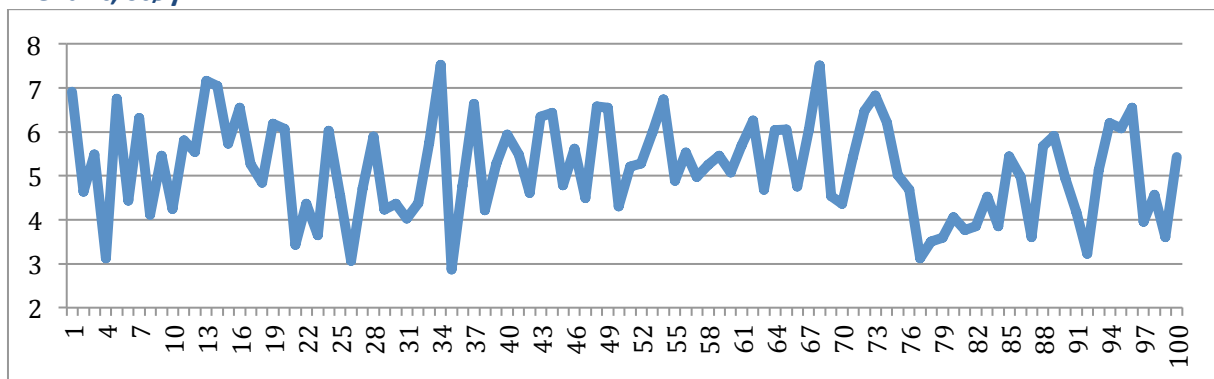


802.11g

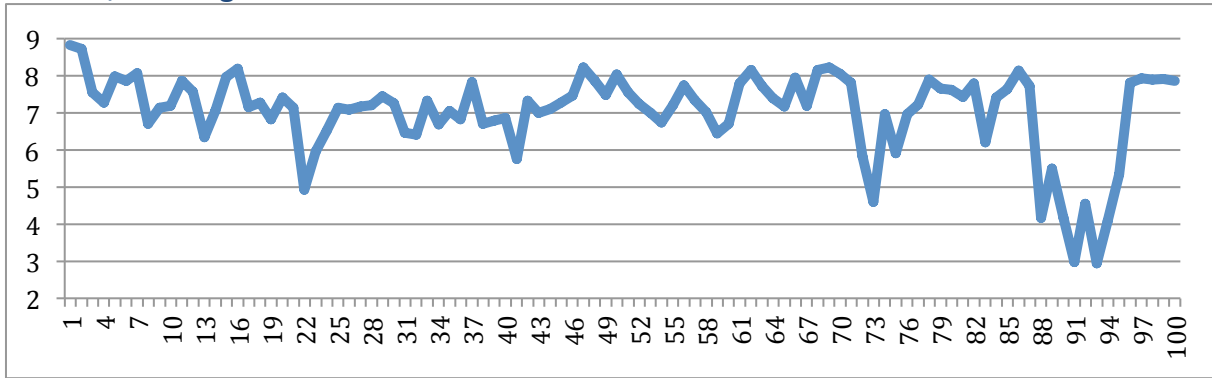
Trekant



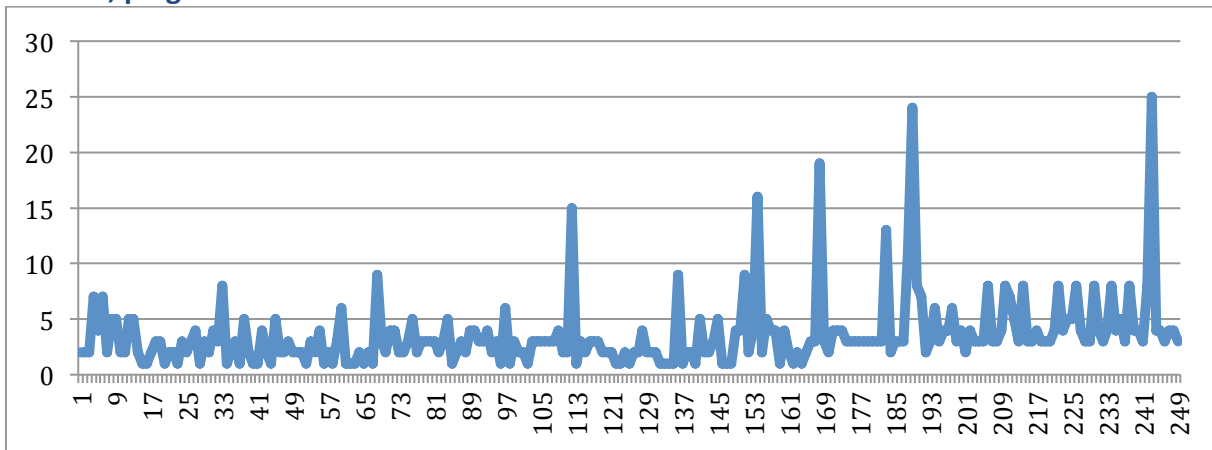
Trekant, støy



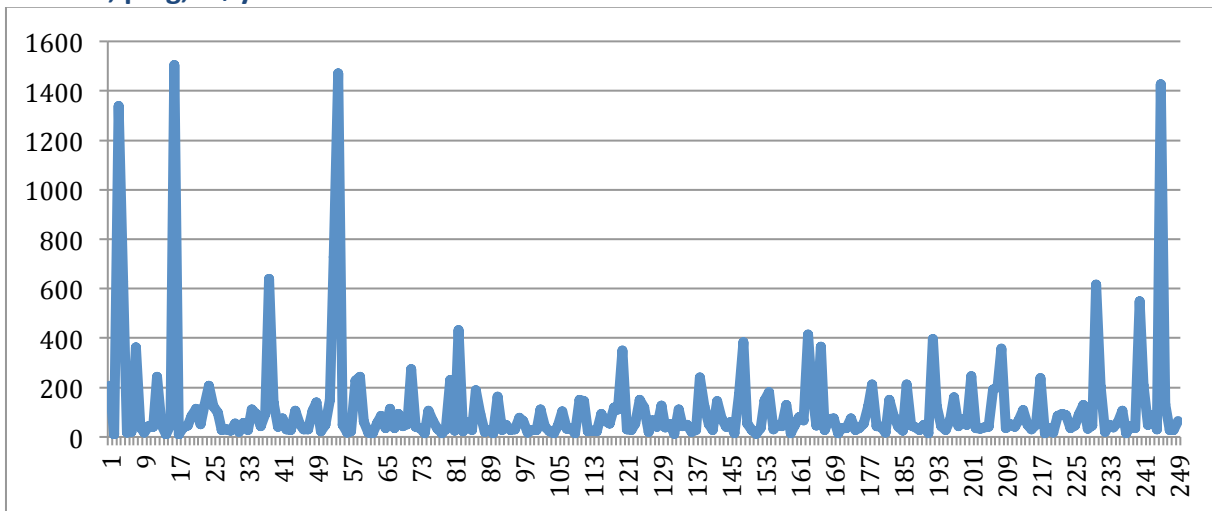
Trekant, hindring



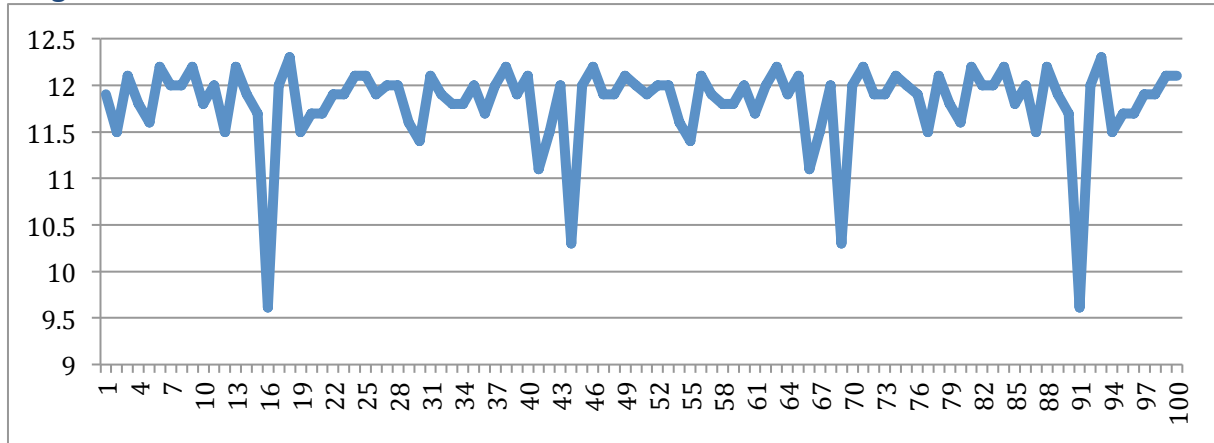
Trekant, ping



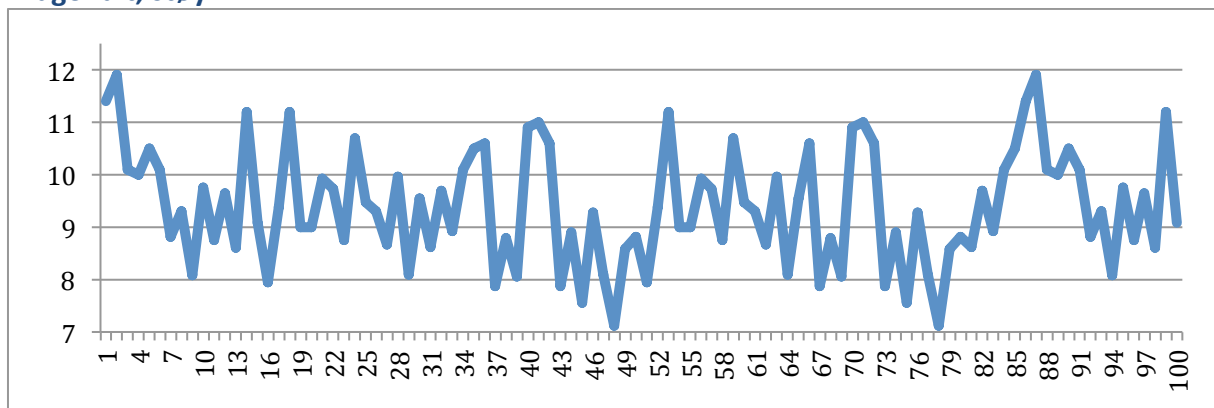
Trekant, ping, støy



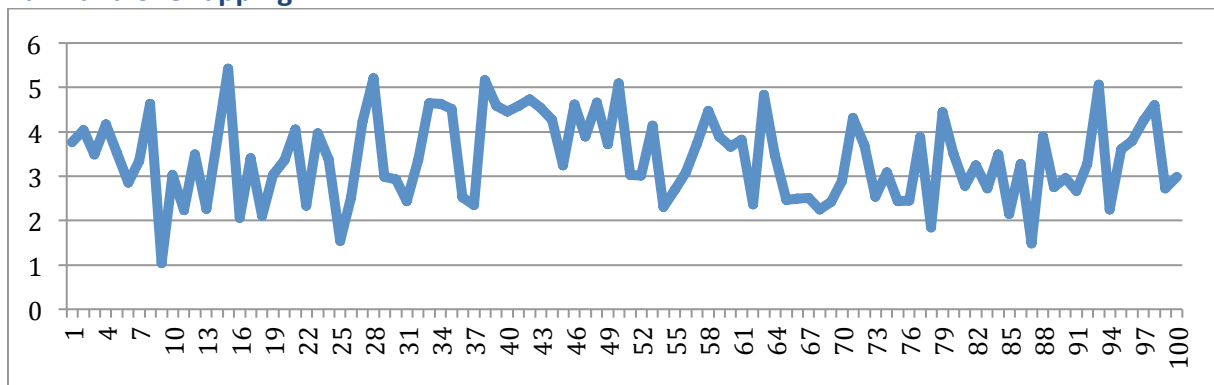
Diagonalt



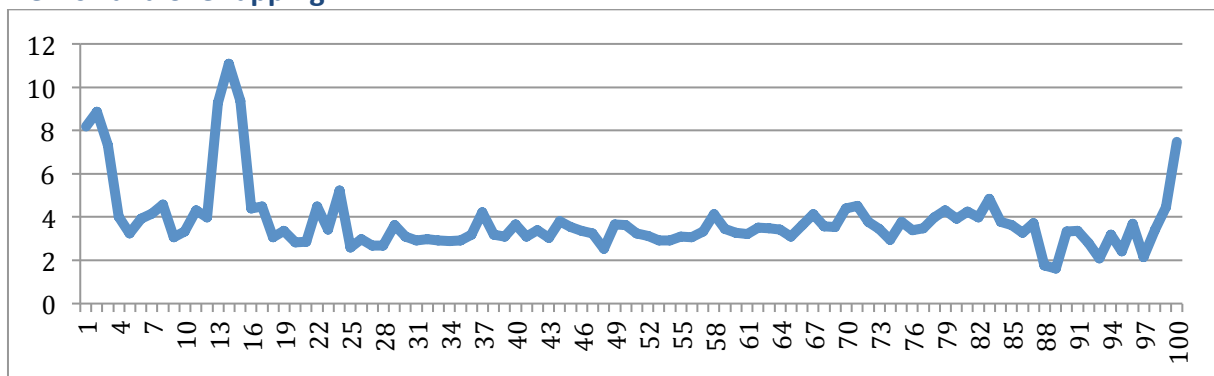
Diagonalt, støy



Full kanaloverlapping

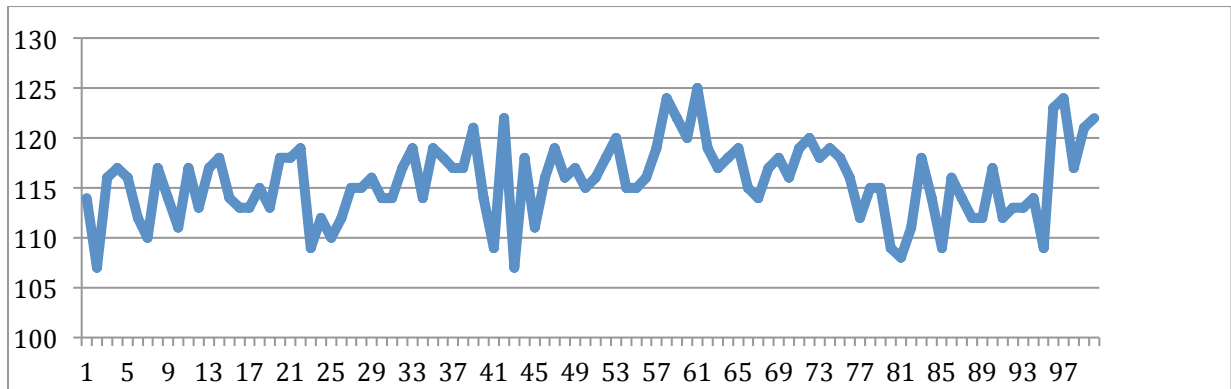


Delvis kanaloverlapping

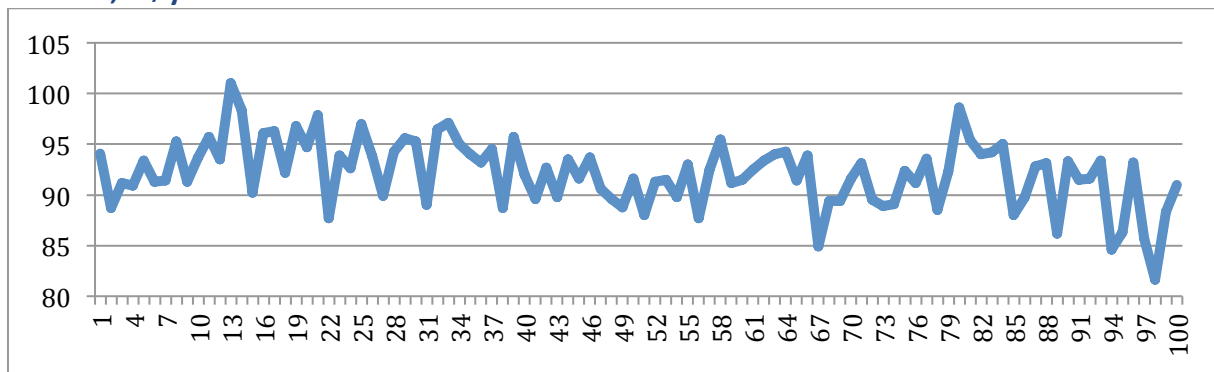


802.11n

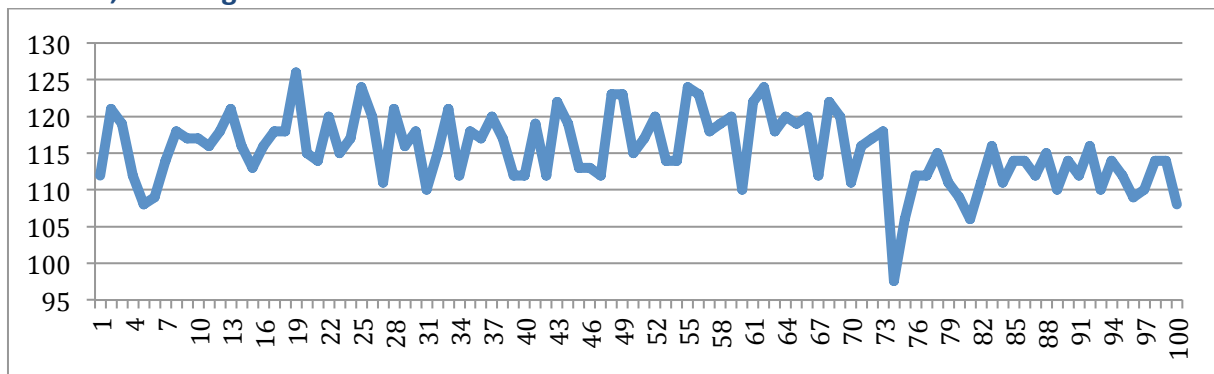
Trekant



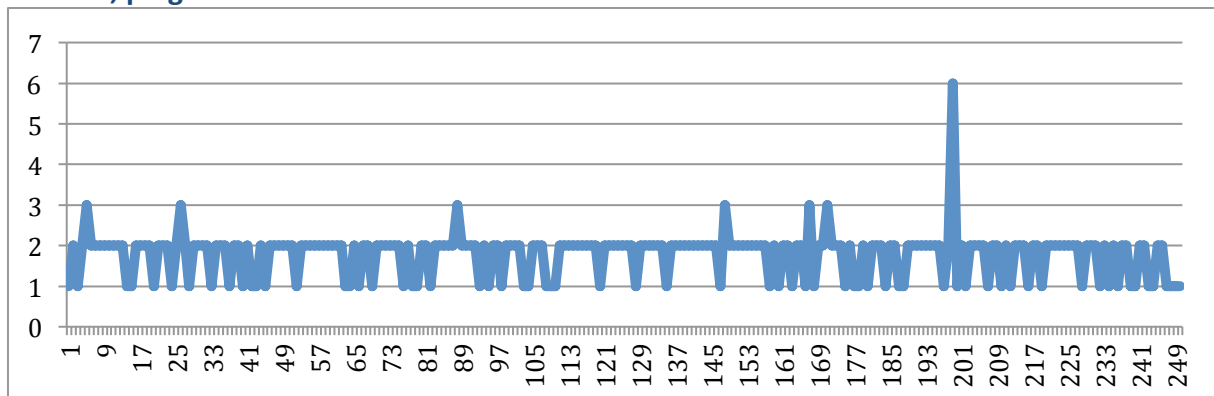
Trekant, støy



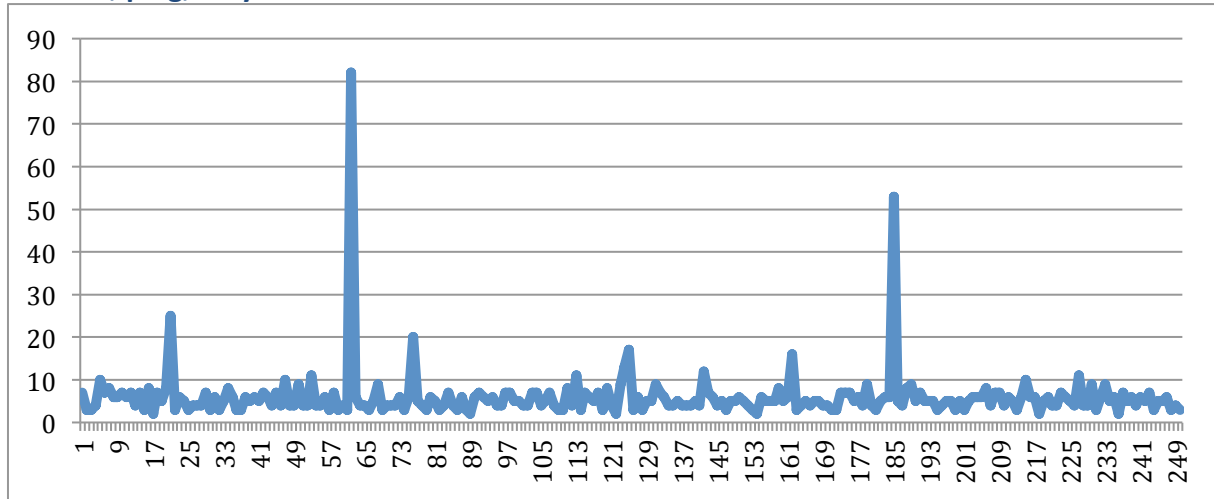
Trekant, hindring



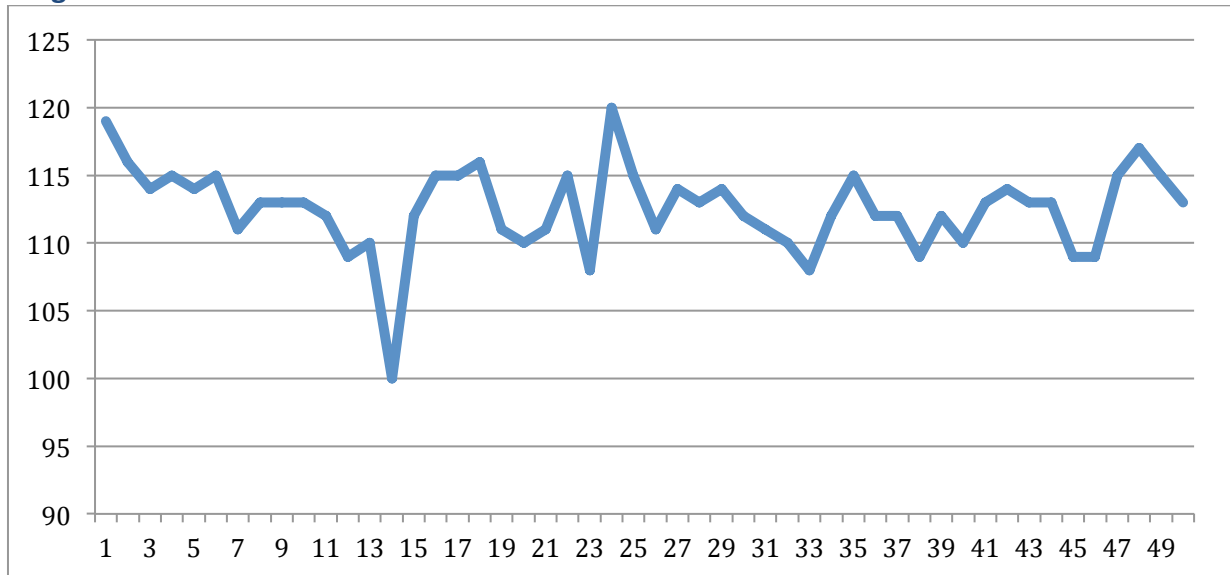
Trekant, ping



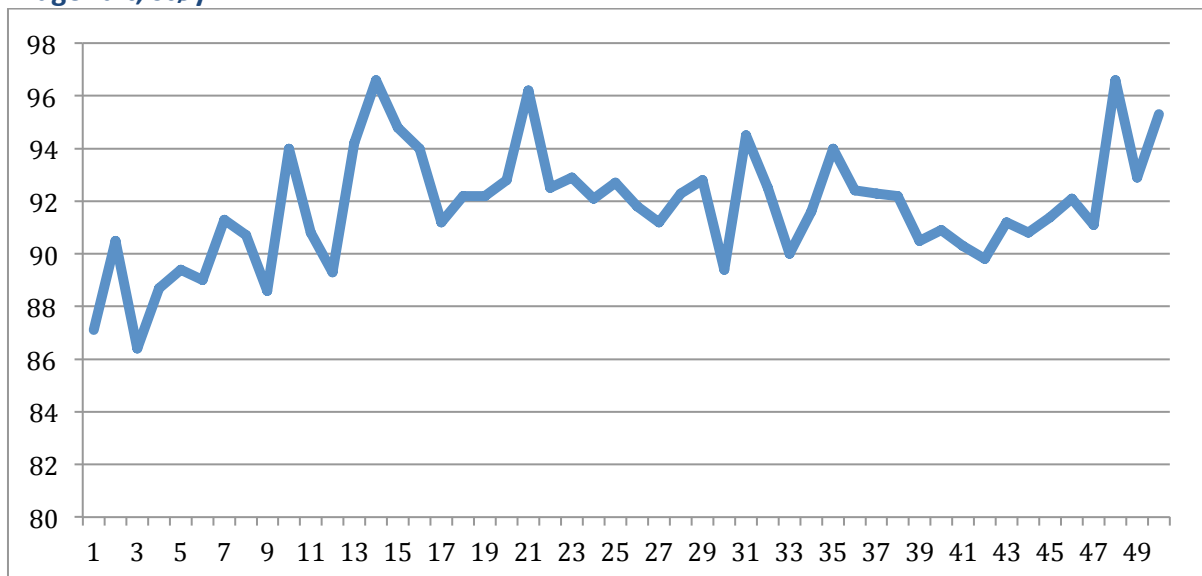
Trekant, ping, støy



Diagonalt

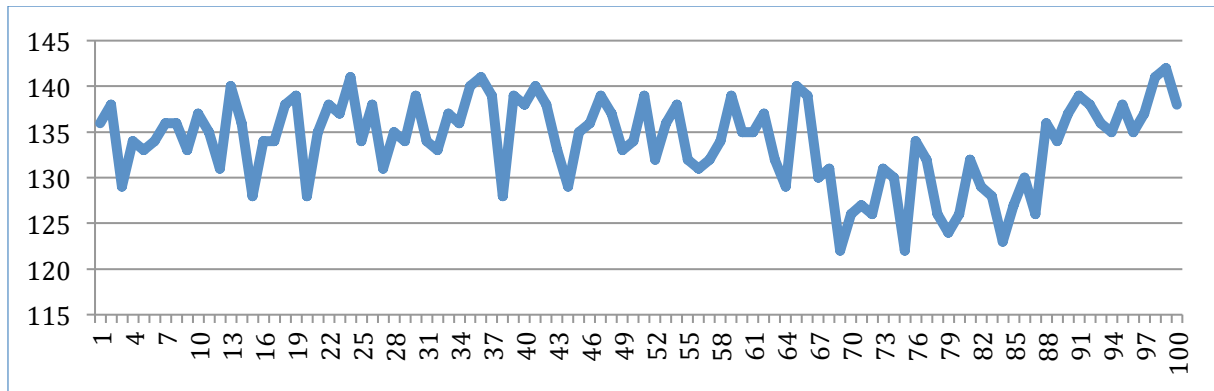


Diagonalt, støy

