

# Indoor Positioning Systems

---

Hovedprosjekt 2007

Eirik Rønningsgrind, Tor-Ole Dahlø og Jørgen Solheim

29. mai 2007

Høgskolen i Gjøvik  
Institutt for Ingeniør og Allmenfag  
Seksjon for Geomatikk, 2007

Skrevet i L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# 1 Sammendrag

I dagens samfunn møter en rekke mennesker utfordringer som vi fleste andre ikke tenker over. Slik samfunnet er i dag er fremkommeligheten til mennesker med permanent eller midlertidig nedsatt funksjonsdyktighet vanskelig mange steder. Begrepet universell utforming omhandler forming av omgivelser og infrastruktur på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker uten behov for tilpasning. Hovedoppgaven tar for seg teori og forklaring rundt begrepet universell utforming, og begrepets sammenheng med, krav til og ønsker om en lettere hverdag for alle.

Innendørs posisjonering er et tema som enda ikke har blitt utviklet mot universell utforming i spesielt stor grad. Denne oppgaven tar for seg prinsippene og grunnteorien bak de forskjellige teknologiene som brukes i de fleste systemer for innendørs posisjonering, og hvordan disse forskjellige løsningene fungerer. Vi har også vurdert disse opp i mot våre egne definerte krav for universell utforming.

Vi har også i samarbeid med det norske firmaet Sonitor Technologies utført tester av et innendørs posisjoneringssystem basert på ultralyd. Testene ble utført for å se hvordan et slikt system kan fungere, og om det var mulig å bruke systemet til våre formål.

Resultatet av oppgaven viser at videre arbeid med temaet trengs for å kunne si noe mer spesifikt om hvilke(t) system(er) som egner seg best til innendørs posisjonering med universell utforming som mål.

## 2 Forord

Denne rapporten er utarbeidet av Tor-Ole Dahlø, Jørgen Solheim og Eirik Rønningsgrind som en avsluttende Bacheloroppgave i Geomatikk ved Høgskolen i Gjøvik våren 2007. Prosjektet er vektet til 20 studiepoeng per student.

Dette hovedprosjektet ble foreslått av Høgskolelektor George Preiss som en del av et forskningsprosjekt og studie mot Universell Utforming. Vi har med dette prosjektet satt lys på de systemene som er mest omtalt og testet av andre, og sett på hva som er blitt gjort av andre rundt i verden. Vår visjon om et navigeringssystem som kan settes i bruk av UU blir nok ikke realisert med det første, men vi følte det var viktig å rette interessen mot dette og håper på at det vil bli testet videre av andre i framtiden ved HiG og ved Geomatikk linjen. Dette er et tema som og gir store muligheter for tverrfaglig samarbeid utover faglinjene på skolen, det vil være et godt tiltak å lage et prosjekt som involverer studenter fra andre linjer ved Høgskolen.

Navnet på prosjektet er valgt til IPS (Indoor Positioning Systems). Da GNSS med sine navigasjonssystemer utendørs er i kontinuerlig vekst, er det naturlig å se på hvordan det er mulig å realisere et innendørs navigasjonssystem.

Rapporten inneholder teori om eventuelle metoder til bruk i IPS, rapport om testing av Sonitors ultralydssystem, logg av gruppearbeidet, samt annen dokumentasjon rundt temaet IPS.

Vi vil takke våre veiledere ved HiG, Georg Preiss og Erling Onstein for godt samarbeid og rettleiding. Vi vil og rette en stor takk til Wilfred E Booij og Svein Rostad ved Sonitor Technologies, som ga oss muligheten til å få testet ultralyd systemet deres og som støttet oss med spesialkompetanse ved feilsøking.

Gjøvik 30/05 - 2007

Eirik Rønningsgrind

Tor-Ole Dahlø

Jørgen Solheim

## Innhold

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Forord</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Universell Utforming og E911</b>	<b>7</b>
4.1	Universell Utforming . . . . .	7
4.2	Hvorfor . . . . .	9
4.3	UU og innendørs posisjonering . . . . .	10
4.3.1	Ønsket nøyaktighet . . . . .	11
4.3.2	Visjon for fremtiden . . . . .	12
4.4	E911 . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Teori/Prinsipper</b>	<b>15</b>
5.1	WLAN . . . . .	15
5.1.1	WLAN som datanettverk . . . . .	15
5.1.2	Dagens LAN . . . . .	15
5.1.3	Større nettverk . . . . .	15
5.1.4	Trådløst . . . . .	16
5.1.5	Utbredelse . . . . .	16
5.1.6	Bestanddelene i systemet . . . . .	16
5.1.7	Fordelene med WLAN inkluderer . . . . .	17
5.1.8	Ulemper med WLAN . . . . .	18
5.2	WLAN og posisjonering . . . . .	20
5.2.1	Etablering av systemet . . . . .	20
5.2.2	Kombinasjon av teknikker . . . . .	20
5.2.3	Forventet nøyaktighet . . . . .	20
5.2.4	Fordeler ved bruk av WLAN til posisjonering . . . . .	21
5.3	Global Navigation Satellite System . . . . .	22
5.3.1	Global Positioning System . . . . .	22
5.3.2	Glonass . . . . .	22
5.3.3	Galileo . . . . .	22
5.3.4	Beidou . . . . .	23
5.3.5	Bruksområder . . . . .	23
5.3.6	Segmentering . . . . .	23
5.4	Innendørs GNSS . . . . .	25
5.4.1	Fordeler med GNSS . . . . .	25
5.4.2	Signalforsterkning / Repeatere . . . . .	25