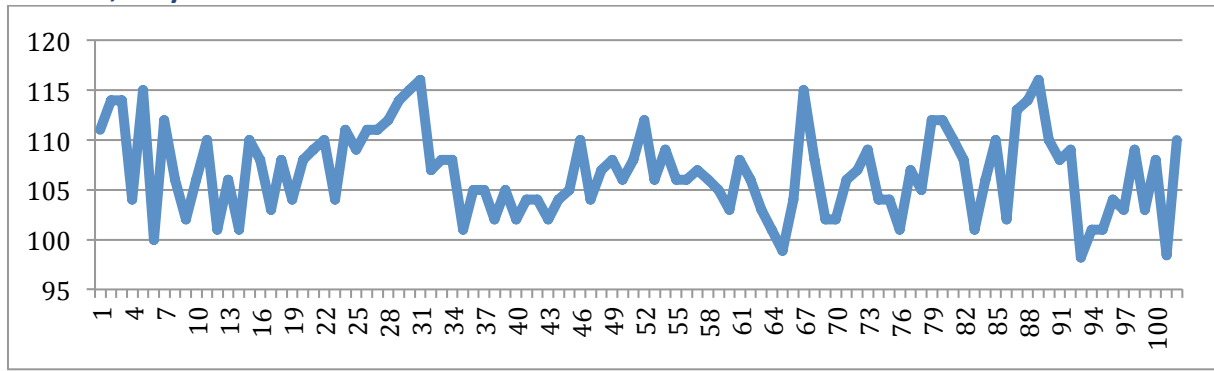


802.11ac

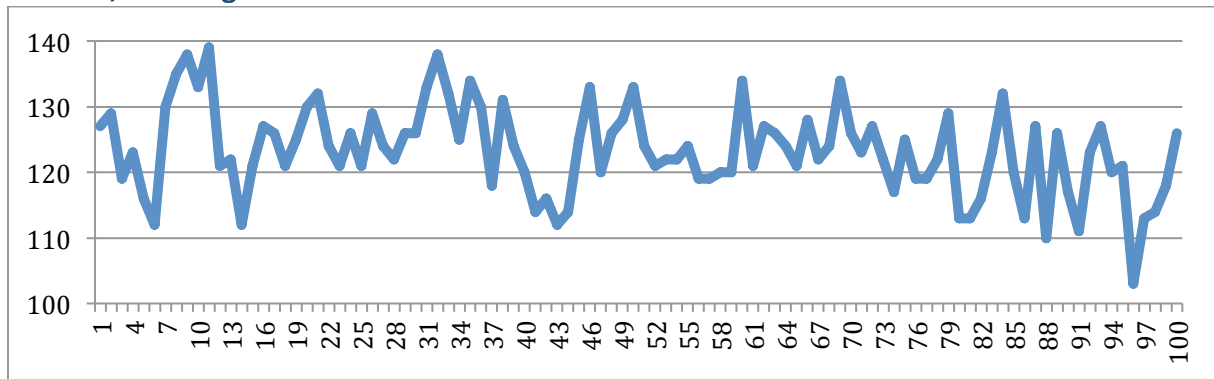
Trekant



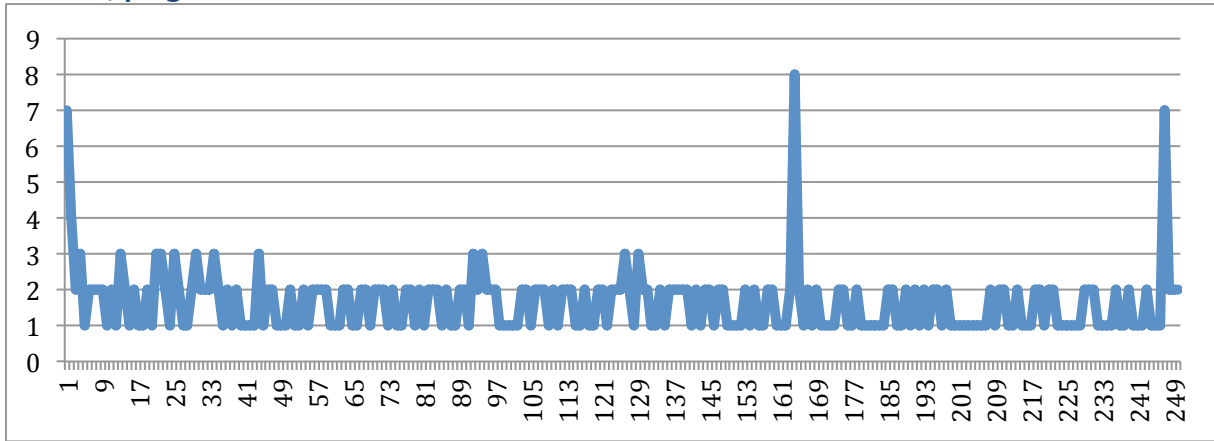
Trekant, støy



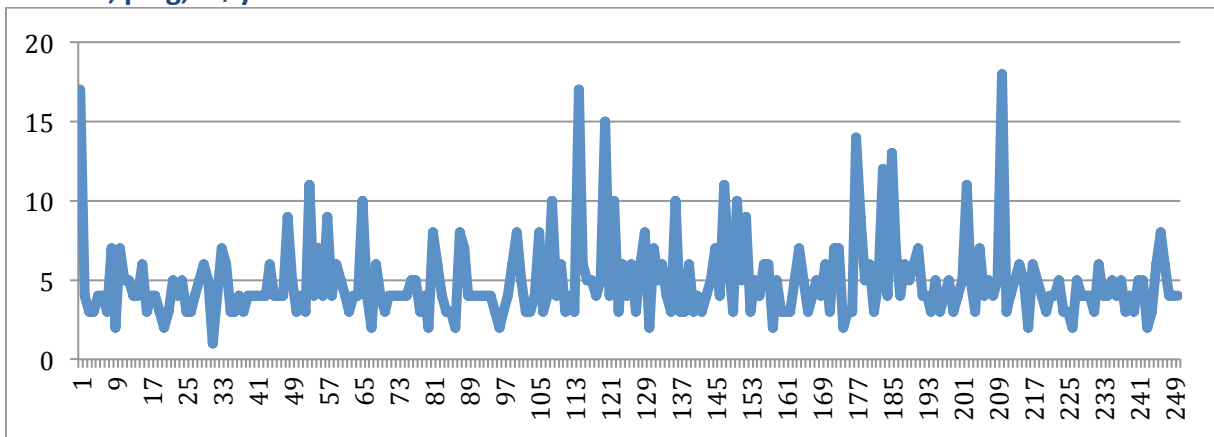
Trekant, hindring



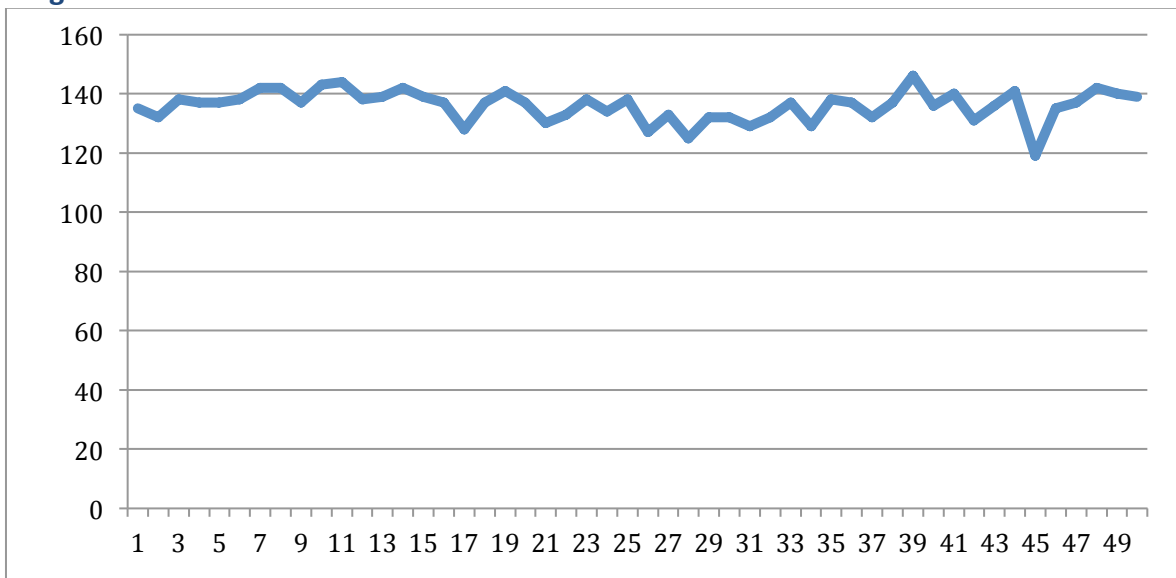
Trekant, ping



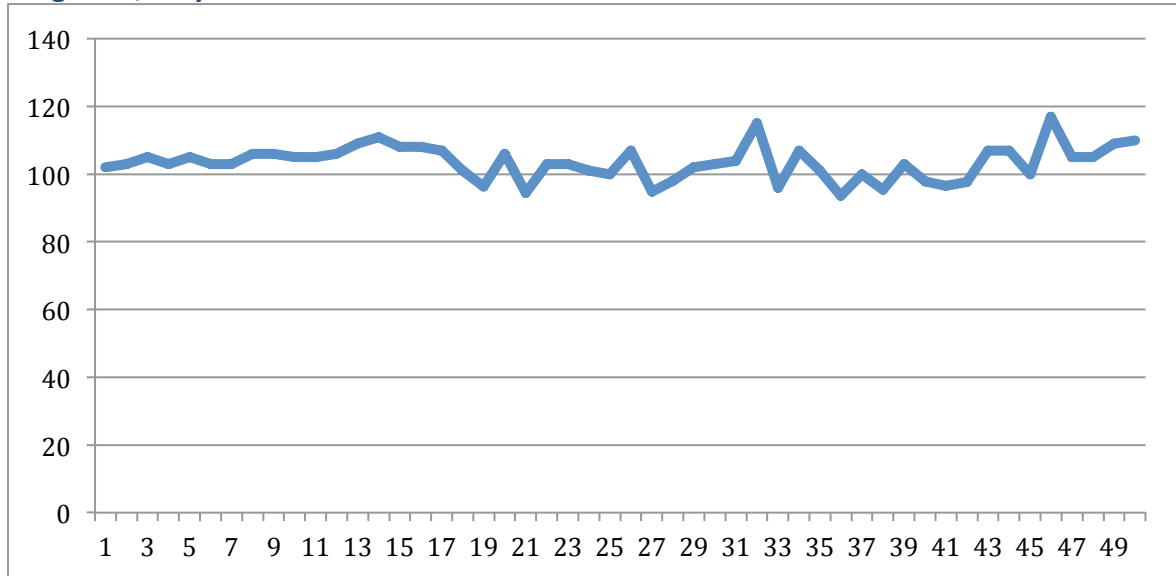
Trekant, ping, støy



Diagonalt



Diagonalt, støy





HØGSKOLEN I GJØVIK

PROSJEKTAFTALE

mellom Høgskolen i Gjøvik (HiG) (utdanningsinstitusjon),

IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik (oppdragsgiver), og

Per Kristian Sævod, Tonje Brubak (student(er))

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1. Studenten(e) skal gjennomføre prosjektet i perioden fra jan til jun 2013.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der HiG yter veiledning.

Oppdragsgiver yter avtalt prosjektbistand til fastsatte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. Oppdragsgiver plikter på forespørsel fra HiG å gi en vurdering av prosjektet vederlagsfritt.

2. Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
 - Oppdragsgiver dekker selv gjennomføring av prosjektet når det gjelder f.eks. materiell, telefon/fax, reiser og nødvendig overnatting på steder langt fra HiG. Studentene dekker utgifter for trykking og ferdigstillelse av den skriftlige besvarelsen vedrørende prosjektet.
 - Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.
3. HiG står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.
4. Den totale besvarelsen med tegninger, modeller og apparatur så vel som programlisting, kildekode, disketter, taper mv. som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, gis det en kopi av til HiG, som vederlagsfritt kan benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av HiG til andre formål, og ikke overlates til utenforstående uten etter avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved HiG og/eller studenter har interesser.