5.4.3	Pseudolitter . . . . .	26
5.4.4	Tidsreferansen . . . . .	26
5.4.5	Feilkildens betydning . . . . .	27
5.4.6	A-GNSS . . . . .	27
5.4.7	Integrasjonstid . . . . .	27
5.4.8	GNSS uten satellitter . . . . .	28
5.5	RFID . . . . .	29
5.5.1	Historien bak RFID . . . . .	29
5.5.2	RFID tags . . . . .	29
5.5.3	Bruksområder . . . . .	30
5.5.4	RFID og IPS . . . . .	31
5.6	Ultra Wide Band . . . . .	32
5.6.1	Teknologien bak UWB . . . . .	32
5.6.2	Ultra Wide Band og Indoor Positioning . . . . .	32
5.7	Ultralyd . . . . .	34
5.7.1	Hva er ultralyd . . . . .	34
5.7.2	Menneskeørets oppfattelsesevne . . . . .	34
5.7.3	Anvendelsesområder . . . . .	34
5.7.4	Innendørs posisjonering ved bruk av ultralyd . . . . .	35
5.8	Infrarød . . . . .	37
5.8.1	Fakte om infrarød . . . . .	37
5.8.2	Bruksområder . . . . .	37
5.8.3	Infrarød - Navigasjon . . . . .	37
<b>6</b>	<b>IPS og Personvern</b>	<b>38</b>
6.1	Utfordringer . . . . .	39
<b>7</b>	<b>Vurdering av IPS systemene</b>	<b>40</b>
7.1	Grunnlag for vurdering av løsninger . . . . .	41
7.2	Forhold som ligger til grunn for vurderingen . . . . .	41
7.3	Vurdering . . . . .	42
7.3.1	Nøyaktighet . . . . .	42
7.3.2	Rekkevidde . . . . .	42
7.3.3	Kostnader . . . . .	42
7.3.4	Installasjon . . . . .	43
7.3.5	Drift og vedlikehold . . . . .	43
7.3.6	Letthet i bruk . . . . .	44
7.3.7	Integrering og videre utbygging . . . . .	44
<b>8</b>	<b>Prosjektering, valg av løsning.</b>	<b>45</b>

---

<b>9 Test av Ultralyd systemet.</b>	<b>46</b>
9.1 Hva er testet . . . . .	46
9.2 Hvordan . . . . .	49
9.2.1 Lokasjon . . . . .	49
9.2.2 Protokoll . . . . .	57
9.2.3 Logg og bearbeiding av data . . . . .	58
9.2.4 Forflytning av sender . . . . .	63
9.3 Test resultater av Sonitors ultralydssystem . . . . .	64
9.4 Videre samarbeid med Sonitor Technologies . . . . .	65
<b>10 Resultat</b>	<b>66</b>
<b>11 Konklusjon</b>	<b>67</b>

### 3 Innledning

IPS (Indoor Positioning Systems) representerer et marked som for tiden er under stor utvikling og interesse fra flere hold. Gjennomsnittlig bruker det moderne mennesket omtrent 10 ganger mer tid innendørs enn utendørs, men likevel er utendørs navigering og posisjonering kommet mye lenger i utviklingen enn tilsvarende løsninger for innendørs bruk. Ved bruk av GNSS-systemer kan man i dag med relativt enkelt utstyr finne ut hvor man til en hver tid befinner seg. Denne teknologien har blitt allmenn tilgjengelig de siste årene, men fungerer kun utendørs hvor GNSS-satellitter har mer eller mindre direkte sikt til mottakeren. Under tak, inne i bygninger og lignende må derimot annen teknologi tas i bruk for å oppnå tilsvarende posisjonering. Dette hovedprosjektet går kort forklart ut på å kartlegge, vurdere og eventuelt teste teknologi og systemer som kan brukes til innendørs posisjonering sett opp imot universell utforming.

Referanser som ikke er direkte brukt i oppgaven, men som er lest i forkant og under arbeidet med prosjektet: [8, 26, 7, 25, 15, 23, 1, 2]

## 4 Universell Utforming og E911

### 4.1 Universell Utforming

Def: ”Universell utforming er forming av produkter, bygg, transportmidler og omgivelser på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor grad som mulig, uten behov for tilpasning eller spesiell utforming.”

Referanse: [12]

Hovedmålet med Universell utforming er å øke tilgjengeligheten for alle mennesker, både funksjonsfriske og funksjonshemmede. Slik samfunnet er i dag er framkommeligheten til mennesker med permanent eller midlertidig nedsatt funksjonsdyktighet vanskelig mange steder, dette gjelder både innendørs og utendørs. Det å tilrettelegge framkommeligheten for alle vil gjennom universell utforming kunne løses best mulig gjennom ordinære, generelle tiltak. Slike tiltak kan være en naturlig del av produktdesign, arkitektur, planlegging og service.

Stortingsmeldingen som omhandler universell utforming, ”Nedbygging av funksjonshemmedes barriere” [14], tar for seg strategier, mål og tiltak i politikken for personer med nedsatt funksjonsevne. Stortingsmeldingen er lagt frem for å senke eller ta bort de barrierene som finnes mellom personer med nedsatt funksjonsevne, og de krav samfunnet stiller. I bunn av denne stortingsmeldingen er verdigrunnlaget for personer med nedsatt funksjoner. Sentralt her står likeverd, selvbestemmelse, aktiv deltakelse og personlig og sosialt ansvar.



Standard Norge har ut ifra Stortingsmelding nr 40 (2002-2003) utarbeidet en handlingsplan for standardiseringen av hjelpemidlene for universell utforming. Dette er en strategisk handlingsplan for å fremme prinsippene om universell utforming i standardiseringsarbeidet.

Standardiseringsarbeid og prinsipper i forhold til universell utforming

- Likhet i bruk.
- Fleksibel bruk.
- Enkel og intuitiv bruk.
- Oppfattbar informasjon.
- Lav fysisk nivå.
- Størrelse og rom for å komme til for å bruke.

Disse prinsippene kommer fra en gruppe designere, arkitekter mv. som er satt sammen av Standard Norge.

Referanse: [12, 14]

## 4.2 Hvorfor

Høgskolen i Gjøvik har satt seg et mål om å bli et nasjonalt senter for Universell Utforming. Temaet IPS faller innenfor Universell Utforming, da det utvilsomt ville lette hverdagen for de fleste. For eksempel kan en ved bruk av IPS integrert i andre informasjonssystemer, interaktive kart, blåtann og talestyring kunne navigere blinde rundt i store bygninger, som for eksempel et kjøpesenter de aldri har vært i før, eller sykehus og andre offentlige institusjoner. Universell Utforming vil kunne fungere som en startgrop for IPS-systemer. Det vil sannsynligvis utvikle seg et enormt marked for inendørs navigasjon. Dette vil da ikke bare gjelde i sammenheng med idealistiske prinsipper som UU, men også som en ren kommersiell bransje med et enormt utviklingspotensiale.

Referanser:[11]

### 4.3 UU og innendørs posisjonering

To nøkkelord som er plukket ut fra Stortingsmelding nr 40 er:

- Tilgjengelighet.
- Egenhjelp.

Vi mener at med et fungerende IPS system vil tilgjengeligheten og muligheten for egenhjelp styrkes betraktelig for funksjonshemmede. De får en helt annen mulighet til å bevege seg rundt - enten i rullestol eller som svaksynt - på ukjente steder ved hjelp av IPS. Dette kan for eksempel være på store kjøpesentre, sykehus, flyplasser og lignende.

Vi ville med dette prosjektet se litt på hvilke systemer som i dag har en mulighet til å kunne tilby en posisjonerings- eller navigeringstjeneste i dag. Målet er og å se om noen av disse systemene er brukenes til vårt mål med innendørsposisjonering til UU formål. Ideene og visjonen strekker seg langt fram i tid og det vi ville sette lys på er en start på noe som kan forskes på og testes videre ved HiG. Det at HiG har som mål å være en foregangsskole på forskning på dette temaet, vil vi tro og håpe gir store muligheter til å viderføre dette prosjektet for andre studenter ved senere kull. Dette gjelder og studenter fra andre linjer en geomatikk.

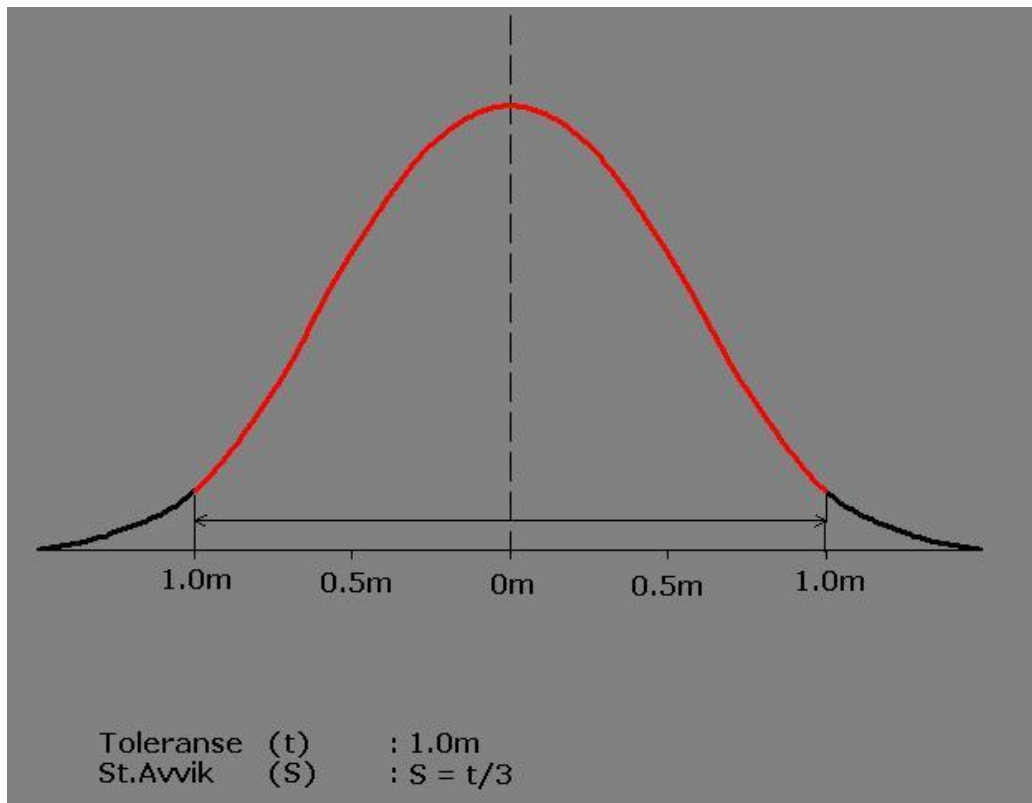
Innendørs posisjonering er et begrep som de fleste ikke har tenkt noe spesielt over. For de fleste av oss er det som regel ikke noe problem å finne inn eller ut på ukjente plasser. For deler av samfunnet vårt er det ikke like enkelt. Noen av oss trenger andre hjelpemidler til å klare hverdagens utfordringer og det å finne hvor disse hjelpemidlene er og da i tillegg være på ukjente plasser er ikke alltid like enkelt. Bare det at man er i en ukjent by kan føre til vanskeligheter med å finne et offentlig toalett om det trengs. Nå begynner slike ting å bli enklere da teknologien rundt satellitt navigering har blitt enklere, lettere, billigere og smartere. Men hva hjelper dette oss om man er innendørs? Er det da noen som ikke kan bevege seg, snakke eller høre like lett som flesteparten dukker det opp problemer. Innendørs posisjonering av rullestolramper, toaletter tilrettelagt for bevegelseshemmede, dører, butikker mm. er et tema som er ønskelig å se nærmere på. Navigasjon innendørs er ikke like enkelt for alle, og da burde samfunnet ha plikt på seg til å tilrettelegge for de det kan skape problemer for.

Referanser:[14]

### 4.3.1 Ønsket nøyaktighet

Å navigere innendørs byr på mange problemer og ubesvarte spørsmål. Et av disse er hvilken nøyaktighet man kan kreve til dette formålet. Om man tenker seg hva som kreves i dag for å finne en døråpning eller en påkjøringsrampe kan man nok si at en nøyaktighet på 0.5m - 1.0m er tilstrekkelig. Dette er en nøyaktighet vi tror kan holde mål, men vi har ikke undersøkt dette med aktuelle brukere. Vi forsvarer dette kravet med at de fleste av dagens hindringer ikke er smalere enn 0.7m og en standard rullestol ikke er bredere enn 0.6m til 0.8m.