Besvarelser med karakter C eller bedre registreres og plasseres i skolens bibliotek. Det legges også ut en elektronisk prosjektbesvarelse uten vedlegg på bibliotekets del av skolens internett-sider. Dette avhenger av at studentene skriver under på en egen avtale hvor de gir biblioteket tillatelse til at deres hovedprosjekt blir gjort tilgjengelig i papir og nettutgave (jfr. Lov om opphavsrett). Oppdragsgiver og veileder godtar slik

Vedlegg 6

offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til studenter og dekan om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring.

5. Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og student(er) bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.
6. Ut over den offentliggjøring som er nevnt i punkt 4 har studenten(e) ikke rett til å publisere sin besvarelse, det være seg helt eller delvis eller som del i annet arbeide, uten samtykke fra oppdragsgiver. Tilsvarende samtykke må foreligge i forholdet mellom student(er) og faglærer/veileder for det materialet som faglærer/veileder stiller til disposisjon.
7. Studenten(e) leverer oppgavebesvarelsen med vedlegg (pdf) i Fronter. I tillegg leveres et eksemplar til oppdragsgiver.
8. Denne avtalen utferdiges med et eksemplar til hver av partene. På vegne av HiG er det dekan/prodekan som godkjenner avtalen.
9. I det enkelte tilfelle kan det inngås egen avtale mellom oppdragsgiver, student(er) og HiG som nærmere regulerer forhold vedrørende bl.a. eiendomsrett, videre bruk, konfidensialitet, kostnadsdekning og økonomisk utnyttelse av resultatene.

Dersom oppdragsgiver og student(er) ønsker en videre eller ny avtale, skjer dette uten HiG som partner.

10. Når HiG også opptrer som oppdragsgiver trer HiG inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.
11. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene i mellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift, etter bestemmelsene i tvistemålsloven av 13.8.1915 nr. 6, kapittel 32.

12. Deltakende personer ved prosjektgjennomføringen:

HiGs veileder (navn): Trode Haug

Oppdragsgivers
kontaktperson (navn): Kjetil Høyne

Student(er) (signatur): Touye Brubak dato 16/1-13
 Per Ar. Smul dato 17/1-13
_____ dato _____
_____ dato _____

Oppdragsgiver (signatur): Bilal Fakye dato 17/1-13

IMT Dekan/prodekan (signatur): _____ dato _____

Logg

08.12.2012

Avtalte å danne gruppe, og valgte 802.11ac som oppgave.

10.12.2012

Enkelt møte med arbeidsgiver og Erik Hjelmås for å finne ut mer om oppgaven.

17.12.2012

Ble enig med Kjetil Høyme om å ta 802.11ac-oppgaven.

03.01.2013

Samarbeidet i ca. 4 timer

Sendt inn nødvendig informasjon til skolen. Planlagt videre arbeid mot levering av forprosjektrapporten.

04.01.2013

Samarbeidet i ca. 5 timer

Jobbet med forprosjektrapporten. Planlagt hva vi skal gjøre fremover.

8. – 12. januar 2013

Noe mailutveksling med veileder for å planlegge første møte. Generell planlegging.

14.01.2013

Samarbeidet i ca. 10 timer

Kommet i gang igjen med arbeidet. Planlagt forprosjektrapporten, samt laget maler og lignende for å ha til prosjektet.

15.01.2013

Samarbeidet i ca. 5 timer

Samtale med oppdragsgiver, ble enig om møte torsdag 17.01 kl. 11.00. Opprettet hjemmeside for bacheloroppgaven og arbeidet mer med forprosjektet. Møte med veileder.

16.01.2013

Jobbet hver for oss i ca. 4 timer hver

Tonje: Ordnet med kontrakter til møtet i morgen. Skrevet innledende side til bachelorprosjektets hjemmeside. Satt seg inn i GanttProject.

Per Kristian: Videre arbeid med hjemmesiden. Skrevet utkast for aktivitetsliste. Skrevet forslag over spørsmål for spørreundersøkelse.

17.01.2013

Per Kristian jobbet ca. 4 timer

Møte med oppdragsgiver (IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik). Underskriving av prosjektavtale, kravspesifikasjon.

Per Kristian: Jobbet med forberedelser og etterarbeid til møtet. Satte blant annet opp kravspesifikasjon/oppgavebeskrivelse til oppgaven.

18.01.2013

Samarbeidet ca. 8 timer

Utarbeidet hvilke faser som trengs til oppgaven, og laget Gantt-diagram ut i fra dette.

19.-20. januar 2013

Noe mailsending og lignende, blant annet sendt første utkast av prosjektplan til Frode, ellers ikke mye arbeid denne helgen.

- 21.01.2013 Jobbet hver for oss i ca. 6 timer
Begynt med research og skrevet til rapporten.
- 22.01.2013 Samarbeidet i 3 timer og PK jobbet 3 timer
Per Kristian: jobbet med mer research og hadde møte med Frode ang. prosjektplan.
Samarbeidet om utkast nr. 2 av prosjektplanen.
- 23.01.2013 PK 6 timer, og Tonje 5
Jobbet med research. Standardene og teknikker.
- 24.01.2013 PK 8 timer, og Tonje 7
Jobbet med research. Standardene og teknikker.
- 25.01.2012 Samarbeidet i ca. 6 timer
Uformelt møte med IT-tjenesten. Bestilte utstyr. Fikk kontaktperson hos Cisco. Sendte
ut forespørsler til Cisco, Aruba og Ubiquity.
- 26 – 27. Jan 2013 Tonje 1 time
Ferdigstilling for levering av forprosjekt.
- 28.01.2013 PK, ca. 5 timer
Jobbet med spørreundersøkelse og spørsmål til produsenter. Også sett på dokumenter
mottatt fra Aruba.
- 29.01.2013 Samarbeidet i 6 timer.
Research om 802.11ac.
- 30.01.2013 Samarbeidet i 7 timer.
Jobbet med litteraturstudium.
- 31.01.2013 Ingen jobbing
Karrieredag
- 01.02.2013 Samarbeidet 10 timer.
Avtalt møte med Aruba Networks i Oslo (14.2).
Jobbet videre med litteraturstudium.
- 04.02.2013 Samarbeidet 4 timer
Jobbet med litteraturstudium.
- 05.02.2013 PK, 2 timer, samarbeidet 3 timer
Uformelt møte med IT, diskuterte spørreundersøkelse. Sendte søknad om utsendelse av
spørreundersøkelse. Rettet opp i noen små detaljer og laget engelsk versjon av
spørreundersøkelsen. Planla hva vi skal legge til grunn for vår vurdering av om IT-
tjenesten skal implementere 802.11ac. Publiserte nettside og skrev litt på
litteraturstudium.
- 06.02.2013 PK, 4-5 timer

Jobbet videre med litteraturstudium

07.02.2013 Samarbeidet 3 timer, PK 2 timer
Jobbet videre med litteraturstudium.

08.02.2013 Samarbeidet 6 timer
Tonje begynte med analysering av spørreundersøkelsen og satt opp felles diagram for besvarelser av både den norske og engelske besvarelsen.
Per Kristian jobbet med litteraturstudium.

11.02.2013
PK: Jobbet 5 timer med å lage script til testing, pluss litt reserach.
Tonje: Jobbet 4 timer med analysering av spørreundersøkelse og research.

12.02.2013 Samarbeidet i 7 timer
Møte med IT-tjenesten, veileder og kort telefonmøte med en representant hos Cisco. I tillegg så vi på resultater fra spørreundersøkelsen, og vurderte disse.

13.02.2013 Samarbeidet 6 timer.
Sett mer på spørreundersøkelse og litteraturstudium. Kontaktet fagskolen, for å se om de kan hjelpe oss med noe. Oppdaterte nattsiden.

14.02.2013 Samarbeidet 11 timer
En lang dag, med bedriftsbesøk hos Aruba Networks, og Cisco. Fått ekstremt mye nyttig info, og masse god hjelp.

15.02.2013
Fridag.

18.02.2013 Samarbeidet i 7 timer
Begynte på grundige referater fra møte med Cisco og Aruba. Møte med fagskolen v/Svein Kristiansen samt et kort møte med IT.

19.02.2013 Samarbeidet i 6 timer
Fortsatte på referatene fra bedriftsbesøkene. Begynte med presentasjonen som skal fremføres for fagskolen angående deres bidrag med testing. Research om hvordan sluttrapporten skal bli seende ut.

20.02.2013 Samarbeidet 8 timer. Pk 1 time
Jobbet videre med litteraturstudium.

21.02.2013 PK 5 timer, Tonje 2 timer
Jobbet videre med litteraturstudium, og detaljerte møtoreferater.

22.02.2013 Tonje 5 timer, PK 1 time
Litteraturstudium.

24.02.2013 Samarbeidet i 3 timer, Tonje 2 timer
Litteraturstudium, sending av mail til leverandører og skrevet om testutføring.

- 25.02.2013 Samarbeidet i 8 timer, PK 1 time
Møte med IT-tjenesten, startet med referanseliste, samlet sammen dokumenter, litteraturstudium, kontaktet Asus angående trådløst nettverkskort.
- 26.02.2013 Samarbeidet i 6 timer
Møte med veileder og begynt på referanseliste.
- 27.02.2013 Samarbeidet 6 timer
Sett over alt vi har og gått igjennom dette. Sett at nettverkskort har kommet.
- 28.02.2013 Samarbeidet 6 timer
Jobbet med å skaffe utstyr og fått bestilt noe. Cisco kan skaffe kontroller og jobber med aksesspunkt. Har sett på hvordan vi skal bygge opp sluttrapporten og begynt på ordliste.
- 01.03.2013 Samarbeidet 6 timer
Har lite å skrive på/jobbe med inntil utstyr er på plass. Dagen ble brukt til korrektur og til å se over det vi har.
- 05.03.2013 Samarbeidet 8 timer
Jobbet med rapportskrivning og sjekket hvordan vi lå an i forbindelse med utstyr. Vi planla også besøk hos fagskolen.
- 06.03.2013 Samarbeidet 9 timer
Møte med fagskolen, forelesning i rapportskrivning v/Frode Haug og arbeid med rapporten.
- 07.03.2013 Samarbeidet 7 timer.
Jobbet videre med rapport. Spesifikt begynte vi å se på hvordan ulike antenner oppfører seg.
- 08.03.2013 Samarbeidet 3 timer, Tonje 3 timer
Konsentrerte oss mest om rapportskrivning og litteraturstudium.
- 11.03.2013 Samarbeidet 8 timer
Første arbeidsdag med fagskolen. Planlagt hvordan og hvilke tester som skal gjennomføres. Har også planlagt resten av uka, siden dette er en innholdsrik faen av ei uke.
- 12.03.2013 Samarbeidet 3 timer
Møte med IT og Frode.
- 13.04.2013 Samarbeidet 9 timer
Lab-dag med Aruba Networks. Satt opp et lite lokalt trådløst nettverk, og testet G mot N.
- 14.03.2013 Samarbeidet 6 timer
Jobbet med å oppsummere dagen før, i tillegg til gantt og rapport.
- 18.03.2013 PK 4 timer

Ny dag hos fagskolen. Satte opp lab og gjorde klart for testing.

19.03.2013 Samarbeidet 7 timer
Skriving at statusrapport og annen rapportskrivning. Møte med veileder.

20.03.2013 Samarbeidet 6 timer
Labing på fagskolen hele dagen.

21.03.2013 PK 5 timer
Tonje eksamen. PK så på resultater fra tester, og fant kommandoer for å skille ut de tallene som teller. I tillegg ble det laget "lab"-rapport for dagen før.

22.03.2013 Samarbeid 5 timer
Så på forbedring av det som er skrevet til rapporten.

26.03.2013 Samarbeidet 5 timer
Satt sammen ferdigskrevne dokumenter til prosjektrapport og jobbet med utseendet og strukturen på denne.

27.03.2013 Samarbeidet 6 timer
Jobbet med rapporten. Satt sammen det vi hadde, og så hvordan vi ligger an.

02.04.2013 Samarbeidet 8 timer
Ny sofa!! :D Jobbet med finpussing av det stoffet vi har. Testingen går sin gang, så den delen av rapporten vil bli skrevet senere.

03.04.2013 Samarbeidet i 5 timer
Jobbet med testing på fagskolen.

04.04.2013 Samarbeidet i 5 timer, PK 1 time
Skrevet om gårdsdagens testing, satt sammen mer i sluttrapporten og oppdatert progresjonen i gantt-diagrammet.

05.04.2013 Samarbeidet i 6 timer
Rapportskrivning.

08.04.2013 Samarbeidet i 6 timer
Testing på fagskolen.

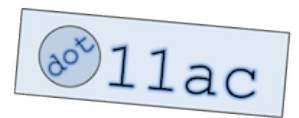
09.04.2013 Samarbeidet i 6 timer
Skrev om testing som ble utført dagen før og rapportskrivning. Møte med IT-tjenesten og veileder.