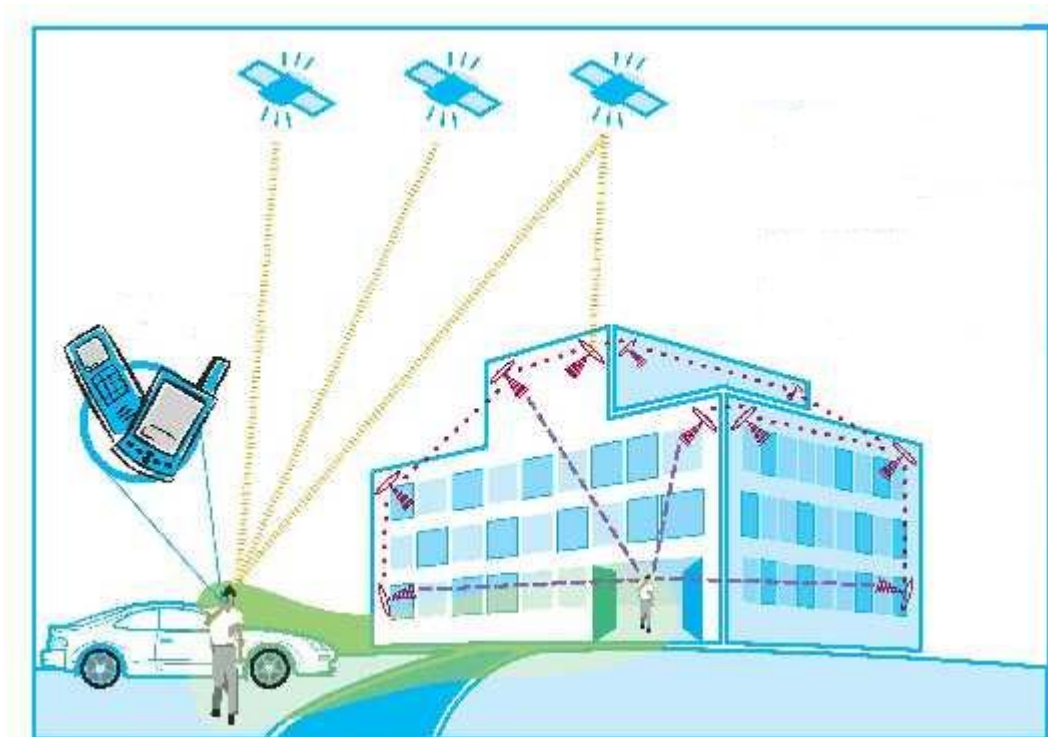
Referanser:[19]



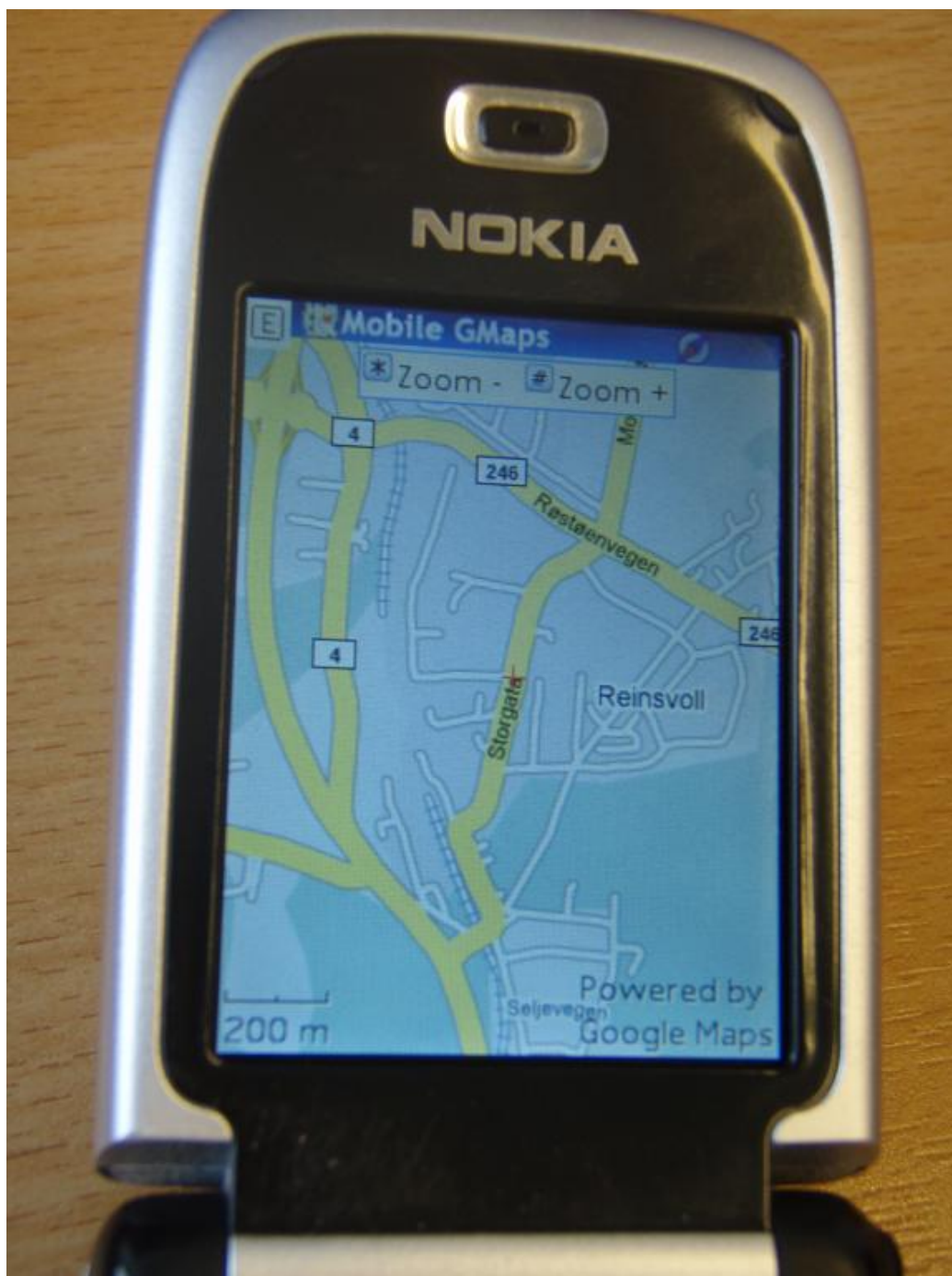
Toleranse.

### 4.3.2 Visjon for framtiden

- Alle kan komme seg frem der de vil.
- En PDF/Mobiltelefon blir et enda bedre hjelpemiddel enn det er i dag.
- En enklere hverdag for den enkelte.
- La alle bygninger bli pålagt å tilrettelegge og hjelpe alle til å takle dagens utfordringer uten å måtte ha hjelp eller trenge å spørre.



Visjon.



Eksempel på integrering i dagens teknologi.

#### 4.4 E911

E911 er et direktiv for Nord-Amerika som kobler et telefonnummer som ringer nødnummeret opp i mot en bestemt adresse. Dette for å kutte ned på utrykningstid til steder der det ikke er mulig eller vanskelig å formidle posisjon, f.eks brann, innbrudd og kidnapping. I takt med den stadige voksende mobiltelefonbruken er det utarbeidet nye direktiver som skal dekke dette. Innen Wireless E911 skal oppringerens og mobiltelefonens posisjon kunne bestemmes innenfor nøyaktigheten gitt av standarder (50m - 300m) utifra hvilken teknologi som er brukt til posisjoneringen. Teknikker som er aktuelle her er enten innebygd Assisted GPS i telefonen eller triangulering av mobiltelefonen mot telefonmastene som er innenfor dens rekkevidde. Dette systemet er et tema som kan bygge opp under begrepet Indoor Positioning Systems og Universell Utforming.

Referanser:[11]

## 5 Teori/Prinsipper

### 5.1 WLan

#### 5.1.1 WLan som datanettverk

WLan er en forkortelse for Wireless Local Area Network. Et Local Area Network (heretter kalt LAN) er et datamaskinbasert nettverk som i all hovedsak dekker et lite geografisk område, som for eksempel i hjemmet, i et kontorlandskap, eller en gruppe bygninger. Dagens LAN er hovedsakelig basert på Ethernet teknologi, som kjører på hastigheter mellom 10 og 1000 Mbit/s. Hver node eller maskin i LAN'et er frittstående i den forstand at den har kontroll over seg selv, men den kan også få tilgang til andre noder i nettverket forutsatt at den har tilgang til dette. Hovedtrekkene til et LAN, sett opp i mot motstykket WAN (Wide Area Network, for eksempel Internett), er at det har høyere overføringshastighet, mindre geografisk utstrekning, og at det ikke har behov for eksterne telekommunikasjonslinjer.

#### 5.1.2 Dagens Lan

Selv om Ethernet er den mest vanlige datalinkprotokollen, og IP igjen er den mest vanlige nettverksprotokollen for nettverk i dag, har mange flere alternativer blitt prøvd ut. Flere av disse brukes også fremdeles i sine egne nisjeområder. Mindre LAN består i dag typisk av noen få switcher koblet sammen med for eksempel et modem eller en ruter. Dette er en løsning som de aller fleste privatbrukere av slike løsninger vil kjenne igjen.

#### 5.1.3 Større nettverk

Større LAN kan som regel karakteriseres ved at de i større grad styrer Ethernet-trafikken gjennom faste regler. For eksempel kan et overordnet nett styre flere undernett, for å selv kunne opprettholde redundans i systemet og dermed unngå feil. Et LAN kan ha koblinger til andre LAN via for eksempel rutere, eller egne fastlinjer. Tradisjonelt kalles et slikt nettverk som kobler sammen 2 eller flere LAN for WAN. Internett er resultatet av en slik massiv sammenkobling av LAN over hele verden.



#### 5.1.4 Trådløst

Et WLAN er som tidligere nevnt den trådløse versjonen av et LAN, som muliggjør sammenkobling av 2 eller flere datamaskiner uten kabler. WLAN bruker grovt forklart modulerte radiobølger i området 2.4 Ghz eller 5.1 Ghz, avhengig av understandard, for å muliggjøre trådløs kommunikasjon mellom enheter over et begrenset geografisk område. Dette gjør at brukeren har muligheten til å flytte på seg og fremdeles være tilkoblet det samme nettverket.

#### 5.1.5 Utbredelse

WLAN har i den siste tiden blitt utrolig populært hos den vanlige hjemmebrukeren, både på grunn av den enkle installasjonen av slike systemer, men også på grunn av friheten dette medfører sett i sammenheng med det økte salget av bærbare PC'er de siste årene. Mange aktører tilbyr nå også tilgang til WLAN til sine kunder, for eksempel kaféer og restaurantkjeder - noen av disse til og med som en gratistjeneste. Store trådløse nettverk blir satt opp i hele byer, for eksempel har Trondheim planer om å dekke hele byen av WLAN-soner. Populariteten som WLAN har oppnådd, vitner om at systemets bekvemmelighet, tilgjengelighet og evne til å integreres i allerede eksisterende infrastruktur passer godt inn i dagens marked. De aller fleste PC'er som blir solgt til privatbrukere i dag har all nødvendig WLAN-teknologi installert.

#### 5.1.6 Bestanddeler i systemet

Oppbyggingen av et trådløst nettverk består av flere typer komponenter. Ethvert utstyr som kan kobles til et trådløst nettverk kalles en stasjon. Alle stasjoner er utstyrt med trådløse nettverkskort i en eller annen form. Trådløse stasjoner faller så inn i 2 undergrupper - tilgangspunkter eller klienter.