10.04.2013 Samarbeidet i 6 timer
Rapportskrivning og analysering av tester.

11.04.2013 Samarbeidet i 7 timer
Rapportskrivning og analysering av tester.

- 12.04.2013 Samarbeidet i 8 timer
Rapportskriving og analysering av tester.
- 15.04.2013 Samarbeidet i 5 timer, PK 2 timer
Testing på fagskolen og rapportskriving.
- 16.04.2013 Samarbeidet i 6 timer
Rapportskriving, analysering av tester og møte med veileder.
- 17.04.2013 Samarbeidet i 7 timer
Rapportskriving og -utbedring.
- 18.04.2013 Samarbeidet i 7 timer
Rapportskriving.
- 19.04.2013 Tonje 3 timer
Rapportskriving og forberede avsluttende arbeid med fagskolen.
- 22.04.2013 Samarbeidet i 7 timer
Forberede avsluttende arbeid med fagskolen og testing på fagskolen.
- 23.03.2013 Samarbeidet i 5 timer
Møte med oppdragsgiver og rapportskriving.
- 24.04.2013 Samarbeidet i 5 timer
Utbedring av rapport.
- 25.04.2013 Samarbeidet i 7 timer
Utbedring av rapport.
- 26.04.2013 Samarbeidet 2 timer, PK 3 timer
Uformelt møte med IT og utbedring av rapport.
- 29.04.2013 Samarbeidet 11 timer
Møte med oppdragsgiver, grundige tilbakemeldinger på rapporten. Utbedring av rapporten mtp de tilbakemeldingene vi fikk av Jon.
- 30.04.2013 Samarbeidet 11 timer
Møte med veileder. Utbedring og skriving av rapporten, samt administrativt arbeid.
- 01.05.2013 PK 7 timer, Tonje 6 timer
Korrekturlesing.
- 02.05.2013 PK 5 timer, Tonje 5 timer og 5 timer samarbeid
Korrekturlesing.
- 03.05.2013 Samarbeidet i 9 timer
Korrekturlesing

Vedlegg 7

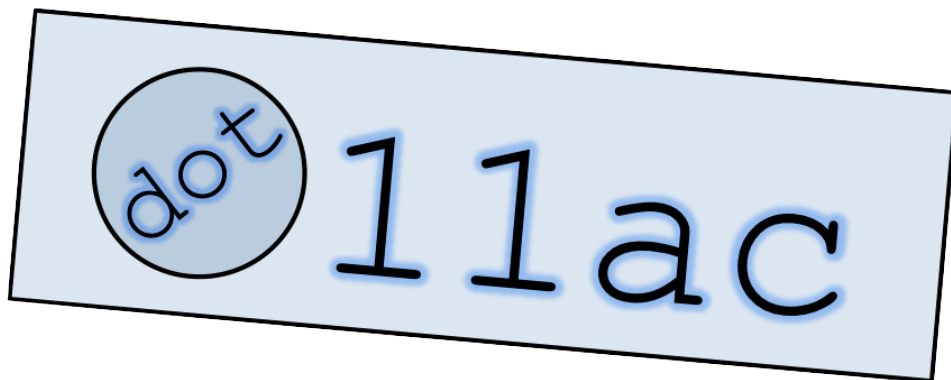


06.05.2013 Samarbeidet i 5 timer og Tonje 2 timer
Siste møte med Fagskolen og møte med IT-tjenesten ved Kjetil Høyme. Noe finpussing ble også gjort.

07.05.2013 Samarbeidet 5 timer
Finpussing av rapport og vedlegg.

08.05.2013 – 14.05.2013
Retting fra tilbakemeldinger av eksterne peeps.

Statusrapport 1



Tonje Brubak, 080437
Per Kristian Svevad, 100202
10HBINDA
-
Høgskolen i Gjøvik
-
19. februar, 2013

Status

Planlegging (fremdriftsplan)

Vi har overholdt tidsskjemaet i fremdriftsplanen, og noen oppgaver er påbegynt før planlagt.

Organisering av gruppens arbeid og ansvarsområder

Dette fungerer godt, en del av prosjektarbeidet gjøres i fellesskap, mens mye planlegges på forhånd og gjøres hver for oss.

Progress

Progressen er som ønsket, men vi venter på bestilt utstyr, som hemmer fremgangen noe.

Rapportskriving

Rapporten oppdateres fortløpende, vi skriver dokumenter som vi senere fletter sammen til sluttrapport.

Totalstatus for punktene over

Ingen nevneverdige problemer når det kommer til planleggingen og gjennomføringen av planlagt arbeid.

Muligheter / problemer

Det har åpnet seg noen flere muligheter etter at vi har dannet kontakt med leverandører v trådløst nettverksutstyr og fagskolen. Dette gjelder hovedsakelig for testingen vi skal utføre.

Ingen problemer av betydning.

Hva er avsluttet? Hvilke oppgaver er ferdige?

Forprosjektrapporten er ferdig og levert. Ellers er spørreundersøkelsen sendt ut og vi har mottatt over 400 besvarelser. Vi har analysert disse resultatene, nesten ferdig med dette.

Hva er under arbeid?

Litteraturstudiet, planlegging av testgjennomføring (venter på utstyr).

Overholdelse av tidsfrister

Tidsfrister er overholdt.

Motivasjonen

Gruppens samarbeid, arbeidsformer og organisering

Samarbeidet fungerer utmerket. Vi har samarbeidet om enkelte oppgaver, men har også jobbet en del selvstendig.

Forhold som oppmuntrer eller frustrerer

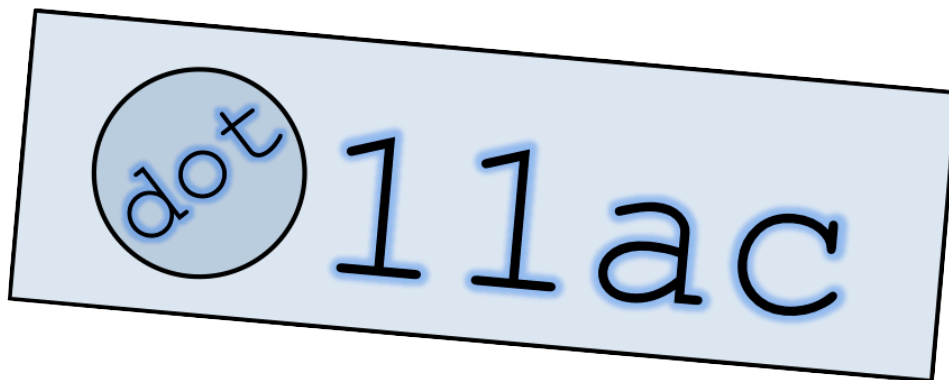
Det er utrolig motiverende at vi har fått god kontakt med både Aruba Networks og Cisco, som vi har gjennomført møter med og som har sagt seg villig til å hjelpe oss videre i vårt arbeid. Dessuten er det også godt å ha planlagt et samarbeid med fagskolen angående testutføring.

Det kan være litt frustrerende at oppdragsgiver svarer noe sent på henvendelser, men det er ikke et stort problem enda.

Hvordan oppleves veilederkontakt?

Ukentlig kontakt/møter med veileder, bra kontakt og gode tilbakemeldinger.

Statusrapport 2



Tonje Brubak, 080437
Per Kristian Svevad, 100202
10HBINDA
-
Høgskolen i Gjøvik
-
21. mars, 2013

Status

Planlegging (fremdriftsplan)

Det meste har gått etter planen, men testutføringen begynte noe senere enn planlagt. Dette på grunn av at utstyr ikke var på markedet enda. Vi føler ikke at dette er problematisk for oss og vil ikke gå utover satte tidsfrister og -rammer.

Organisering av gruppens arbeid og ansvarsområder

Organiseringen av arbeidet og ansvar har gått problemfritt.

Progress

Vi er veldig godt i gang med litteraturstudiet og har kommet bra i gang med rapportskrivningen. Nå er også (endelig) testprosessen i gang.

Rapportskrivning

Har kommet godt i gang med rapporten.

Totalstatus for punktene over

Alt i alt føler vi at det meste er etter planen og at vi har kommet godt i gang med alt.

Muligheter / problemer

Ingen problemer av betydning har oppstått.

Når det kommer til testutføringen har vi et samarbeidsprosjekt med en klasse på Fagskolen Innlandet som er veldig hjelpsomme. Dette vil mest sannsynlig føre til større statistisk signifikans enn om testutføringen ble gjort med bare oss to. Vi har også god kontakt med Aruba og Cisco ang. testing og utstyr for dette.

Hva er avsluttet? Hvilke oppgaver er ferdige?

Den foreløpige teoridelen er sendt til høring til veileder.

Hva er under arbeid?

Testing er fortsatt under prosess.

Overholdelse av tidsfrister

Alle tidsfrister er overholdt, foruten forrige statusrapport som ble sendt dagen etter fristen grunnet at vi glemte å sende e-posten.

Motivasjonen

Gruppens samarbeid, arbeidsformer og organisering

Samarbeidet mellom gruppens medlemmer og metodene vi benytter går utmerket.

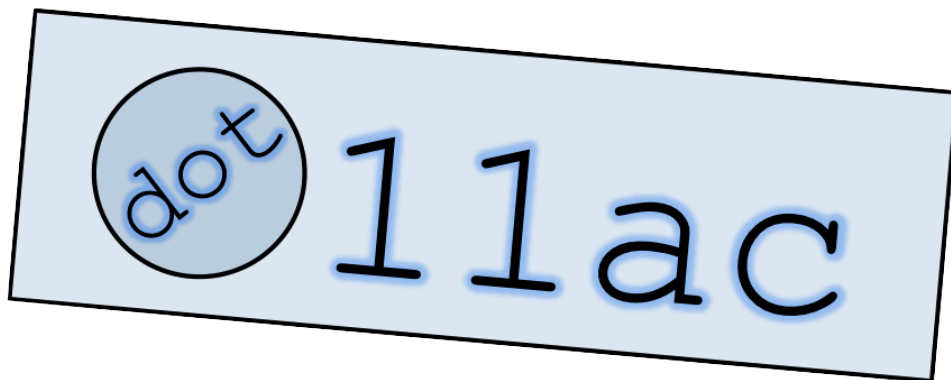
Forhold som oppmuntrer eller frustrerer

Godt samarbeid mellom gruppens medlemmer, veileder og eksterne enheter som bidrar er meget motiverende. Det som kan være litt frustrerende er at oppdragsgiver svarer sent, eller ikke svarer i det hele tatt.

Hvordan oppleves veilederkontakt?

Gode, raske tilbakemeldinger. Veldig flott!

Statusrapport 3



Tonje Brubak, 080437
Per Kristian Svevad, 100202
10HBINDA
-
Høgskolen i Gjøvik
-
16. april, 2013

Status

Planlegging (fremdriftsplan)

Det meste går etter planen, utenom testdelen som ikke ble startet da vi hadde planlagt. Men denne er nå utført og det gikk ikke utover gjennomføring eller andre oppgaver. Vi har en dag med testing igjen.

Organisering av gruppens arbeid og ansvarsområder

Arbeidet er godt organisert og har blitt gjort på en god og ryddig måte.

Progress

Det meste av prosjektarbeidet er gjennomført. Vi jobber nå med å samle stoffet og å fullføre rapporten.

Rapportskriving

Vi er godt i gang med rapportskriving, og dette er nå hovedfokuset vårt. Det gjenstår her å samle resten av stoffet og å korrekturlese og finpusse rapporten.

Totalstatus for punktene over

Prosjektgjennomføring og rapportskriving går utmerket, vi er i rute og føler oss trygge på at resten av prosjektarbeidet også går etter planen.

Muligheter / problemer

Vi har ikke stått ovenfor noen problemer som ikke har vært løsbare. Det var en liten utfordring at testingen ble startet litt etter planen, men i og med at vi hadde forberedt oss på at dette kunne skje så gikk det bra.

Av muligheter som har oppstått for vårt arbeid er samarbeidet med Fagskolen Innlandet noe av det viktigste for den praktiske gjennomføringen av bacheloroppgaven vår. Vi føler at vi har benyttet de muligheter vi har kommet over på en god måte.

Hva er avsluttet? Hvilke oppgaver er ferdige?

Testingen blir avsluttet på mandag, og da blir også analyseringen/oppsummeringen av denne presentert for Fagskolen og i vår rapport. Litteraturstudiet er ferdig og satt inn i rapporten. Vi har sendt den foreløpige rapporten til veileder og oppdragsgiver for tilbakemeldinger.

Hva er under arbeid?

Rapportskriving er det som er hovedfokuset nå. Resten er så å si ferdig.

Overholdelse av tidsfrister

Alle tidsfrister og andre rammer er overholdt.

Motivasjonen

Gruppens samarbeid, arbeidsformer og organisering

Samarbeidet og organiseringen går fortsatt utmerket og det har ikke vært noen problemer her.

Forhold som oppmuntrer eller frustrerer

Dette blir mye av det samme som forrige status, der det helt klart er motiverende med godt samarbeid innad i gruppa og med eksterne firmaer og institusjoner. Dessverre har vi fortsatt samme utfordring med at oppdragsgiver svarer sent, men det har blitt litt bedre siden sist.

Hvordan oppleves veilederkontakt?

Flott. Dette fungerer strukturert med god plan for møter og rask og grundig respons.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 1

Møtedato : 15.1.13, kl. 14.00

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Møtet dreide seg i hovedsak om at vi har kommet i gang med prosjektplanen, og hva planen er videre.

Møtet hevet: 14.20.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 2

Møtedato : 17.1.13, kl. 11.00

Møtested : IT-tjenesten

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Kjetil Høyme Oppdragsgiver
Jon Langseth Teknisk rådgiver
Stian Husemoen IT-sjef ved HiG

Ikke til stede :

Agenda

- Signering av prosjektavtale
- Få innspill om oppgavebeskrivelsen
- Få innblikk i hva IT-tjenesten ønsker som resultat av bacheloroppgaven, altså kravspec
- Motta råd om hvordan testene bør gjennomføres
- IT kommer med informasjon om grunnlag for tidligere valg av trådløs nettverksstandarder

Møtet hevet: 11.40.

Utvalg : Gruppe m/veileder

Møtenr. : 3

Møtedato : 22.01.2013 kl. 14.00

Møtested : Grupperom ved Frodes kontor

Til stede : Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede : Tonje Brubak (på jobb)

Agenda

Få tilbakemelding på prosjektplan og kravspesifikasjon.
Justere møtetid.

Mye var veldig bra av innholdet i prosjektplanen, og kun mindre justeringer må gjøres.
Møter gjøres på tirsdag kl. 14.30 fra nå av.

Møtet hevet: 14.25.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 4

Møtedato : 12.02.13, kl. 11.30

Møtested : IT-tjenesten

Til stede :

Tonje Brubak	Prosjektleder
Per Kristian Svevad	Gruppemedlem
Jon Langseth	Teknisk rådgiver
Kjetil Høyeme	Oppdragsgiver

Ikke til stede :

Agenda

- Vi ytret ønske om skriftlig tilbakemelding på hvorfor 802.11n ble utelukket for IT-tjenesten å innføre.
- Utstyret ble glemt å bestille av oppdragsgiver, men er i gang nå.
- Etterspurte en spørreundersøkelse som IT-tjenesten har gjennomført tidligere som kan være relevant for vår bacheloroppgave.
- Videokonferanse med Patrik Pujas, Cisco. Ble enig om å prøve å gjennomføre et møte med Cisco i Oslo torsdag 14.02.

Møtet hevet: 12.10.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 5

Møtedato : 12.2.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Vi gikk gjennom hva som har vært gjennomført og planen for arbeidet fremover. Fikk generelle tips og innspill.

Møtet hevet: 14.50.

Utvalg : Prosjektgruppe m/ Aruba Networks

Møtenr. : 6

Møtedato : 14.02.13, kl. 10.00

Møtested : Arrow ECS' lokaler i Oslo

Til stede :

Tonje Brubak
Per Kristian Svevad
Reidar Gran
Fredrik Andersen

Prosjektleder
Gruppemedlem
Teknisk spesialist
Salgsansvarlig norsk marked

Ikke til stede :

Agenda

- Egenpresentasjon
- Fakta om Aruba
- Hva Aruba tenker om 802.11ac
- Teknisk gjennomgang
- Besvarelse av spørsmål

Mer grundig gjennomgang av møtet finnes i rapporten.

Møtet hevet: 12.30

Utvalg : Prosjektgruppe m/ Cisco

Møtenr. : 7

Møtedato : 14.02.13, kl. 15.00

Møtested : Ciscos lokaler i Oslo

Til stede :

Tonje Brubak
Per Kristian Svevad
André Bersvendsen

Prosjektleder
Gruppemedlem
Ansatt Cisco

Ikke til stede :

Agenda

- Egenpresentasjon
- Fakta om Cisco
- Ciscos tanker om 802.11ac
- Teknisk gjennomgang
- Besvarelse av spørsmål
- Omvisning

Mer grundig gjennomgang av møtet finnes i rapporten.

Møtet hevet: 18.00

Utvalg : Gruppe med Fagskolen i Gjøvik

Møtenr. : 8

Møtedato : 18.02.2013

Møtested : Fagskolen i Gjøvik, IT-kontoret

Til stede :

Tonje Brubak

Gruppeleder

Per Kristian Svevad

Gruppemedlem

Svein Kristiansen

Faglærer, fagskolen

Ikke til stede :

Agenda Kan fagskolen involveres i testfasen av prosjektet, og hvordan gjør vi dette?

Sak Hva går prosjektet ut på? Faglærer, Svein, fikk en grundig gjennomgang av hva prosjektet går ut på.

Sak Hvordan involvere studentene ved fagskolen? Vi ble enige om at studentene skal få en del frihet ifbm. hvordan testene etc. gjennomføres. Vi vil gi dem oppgaven som oppdragsgivere, men vil fungere som veiledere og deltagere for å få personlig utbytte også. Studentene skal skrive rapport.

Sak Når og hvordan begynne prosjektet? Vi kommer på fagskolen den 6. mars, og presenterer vårt prosjekt og problemstilling, samt hva vi forventer. Etter dette vil det bli et prosjektarbeid som vi er delvis involvert i. Studentene skal lære, i tillegg til at vi skal få utbytte av dette.

Møtet hevet: 12.50.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 9

Møtedato : 25.2.13, kl. 14.00

Møtested : IT-tjenesten

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Jon Langseth Teknisk rådgiver

Ikke til stede :

Agenda

- Status bachelorprosjekt
- Status utstyrbestilling:
Noe utstyr bestilt, noe vil bli tilgjengelig denne uka
- Informasjon om skolens utstyr og infrastruktur
- Purring på skriftlig begrunnelse for hvorfor IT-tjenesten så på 802.11n som uaktuell å innføre på skolen

Møtet hevet: 14.30.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 10

Møtedato : 26.2.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Oppdatering om hva som har vært gjort og hva som mangler. Fått innspill på statusmeldingen og diverse spørsmål. Skal sende veileder foreløpig arbeid.

Møtet hevet: 14.50.

Utvalg : Gruppe og IT-studenter ved fagskolen

Møtenr. : 11

Møtedato : 6.3.13, kl. 09.00

Møtested : Fagskolen Innlandet

Til stede :

Tonje Brubak	Prosjektleder
Per Kristian Svevad	Gruppemedlem
Svein Kristiansen	Faglærer, fagskolen
Klassens studenter ved fagskolen	

Ikke til stede :

Agenda

Vårt bachelorprosjekt og hvilken rolle IT-studentene ved Fagskolen Innlandet kan ha i vårt prosjekt ble presentert. Vi skal komme tilbake mandag 11.3.13 og påbegynne testplanleggingen.

Møtet hevet: 10.00.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 12

Møtedato : 12.3.13, kl. 13.30

Møtested : IT-tjenesten

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Jon Langseth Teknisk rådgiver

Ikke til stede :

Agenda

- Status bachelorprosjekt
- Utstyr ankommet
- Purring på skriftlig begrunnelse for hvorfor IT-tjenesten så på 802.11n som uaktuell å innføre på skolen

Møtet hevet: 14.00.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 13

Møtedato : 12.3.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Vi gikk gjennom hva som har vært gjennomført og planen for arbeidet fremover. Fikk generelle tips og innspill.

Møtet hevet: 14.50.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 14

Møtedato : 20.3.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Tilbakemelding på utkastet av litteraturstudium.

Møtet hevet: 15.00.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 15

Møtedato : 9.4.13, kl. 13.30

Møtested : IT-tjenesten

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Jon Langseth Teknisk rådgiver

Ikke til stede :

Agenda

- Status bachelorprosjekt
- Debatt om 802.11n bør innføres, og fordeler her
- Sende dokumentene vi har til oppdragsgiver

Møtet hevet: 14.30.

Bachelor 2013 - dot11ac**Referat, vedlegg 11**

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 16

Møtedato : 9.4.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Status på bachelorprosjektet, hva som er utført og hva planen er fremover.

Møtet hevet: 15.00.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 17

Møtedato : 16.4.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Status på bachelorprosjektet.

Tilbakemeldinger på utført arbeid (litteraturstudium og teoridel, samt påbegynt rapport).

Møtet hevet: 15.00.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 18

Møtedato : 24.4.13, kl. 12.20

Møtested : IT-tjenesten

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Jon Langseth Teknisk rådgiver

Ikke til stede :

Agenda

Vi fikk generelle tilbakemelding på vårt skriftlige arbeid. Ble enig om å sende Jon et nyere utkast slik at han kunne gi grundigere beskjeder om hva som bør gjøres om.

Ble enig om å møtes igjen snart.

Møtet hevet: 12.40.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 19

Møtedato : 29.4.13, kl. 11.30

Møtested : IT-tjenesten

Til stede :
Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Jon Langseth Teknisk rådgiver

Ikke til stede :

Agenda

Det ble gått gjennom rapporten i sin helhet. Oppdragsgiver ga grundige tilbakemeldinger for hvert kapittel.

Møtet hevet: 14.00.

Utvalg : Gruppe m/ veileder

Møtenr. : 20

Møtedato : 30.4.13, kl. 14.30

Møtested : Møterom ved Frodes kontor

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Frode Haug Veileder

Ikke til stede :

Agenda

Tilbakemeldinger på utbedret skriftlig arbeid. Planlegging av arbeidet fremover mot innlevering.

Møtet hevet: 15.00.

Utvalg : Gruppe og IT-studenter ved fagskolen

Møtenr. : 21

Møtedato : 6.5.13, kl. 12.00

Møtested : Fagskolen Innlandet

Til stede :

Tonje Brubak	Prosjektleder
Per Kristian Svevad	Gruppemedlem
Svein Kristiansen	Faglærer, fagskolen
Klassens studenter ved fagskolen	

Ikke til stede :

Agenda

Oppsummering av testene som har vært gjennomgått, samt resultatene av disse.
Konklusjonen for prosjektet og samarbeidet.

Stor takk for godt samarbeid!

Møtet hevet: 13.30.

Utvalg : Gruppe m/ oppdragsgiver

Møtenr. : 22

Møtedato : 6.5.13, kl. 13.30

Møtested : IT-tjenesten

Til stede : Tonje Brubak Prosjektleder
Per Kristian Svevad Gruppemedlem
Kjetil Høyme Oppdragsgiver

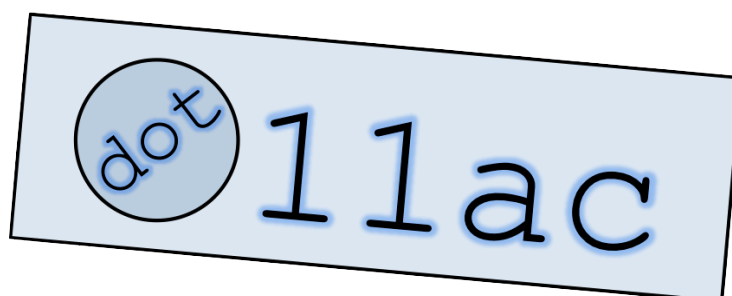
Ikke til stede :

Agenda

Diskusjon rundt den ferdige rapporten. Avtalte at vi skal få en tilbakemelding innen mandag.

Møtet hevet: 14.00.

Prosjektplan



Tonje Brubak, 080437
Per Kristian Svevad, 100202
10HBINDA

-
Høgskolen i Gjøvik

-
22. januar, 2013

0. Innholdsfortegnelse

0. INNHOLDSFORTEGNELSE	2
1. MÅL OG RAMMER	3
1.0. BAKGRUNN	3
1.1. PROSJEKTMÅL	3
1.1.0. Effektmål	3
1.1.1. Resultatmål	3
1.2. RAMMER	3
2. OMFANG	4
2.0. FAGOMRÅDE	4
2.1. AVGRENSING	4
2.2. OPPGAVEBESKRIVELSE	4
3. PROSJEKTORGANISERING	5
3.0. OPPDRAGSGIVER OG VEILEDER	5
3.1. ANSVARFORHOLD OG ROLLER	5
3.2. GRUPPE	5
3.3. RUTINER OG REGLER I GRUPPA	6
4. PLANLEGGING, OPPFØLGING OG RAPPORTERING	6
4.0. HOVEDINNDDELING AV PROSJEKTET	6
4.1. SYSTEMUTVIKLINGSMODELL	7
4.2. STATUSMØTER OG BESLUTNINGSPUNKTER	7
5. KVALITETSSIKRING	8
5.0. DOKUMENTASJON	8
5.1. REVISJONSHÅNTERING	8
5.2. RISIKOANALYSE	8
6. PLAN FOR GJENNOMFØRING	10
6.0. AKTIVITETSLISTE	10
6.1. GANTT	10
6.1.0. Kommentarer til Gantt	10
6.1.1. Gantt-skjema	11

1. Mål og rammer

1.0. Bakgrunn

IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik ønsker å finne ut mer om den kommende trådløse standarden 802.11ac, og hvordan denne eventuelt kan forbedre det trådløse nettverket ved Høgskolen i Gjøvik. Basert på tilbakemeldinger og tidligere studier er det et faktum at skolen har flere områder med svak eller ingen trådløs dekning. Under bacheloroppgaven "kartlegge og teste WLAN på HiG" fra 2011 ble det gjort en grundig undersøkelse av styrker og svakheter i 802.11g-standard, samt hvordan dette påvirket skolens implementasjon. I løpet av 2013 vil 802.11ac bli sertifisert og ratifisert¹ og denne skal være bedre på flere områder, blant annet benyttes 5GHz i stedet for 2,4GHz.

1.1. Prosjektmål

1.1.0. Effektmål

Formålet til dette prosjektet er at IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik kan avgjøre om de bør implementere 802.11ac i sitt trådløse nettverk. Det skal med god forutsigbarhet forutsies om deknningen og kapasiteten kan bedres i dagens problemområder. IT-tjenesten skal også bruke resultatene av prosjektet til å øke egen kunnskap om standarden, så de sparer ressurser på egenopplæring.

Prosjektets resultat skal være en teknisk vurdering av 802.11ac, underbygget av målinger og praktiske tester. Vurderingen av standarden skal sammenlignes med høgskolens implementerte standarder, slik at IT-tjenesten har et godt beslutningsgrunnlag. Basert på hvilket utstyr som blir lansert i løpet av prosjektets livsløp skal det foreligge en anbefaling til IT-tjenesten om skolen er tjent med å investere i dette.