Tilgangspunkter er basestasjoner for det trådløse nettverket. Disse sender og mottar radiofrekvenser som kompatibelt utstyr kan kommunisere via. Tilgangspunktet er som oftest den første trådløse komponenten i et system, og er som oftest koblet opp i mot resten av arkitekturen (servere, rutere) via et kablet nettverk. En klient er kort forklart enhver mobil enhet som kan koble seg til et trådløst nettverk, som for eksempel bærbar PC, PDA, mobiltelefon eller IP-telefon.

### 5.1.7 Fordelene med WLAN inkluderer

- Bekvemmelighet

Den trådløse teknologien tillater at brukere kan få tilgang til alle sine nettverkssressurser fra ethvert ønskelig sted innad i sine nettverk. Med den økte tilførselen av bærbare PC'er, er dette spesielt relevant.

- Mobilitet

Med den økte tilgjengeligheten av trådløse nettverk kan brukere få tilgang til internett selv utenfor deres normale arbeidssituasjon eller hjem. De fleste caféer og restauranter tilbyr sine kunder trådløs tilkobling til liten eller ingen kostnad.

- Produktivitet

Bruker som er tilkoblet et trådløst nettverk kan opprettholde en tilnærmet konstant tilkobling til et ønskelig nett etter som de flytter seg fra sted til sted. For næringslivet tilsier dette at en ansatt potensielt kan bli mer produktiv, etter som arbeidet kan utføres fra ethvert ønskelig sted.

- Installasjon

En enkel installasjon av et trådløst nettverk - som i de aller fleste tilfeller er tilstrekkelig - krever ikke stort mer enn ett enkelt tilgangspunkt. Sammenlignet med kablede nettverk, hvor man fysisk er nødt til å trekke kabler mellom for eksempel bygninger, er dette enormt kostnadsbesparende. Man kan med en trådløs løsning til og med rekke områder som i utgangspunktet ville vært vanskelige å nå med vanlig kabelnett.

- Utbyggingsmuligheter

Trådløse nettverk er relativt enkle å oppgradere. I et tenkt scenario hvor man for eksempel plutselig skal legge til et stort antall klienter i nettverket, er ikke dette et problem med trådløse nett, da infrastrukturen som ligger til grunn for det allerede eksisterende nettet takler dette uten problemer. I et kablet nett måtte man i dette scenarioet legge nye kabler for hver nye klient.

- Kostnader

Trådløse nettverkskomponenter tilfører i verste fall en moderat økning i innkjøpskostnader sammenliknet med kablet nettverk. Denne økte kostnaden blir derimot nesten alltid utliknet av besparelsene ved mindre installasjonskostnader sett opp i mot kablede nettverk.

I spesielle tilfeller er det likevel nødvendig med kablet nett, for eksempel i profesjonelle miljøer med behov for høye overføringshastigheter. Nye standarder av trådløs kommunikasjon er derimot i ferd med å nå hastigheter mellom 100-200Mbps, og vil dermed kunne erstatte dette behovet innen kort tid.

### 5.1.8 Ulemper med WLAN

- Sikkerhet

WLAN-utstyr er designet for å betjene datamaskiner gjennom en uavbrutt nettverksstruktur, og gi en kontinuerlig tjeneste ved hjelp av modulerte radiosignaler. På grunn av behovet for begrenset størrelse og lavest mulige kostnader, er antenner på slikt utstyr ofte preget av lav kvalitet. For å kunne motta signaler gjennom slike antenner, er senderne i systemet ofte avhengig av å sende med relativt høy styrke. Dette betyr at signalet ikke bare kan bli plukket opp "midtveis" av dårligere utstyr, men også - og kanskje mer viktig - at en bruker som er villig til å betale for bedre utstyr kan få inn signaler fra betydelig avstand; kanskje til og med flere hundre ganger radiusen sammenliknet med vanlige brukere. I et kablet nettverk vil en inntrenger først måtte finne en måte å komme inn i det fysiske kablede nettet for å kunne gjøre skade. I et trådløst nett er denne "spærren" borte, og dermed er det enklere for brukere med uærlige hensikter å kunne gjøre skade. For å motarbeide denne typen inntrengning, har trådløse nettverk ofte implementert forskjellige krypteringsmetoder. Eksempler på slike er WPA (Wi-Fi Protected Access) og WEP (Wired Equivalency Privacy). Disse har imidlertid vist seg å ha svakheter som en inntrenger kan utnytte til sin fordel.

- Rekkevidde

Den typiske rekkevidden til et trådløst nettverk ansett som standard i dag, er i størrelsesorden av titalls meter. Dette er godt nok for de fleste hjem og andre små områder, men vil være utilstrekkelig i større sammenhenger,

som for eksempel store kontorbygg. For å oppnå lengre rekkevidde, brukes repeaterer - ellers må flere tilgangspunkter skaffes. Kostnadene for slikt utstyr kan fort bli store om det er snakk om å utvide selve infrastrukturen i større grad, og vil være et stort minus i den sammenheng.

- Pålitelighet

På samme måte som med all annen sending av radiosignaler, er trådløse nettverk utsatt for varierende grad av forstyrrelser. I de fleste nettverk brukes også modulerte signaler, noe som gjør at disse feilkildene spiller inn ytterligere. På grunn av slike feilkilder er som regel kjernekomponentene i et nettverk - som for eksempel servere - sjelden trådløst tilkoblet.

- Hastighet

Overføringshastigheten i de fleste trådløse nettverk (typisk 1-108Mbps) er betydelig tregere enn selv de tregeste kablede nettverk (ofte 100-1000Mbps). Hastigheten påvirkes også av forskjellige protokoller brukt i overføringen av data, som for eksempel TCP-protokollen og dens innebygde funksjon for å unngå tilstopping av data i systemet. For de fleste brukere er derimot ikke hastigheten et problem, da det ikke er i det trådløse systemet flaskehalsen sitter. De fleste lokale nettverk er koblet opp i mot større utenforstående nett, og det er her problemet ligger. De fleste internettleverandører tilbyr hastigheter rundt 1-5Mbps, enkelte opp til 20Mbps. Dette er betydelig tregere enn de fleste trådløse nett, og det kan dermed ikke ta hele skylden for dette. Det er imidlertid i de tilfeller hvor et trådløst nett skal fungere sammen med egne profesjonelle høyhastighetsnett vi får flaskehalsen i det trådløse nettet; det vil i slike tilfeller da være mer hensiktsmessig med et kablet nett.

Referanser:[11, 21]

## 5.2 WLAN og posisjonering

Det finnes en rekke tilbydere og forskjellige løsninger på WLAN-posisjonering på markedet i dag. En av de mest kjente er Ekahau, som tilbyr sin Ekahau Positioning Engine (EPE). Dette er en software-basert løsning basert på Java 2 som kjører på operativsystemer som Windows NT/2000/XP, WinCE 3.0 og Pocket PC 2002. En annen tilbyder er WhereNet, som tilbyr en rekke posisjoneringstjenester, inkludert fullkompatibel hardware. Da det er ingen standarder for innendørs posisjonering ved hjelp av WLAN, kan i praksis alt utstyr beregnet for vanlig trådløs nettverkstilgang brukes til dette formålet, forutsatt at det ligger en softwareløsning til grunn.

### 5.2.1 Etablering av systemet

Posisjoneringssystemet fungerer på den måten at signaldistribusjonen av tilgangspunkter i det trådløse nettverket kartlegges for å lage en modell. Denne delen av etableringen kan kalles for systemets opplæringsfase. Etter at modellen er lagd, kan denne da kjenne igjen forskjellige kombinasjoner av WLAN-dekning, og ut ifra dette knytte relativ posisjon til et kjent koordinatsystem. Denne fasen kan da kalles den operative delen av systemet.

### 5.2.2 Kombinasjon av teknikker

For å begrense arbeidet i opplæringsfasen, kan det benyttes en modellbasert opplæringsfase basert på signalenes kjente forplantning. I denne forenklingen av opplæringsfasen trenes systemet ved hjelp av noen få innsamlede data, og reduserer dermed behovet for nøyaktig modellering. For å forbedre nøyaktigheten til posisjoneringssystemet, kan det også legges til en algoritme som bestemmer posisjon både ved hjelp av det innkommende signalet og den kjente topologien i området. Det er også blitt gjort en del forsøk med å kombinere WLAN-posisjonering med andre posisjoneringsteknikker, som for eksempel digitale kompass.

### 5.2.3 Forventet nøyaktighet

Ved å bruke tidligere nevnte teknikker som kombinerer WLAN-posisjonering med for eksempel modellering av topologi, vil man kunne bestemme posisjon med en nøyaktighet ned mot 1-2 meter ved statisk måling. Tilsvarende for

kinematiske målinger ligger på rundt 5 meter.

#### 5.2.4 Fordeler ved bruk av WLAN til posisjonering

Det å bruke WLAN til et nettverksbasert posisjoneringssystem har følgende fordeler.

- Økonomi

Trådløse nettverk er som regel allerede på plass i de aller fleste arenaer hvor et innendørs posisjoneringssystem behøves. I tillegg er det relativt enkelt å implementere et posisjoneringssystem som software i utstyr som allerede har WLAN-funksjonalitet. Dette vil i tilfelle legges inn i utstyrets eksisterende system på applikasjonsnivå eller mellomnivå. Et software-basert posisjoneringssystem har også økonomiske fordeler sett opp i mot alternativet, som er å anskaffe dedikerte tags og sette disse opp imot en egen arkitektur.

- Dekning

I likhet med teknologien som ligger i bunnen - altså WLAN - har posisjonering ved hjelp av trådløse nett naturlig nok like god dekning som selve nettverkskommunikasjonen det opprinnelig er tenkt for. WLAN-baserte posisjoneringssystemer kan dekke store områder og bygninger, til og med gjennom flere bygninger om forholdene ligger til rette for det.

- Stabilitet

WLAN gir et stabilt posisjoneringssystem på grunn av radiosignalenes forplantning gjennom omgivelsene. Systemer basert på lys eller lyd vil både bli begrenset i sin dekning på grunn av skygging og dårlig evne til å penetrere omgivelsene, og være mer utsatt for feilkilder over større avstander (som for eksempel påvirkning av fluoriserende lysrør og direkte sollys).

Referanser:[18]

## 5.3 Global Navigation Satellite System

GNSS (Global Navigation Satellite System) er standarduttrykket for satellittbaserte navigasjonssystemer som tilbyr en autonom romlig posisjonering med global dekning. Et GNSS muliggjør egenposisjonering av små elektroniske mottakere med en nøyaktighet på meternivå, ved å måle tidsdifferansen i et signal sendt via radiosignaler fra satellitter.

### 5.3.1 Global Positioning System

GPS er per dags dato det eneste fullstendig operative GNSS i verden. Det ble utviklet av det amerikanske forsvarsdepartementet under det offisielle navnet NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System). Systemet koster rundt 750 millioner dollar å vedlikeholde hvert år - inkludert all utskiftning og oppdatering av satellitter og annet forskningsarbeide. GPS er likevel gratis for sivile å bruke som en gode til det offentlige.

### 5.3.2 Glonass

Det russiske GLONASS er et GNSS - tilsvarende det amerikanske GPS - som nå er i ferd med å bli fullstendig opprustet etter en periode med nedetid. Utviklingen av GLONASS startet i 1976, med et mål om global dekning innen 1991. I 1982 ble de første satellittene skutt opp, og flere fulgte kontinuerlig helt til systemet var komplett i 1995. Etter ferdigstillingen falt systemet raskt sammen grunnet kollapsen i den russiske økonomien i kjølvannet av den kalde krigen. I 2001 falt beslutningen på å gjenopprette systemet innen 2011. Målet om global dekning har den siste tiden blitt fremskyndet til 2009 grunnet samarbeid med den indiske regjeringen.