1.1.1. Resultatmål

Utbyttet av denne oppgaven skal først og fremst være å sitte igjen med kunnskap om nettverk, og da spesielt trådløst nettverk. Det vil også være et stort læringsutbytte innen oppsett og analyse av tester og prosedyrer. For oppsett av testene vil det være mye å lære for å få til statistisk signifikante resultater. Innen analysering vil det være nyttig kunnskap om vurdering av signaleringsoppførsel, dekningskart og statistisk relevans.

Prosjektet vil også medføre tilegning av nyttig erfaring innen prosjekt- og gruppearbeid. Dette omfatter viktige områder som samarbeid og rapportskrivning på et akademisk nivå.

1.2. Rammer

Gruppen forplikter seg til å forholde seg til de rammer som er gitt av skolen med tanke på tidsfrister etc. Blant annet betyr dette innlevering av tre statusrapporter, samt lavering av prosjektrapporten 15. mai. Tester er begrenset til utstyret som har kommet på markedet. Arbeidet vil foregå både hjemme og på skolen, individuelt og ved samarbeid.

¹ http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps11983/white_paper_c11-713103.html#wp9000454

2. Omfang

2.0. Fagområde

Behovet for kommunikasjon er større enn noen gang, og trådløs kommunikasjon er en veldig viktig del av dette. På grunn av det økende behovet blir kravet til dekning og kapasitet stadig høyere, og brukere forventer god trådløs dekning uansett hvor de er. De fleste har trådløst nett hjemme, og vi forventer god mobildekning ute, samt trådløs dekning i offentlige bygg.

Studentene og de ansatte ved Høgskolen i Gjøvik stiller selvsagt også krav til det trådløse nettet. Det forventes å ha god trådløs dekning på bærbare datamaskiner, mobiltelefoner, samt andre enheter, uansett hvor på skolen man befinner seg. Dette fører til en usannsynlig høy forventning til både til kapasiteten og dekningen på det trådløse nettet. På bakgrunn av tidligere undersøkelser har Høgskolen i Gjøvik god dekning for trådløst nettverk i de fleste områder i alle bygninger, likevel stiller studenter og ansatte høyere krav til bedre dekning. Derfor er det nødvendig å se på eventuelt nye løsninger for å gjøre dekningen og kapasiteten tilfredsstillende for brukerne.

2.1. Avgrensning

Det er tidligere gjort grundige målinger av de trådløse standardene som finnes i dag, og det er pr. i dag en stor overvekt av 802.11g-klienter ved høgskolen². Våre undersøkelser vil derfor basere seg på sammenligning med denne standarden. Skolen har tidligere valgt å ikke implementere 802.11n, så det skal ikke utføres tester på denne standarden.

Dessverre er det uvisst når produkter for bedriftsmarkedet blir lansert, og oppgaven vil bli begrenset av dette. I følge planen vil ikke 802.11ac bli ratifisert før i Q4 2013, og da vil det mest sannsynlig ikke bli lansert seriøst enterprice-utstyr før prosjektet er ferdig. Det kan ikke tas hensyn til utstyr som blir lansert etter 1. mai, men de ulike leverandørene kontaktes, for å få oversikt over lanseringsdatoer, spesifikasjoner og annen relevant informasjon.

På grunn av overstående grunner vil det ikke bli mulig å teste 802.11ac i produksjon. Oppgaven vil begrense seg til tester i avgrensede testmiljøer hvor forholdene er kontrollert.

2.2. Oppgavebeskrivelse

Prosjektet skal dekke følgende punkter:

1. En litteraturstudie av 802.11ac-standard, som dekker funksjonalitet, fordeler og utfordringer knyttet til den.
2. Kontakte Cisco, og finne ut hvilket utstyr som kommer på markedet når 802.11ac er ratifisert, og hva dette innebærer for IT-tjenesten, spesielt med tanke på kompatibilitet med eksisterende infrastruktur.
3. Gjøre en undersøkelse blant andre store nettverksleverandører (Aruba, Ubiquiti) hva de planlegger på utstysfronten.
4. Hvilke krav setter den økte kapasiteten til øvrig infrastruktur?

² I følge bacheloroppgaven "kartlegge og teste WLAN på HiG" fra 2011

5. Er nettverksutstyr som har kommet i consumer-markedet kompatibel med hverandre? Vil utstyr som er lansert nå (bærbare datamaskiner med integrerte nettverkskort eksempelvis), fungere når standarden er ratifisert?
6. Hvordan skal IT-tjenesten forholde seg til 802.11ac-standard? Hvordan vil kvaliteten på det trådløse nettverket på HiG forbedres ved implementasjon? Dette sett med utgangspunkt i tidligere bacheloroppgave; "Kartlegge og teste WLAN ved HiG" fra 2011, brukerundersøkelse og de tekniske funnene.
7. Det skal utføres flere tester på 802.11ac. De viktigste er:
 - a. Interferensproblematikk
 - b. Throughput i ulike situasjoner
 - c. Signalpenetrering
8. Finne rekkevidde/dekning ut ifra spesifikasjoner.
9. Hvordan vil signalene påvirkes av høy aksesspunkttetthet?

3. Prosjektorganisering

3.0. Oppdragsgiver og veileder

Oppdragsgiver er IT-tjenesten ved Høgskolen i Gjøvik (Kjetil Høyeme).

Veileder for denne bacheloroppgaven er Frode Haug.

3.1. Ansvarsforhold og roller

Prosjektleder er Tonje Brubak. Prosjektlederstillingen vil ikke være avgjørende for valg som tas når gruppens medlemmer er uenig. Her vil en mer demokratisk konfliktløsningsmetode benyttes. Det vil i aller høyeste grad være mest lønnsomt med en god diskusjon før gruppen tyr til denne metoden. De fleste problemstillinger bør løses med normal gruppejustis. Om et av medlemmene anser en uenighet som en mer betydningsfull sak vil veileder bli kontaktet.

Hvert gruppemedlem har følgende ansvar:

1. Møte til oppsatt arbeidstid, og jobbe jevnt med oppgaven.
2. Melde fra i god tid om forfall fra noen av de avtalte tidsfristene eller møtene.
3. Sette seg inn i nødvendig litteratur for å gjennomføre oppgaven.

Gruppen har felles ansvar for at:

1. Tidsfrister blir overholdt.
2. Begge av gruppens medlemmer har ansvar for å holde loggen oppdatert, og at denne går gjennom ved neste daglige møte.

Prosjektlederen har et overordnet ansvar for at hvert gruppemedlem, og gruppen som en helhet overholder punktene ovenfor.

3.2. Gruppe

Per Kristian Svevad (100202), 10HBINDA og Tonje Brubak (080437), 10HBINDA.

3.3. Rutiner og regler i gruppa

Grupperegler for gruppa:

1. Uenigheter mellom gruppens medlemmer som ikke løses med diskusjon avgjøres med S-S-P
2. Prosjektleder er Tonje Brubak, ved frafall vil det ikke være behov for gruppeleder
3. Dersom ikke avtalt arbeid/oppmøte skjer gis først en muntlig advarsel til vedkommende, deretter gis advarsel skriftlig og dersom det ikke forbedrer seg vil dette tas opp med veileder
4. Et gruppe medlem kan avskjediges om advarsler blir gitt, veileder blir innblandet og at en avtale blir gjort, men gruppe medlemmet fremdeles ikke gjør som avtalt
5. Avskjedigelsen gjennomføres ved møte med gruppens medlemmer m/ veileder, i tillegg til skriftlig beskjed
6. Eventuelle kostnader blir holdt på et minimum og deles 50/50 på gruppens medlemmer
7. Begge gruppe medlemmene kan individuelt signere på vegne av gruppen
8. Som medlem av gruppen forplikter man seg til å jobbe med prosjektet til avtalt tid, som vil være ca 10.00 hver hverdag
9. Det forventes at arbeidsmengden fra begge parter er noenlunde lik

4. Planlegging, oppfølging og rapportering

4.0. Hovedinndeling av prosjektet

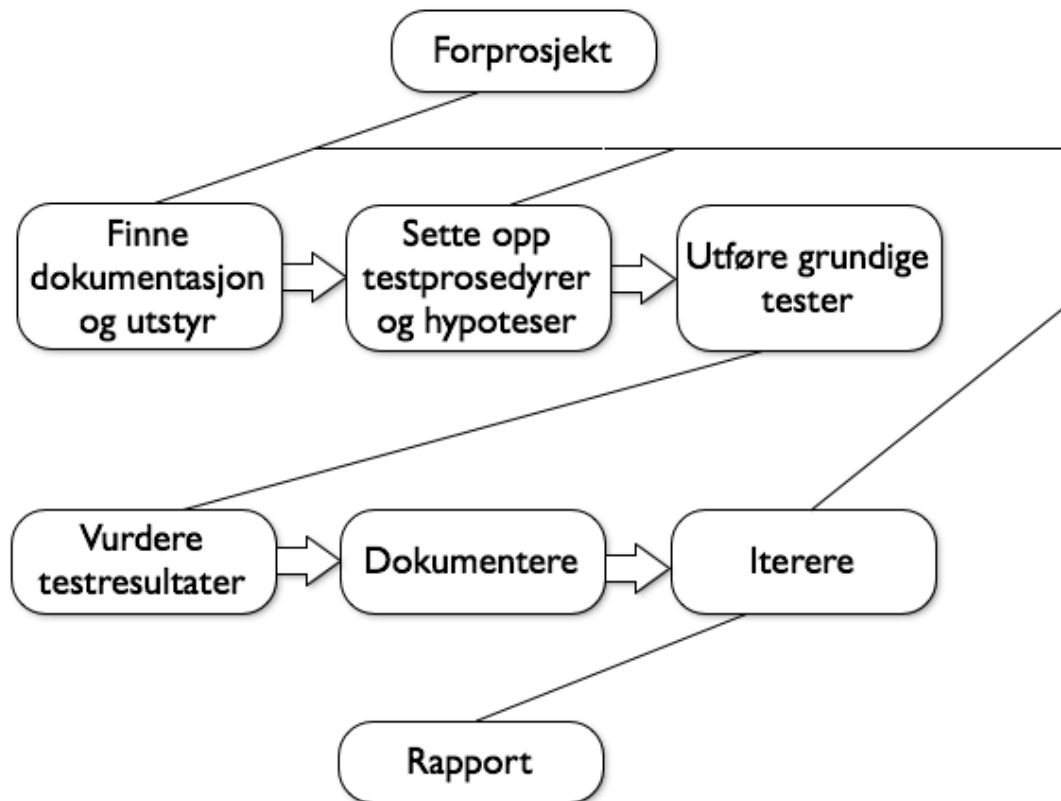
Det er planlagt å dele opp prosjektet slik at vi kan justere på hvor omfattende vi tester nettverksenheter. Per dags dato finnes det kun consumer-produkter, og til tross for at disse kan gi oss en god pekepinn på ytelse, er det ønskelig å få gjennomført tester på enterprise-utstyr.

Prosjektet er delt opp i fire hovedfaser:

1. Forprosjekt
2. Testing
3. Analyse, vurdering og dokumentasjon
4. Ferdigstilling og rapportskrivning

Disse vil til en viss grad flyte inn i hverandre, men med denne inndelingen kan vi repetere punkt to og tre, og få en mer fullstendig rapport. Denne modellen støtter også Scrum på en god måte, siden vi kan oppdatere product backlog etter en endt sprint.

I tillegg til disse hovedaktivitetene er det en del mindre underaktiviteter som vil komme frem i Gantt-skjemaet.



4.1. Systemutviklingsmodell

Under dette prosjektet vil det, som tidligere nevnt, bli brukt Scrum som utviklingsmodell. Scrum passer veldig godt, for å få fremgang i prosjektet, og støtter oppunder usikre momenter som kan tas med i prosjektet. Strukturen i Scrum, med daglige statusmøter, og jevnlig milepæler, gir et godt utgangspunkt for fremgangen. Likevel vil vi bruke artefakter fra andre utviklingsmodeller. De planlagte oppgavene har naturlig etterfølgende faser, så det vil bli hentet inspirasjon fra fossefallsmodellen.

Gruppen består av to medlemmer, og mye av arbeidet gjøres i par som i Extreme programming, fordi parjobbing kvalitetsikrer resultatet.

4.2. Statusmøter og beslutningspunkter

Gruppen har kommet frem til at det egner seg best å møtes senest 10.00 hver hverdag dersom ikke annet er avtalt. Da starter vi med et statusmøte (daily scrum). Her går vi gjennom arbeidet utført siden sist møte, eventuelle utfordringer som ble møtt, og hva som skal gjøres gjeldende arbeidsdag.

Møter med veileder og/eller oppdragsgiver ønskes hver 14. dag. Her skal foreløpige resultater presenteres, og beslutninger som har betydning for prosjektet tas. Utover dette vil det være løpende kontakt med arbeidsgiver for kommentarer og konsultering. Det skal også leveres tre statusrapporter til veileder senest 20. februar, 22. mars og 19. april.

5. Kvalitetssikring

5.0. Dokumentasjon

Under dette prosjektet vil det lagt stor vekt på dokumentasjon, da dette er resultatet som arbeidsgiver forespør. Alt fra informasjonsinnhenting til testresultater vil bli dokumentert nøyaktig, slik at det gir et godt beslutningsgrunnlag. Møter vil bli dokumentert i en ferdiglaget mal, da dette gjør det enklere å se tilbake på.

Dokumentasjonen skal gjennomføres på en strukturert måte, slik at et enkelt for oppdragsgiver å sette seg inn i stoffet når dette blir ønskelig. Kun tester som gir konsistente data skal brukes for å dokumenter ytelse. Uppreis data forkastes som beslutningsgrunnlag, men bør forklares i rapporten slik at det kan brukes til å unngå lignende feil.

5.1. Revisjonshåndtering

Dropbox benyttes til et samlested for alle prosjektets filer. Når begge av gruppens medlemmer redigerer samme dokument lages et dokument i Google Disk slik at revisjonsproblematikk unngås. Hvis vi velger LaTeX, kan vi bruke subversion på mappen i tillegg. Da kan vi, uavhengig av hverandre, skrive i samme dokument.

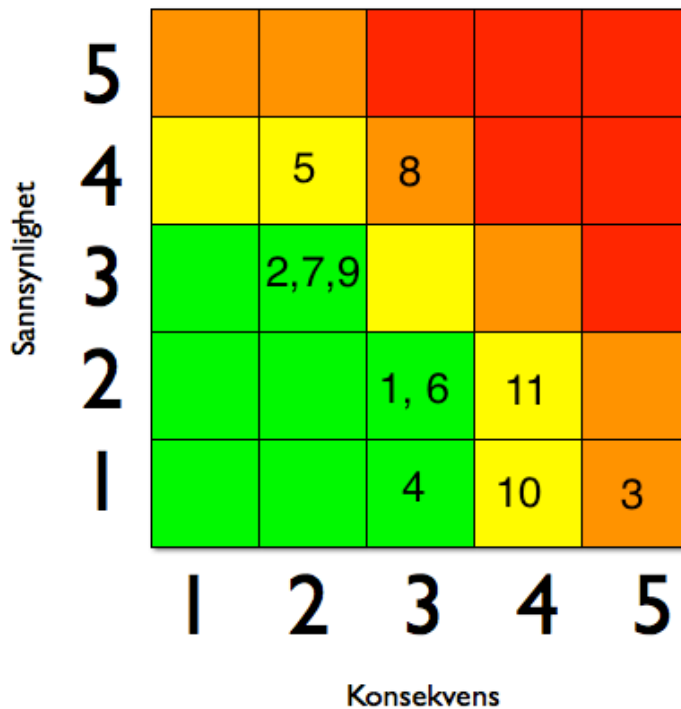
5.2. Risikoanalyse

Med tanke på at det kun er to på gruppa, er det stor sårbarhet ved eventuell frafall og andre grupperelaterte risikoer.

	Hendelse	Sannsynlighet	Konsekvens	Strategi
1	Intern konflikt	2	3	Følge kontrakt, gi beskjed om det oppstår noe, god muntlig kommunikasjon
2	Kortvarig frafall	3	2	Sykdom skjer, men er vi et skritt foran vil dette ha en relativt liten konsekvens
3	Langvarig frafall	1	5	Kommunikasjon i gruppa og med veileder
4	Datatap	1	3	Forhindres med jevnlig backup
5	Utstyr lanseres sent	4	2	Kommunikasjon med leverandører, fokusere på det vi har tilgjengelig
6	Utstyr fungerer ikke	2	3	Utstyret må repareres, byttes eller bruke annet utstyr. Viktig at testene gjøres tidlig
7	Tester gir ikke konsistente data	3	2	Ta nye tester, kvalitetsikre resultat
8	Manglende dokumentasjon	4	3	Benytte det som er tilgjengelig
9	Manglende kunnskap	3	2	Lese og sette seg godt inn i stoffet
10	Tidsfrist overholdes	1	4	Forhindres ved å være

	ikke			tidlig ute
11	Kommunikasjonssvikt med oppdragsgiver	2	4	Med Scrum vil vi sannsynligvis oppdage misforståelser i de jevnlige sprintmøtene

Grafisk fremstilling av risikoene:



De viktigste punktene å jobbe med er tre og åtte, da disse havner høyest på skalaen totalt. Nummer tre er veldig sårbart, siden vi kun er to på gruppen, og vi mister 50 % arbeidskapasitet, i tillegg til fordelene med å være en gruppe. Hvis en slik situasjon blir en realitet må den gjenværende gjøre store inngrep i oppgaven for å komme i mål.

Punkt åtte og fem, som er nært knyttet sammen er sannsynlig på grunn av at 802.11ac ikke er en ratifisert standard, og i følge Cisco[referanse?], blir den ikke det før i fjerde kvartal 2013 heller. Det er en målsetning å oppnå best mulig kontakt med leverandørene, slik at vi vet mest mulig om situasjonen tidlig.

6. Plan for gjennomføring

6.0. Aktivitetsliste

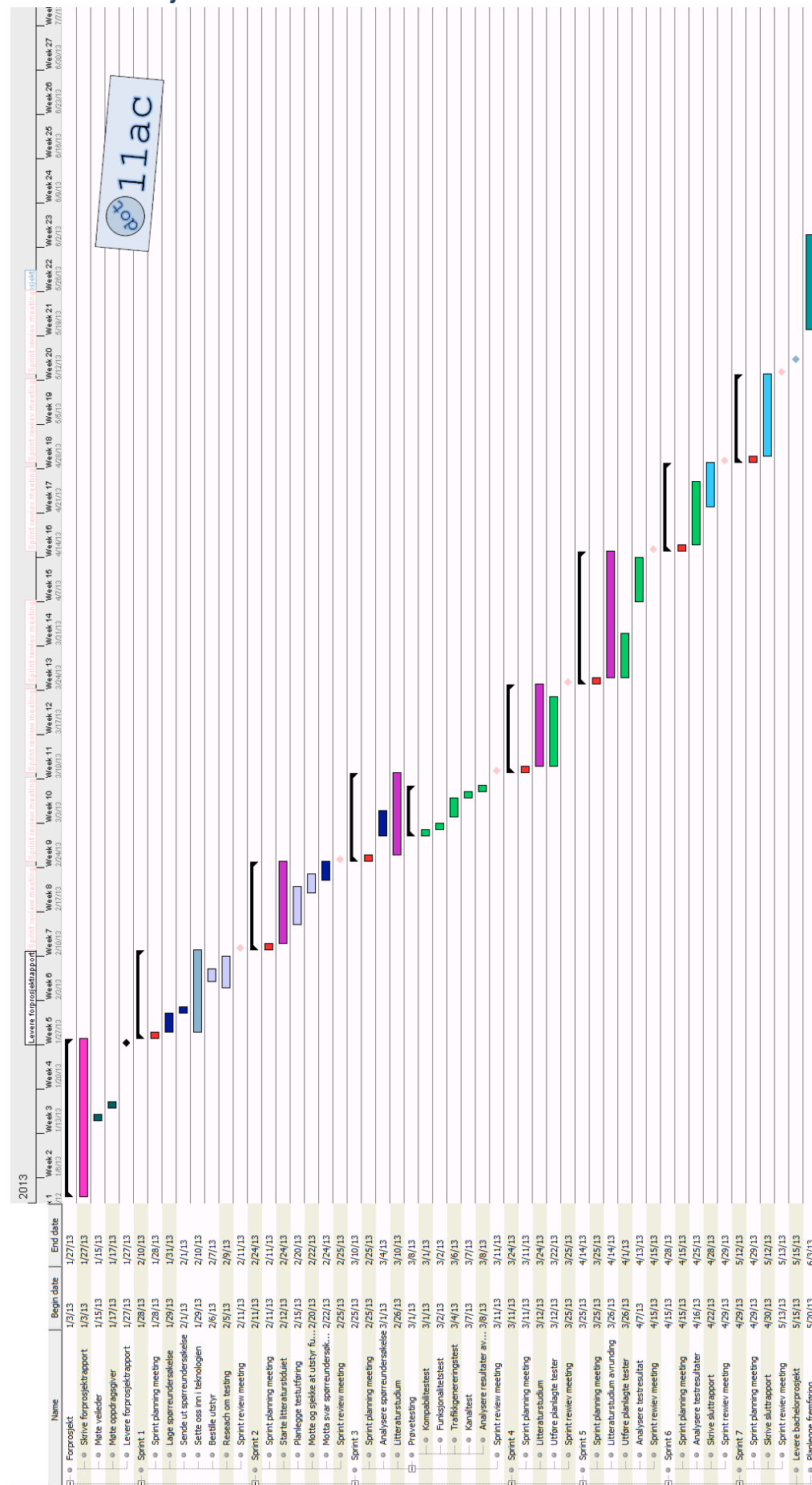
1. Forprosjekt
2. Sette oss inn i teknologien
3. Finne ut hvilke tester som skal gjøres, og hvordan disse best utføres
4. Utføre spørreundersøkelse
5. Teste utstyr
6. Analysere og vurdere resultater
7. Lage en fyldig litteraturstudie
8. Sette opp en konkret anbefaling for eller i mot implementasjon av 802.11ac

6.1. Gantt

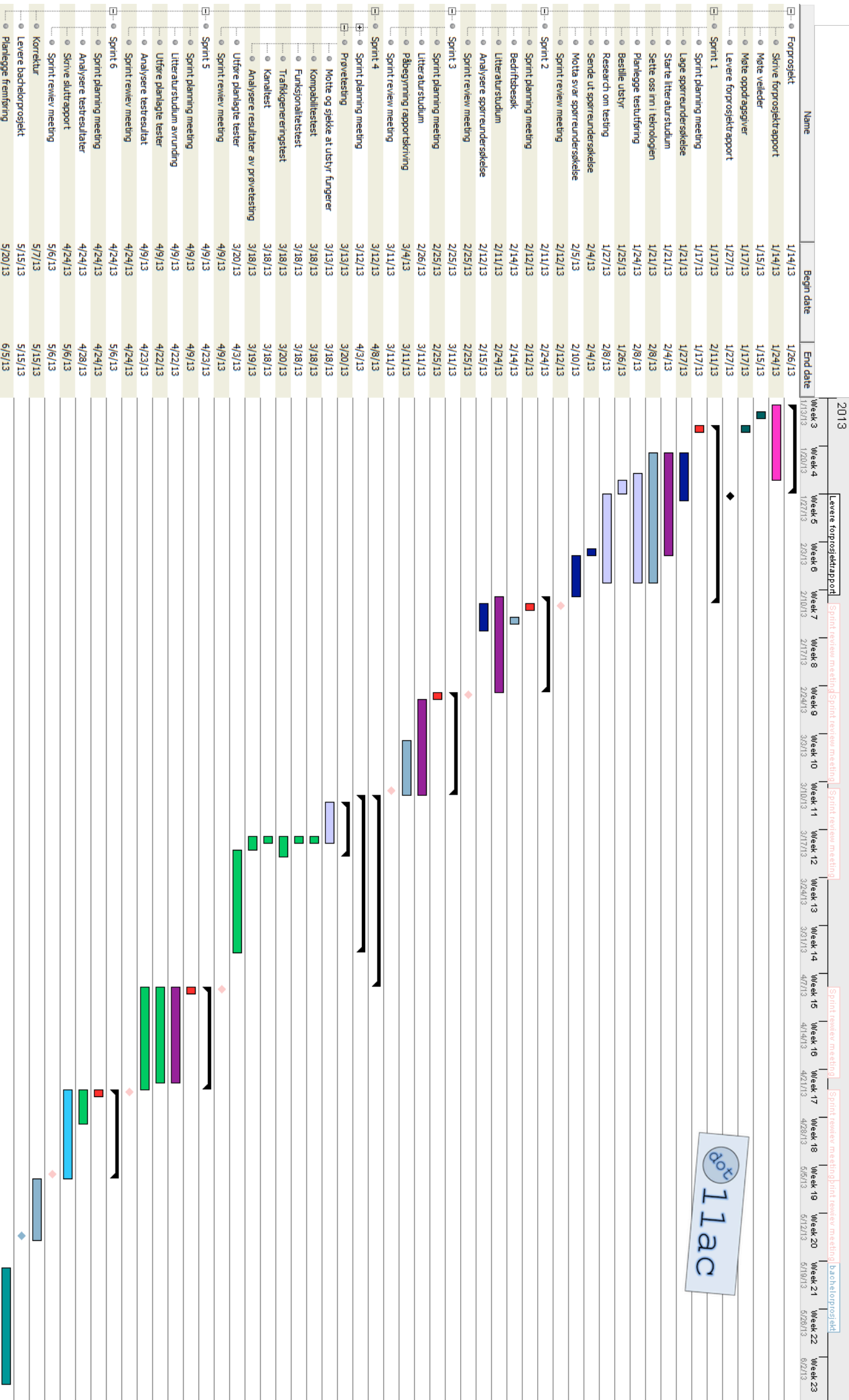
6.1.0. Kommentarer til Gantt

Siden Scrum benyttes som systemutviklingsmetode, vil fremgangen i prosjektet være mer tilfeldig enn hva som kommer frem i Gantt-skjemaet. Uansett er det viktig å ha en overordna plan for når de ulike aspektene av prosjektet bør være påbegynt, og når de bør være ferdig. 14 dagers sprintperiode gir oss syv sprinter, hvor en er litt lengre grunnet påsken.

6.1.1. Gantt-skjema



Vedlegg 13



ToT 11ac