### 5.3.3 Galileo

Galileo er det planlagte europeiske alternativet til GPS og GLONASS. Det bygges hovedsaklig av European Satellite Navigation Industries, i samarbeid med blant annet ESA og EU. Motivasjonen for å bygge et eget system i Europa kommer hovedsaklig fra det faktum at GPS fremdeles er under militær kontroll, og dermed kan slås av fritt etter ønske fra det amerikanske forsvarsdepartementet. Galileo er tenkt hovedsaklig til sivil bruk, og vil dermed unngå problemstillinger i forbindelse med militære interesser. Et annet viktig

moment er ønsket om høyere nøyaktighet for den vanlige bruker sammenliknet med GPS og Galileo. Per dags dato er 2 testsatellitter skutt opp, men den videre utviklingen av Galileo er noe usikker grunnet økonomiske problemer. Det er derimot etter sigende sikkert at systemet skal bli operativt, om enn noe forsinket i forhold til de opprinnelig planlagte tidsrammer.

#### 5.3.4 Beidou

Det kinesiske navigasjonssystemet Beidou er per dags dato et geostasjonært navigasjonssystem. Det vil si at det kun er regionalt, og ikke globalt. Systemet fungerer i dag kun i området mellom 70-140 grader øst, og 5-55 grader nord. Det foreligger derimot planer om å utvide Beidou til å bli et globalt system, og de første to testsatellittene for dette formålet sender nå ut sine navigasjonsmeldinger. Det planlagte systemet skal bestå av 35 satellitter, 5 geostasjonære satellitter og 30 satellitter i bane. Videre er planen at det skal tilbys 2 tjenester - en gratis tjeneste med nøyaktighet rundt 10 meter, og en lisensbelagt, mer nøyaktig tjeneste. Kina annonserte i 2006 at systemet skal tilby sin åpne tjeneste innen 2008.

#### 5.3.5 Bruksområder

GNSS har over hele verden etter hvert blitt en ekstremt populær måte å navigere på, i tillegg til et uvurderlig verktøy for landmålere og geodeter. I tillegg brukes det i stor grad i kommersielle sammenhenger, og i forskjellige forskningsøyemed. GNSS leverer i tillegg til navigasjon også en presis tid-sreferanse som mange forskere bruker til å studere for eksempel jordskjelv og andre naturfenomener, samt at det brukes til å synkronisere blant annet store telekommunikasjonsnett.

#### 5.3.6 Segmentering

GNSS-systemer kan i all hovedsak deles inn i tre hovedsegmenter. Disse tre er romsegmentet, kontrollsegmentet og brukersegmentet. I denne oversikten er GPS-systemet brukt som eksempel, da informasjon om dette systemet er mest tilgjengelig.



- Romsegment

Romsegmentet av et GNSS består av satellittene. I GPS-systemet er det til enhver tid minst 24 satellitter i bane rundt jorda, spredt over 6 forskjellige plan. Disse er sentrert i mot jorda, og ikke i forhold til fjerntliggende stjerner som mange andre satellitter. De 6 planene går med ca 55 graders vinkling mot ekvator, og er separert fra hverandre med 60 graders differanse langs ekvatorialplanet. Systemet er satt opp slik at nesten ethvert punkt på jordoverflata hele tiden har sikt til minst 6 satellitter. Per dags dato har systemet 30 satellitter i drift i sin konstellasjon. De "overflødige" satellittene bidrar til å bedre nøyaktigheten til mottakerne på bakken ved å sørge for overskytende målinger.

- Kontrollsegment

Satellittenes baner blir overvåket av kontrollstasjoner som drives av det amerikanske luftforsvaret. Disse stasjonene ligger henholdsvis på Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia og Colorado Springs. Informasjon om satellittene sendes til en hovedkontrollsentral, som igjen kontakter satellittene jevnlig med oppdateringer. Disse oppdateringene synkroniserer atomklokkene ombord i satellittene, og justerer efemeridene med hensyn til blant annet solaktivitet og andre baneparametre.

- Brukersegment

GNSS-mottakeren utgjør brukersegmentet i systemet. Mottakere består av en antenne, en prosesseringsdel (hardware og software), og en klokke. Ofte har mottakere også skjerm for å vise informasjon til brukeren. Mottakere er ofte klassifisert etter hvor mange kanaler den støtter; dette uttrykker hvor mange satellitter den kan følge samtidig. Dagens mottakere har ofte mellom 12 og 20 kanaler, avhengig av prisklasse og bruksområde. Mange håndholdte mottakere støtter videreending av data til for eksempel PC eller andre enheter ved å bruke NMEA0183-protokollen. Dette er en dataprotokoll som er utviklet og kontrolleres av amerikanske myndigheter. Slike bruksområder for mottakere blir mer og mer vanlig, og det er i den siste tiden blitt vanlig å integrere mottakere i annet elektronisk utstyr som mobiltelefoner og digitalkamera.

Referanser:[11, 20, 6, 10]

## 5.4 Innendørs GNSS

GNSS-systemer har gjennom sine første generasjoner vist seg å fungere meget godt til utendørs bruk, både for amatører til navigasjonsformål i det kommersielle markedet, og også til profesjonell bruk som for eksempel landmåling og andre forskningsformål. Som de fleste brukere av slikt utstyr kjenner til, fungerer derimot ikke satellittbaserte navigasjonssystemer innendørs - hovedsaklig på grunn av for lav signalstyrke. Signalene er meget utsatte for forstyrrelser og demping slik at innendørs bruk tradisjonelt ikke har vært hensiktsmessig.

Andre grunner er for eksempel mer avanserte feilkilder som flerveisinterferens - multipath - som oppstår når signalet reflekteres fra omkringliggende flater og dermed "lurer" mottakeren til å regne ut feil posisjon. En mottakers posisjon regnes grovt forklart ut ifra informasjon i signalet om avstanden til satellittene; om dette signalet tar en omvei via en vegg eller annen hindring vil ikke denne avstanden være korrekt, og posisjonen til mottakeren vil gjennom beregningene bli feil.

### 5.4.1 Fordeler med GNSS

Grunnen til at innendørs posisjonering via GNSS er så attraktivt er at infrastrukturen og utviklingen av teknologien allerede er til stede. Det vil dermed ideelt sett ikke være nødvendig å opprette kostbare systemer med egen infrastruktur for å oppnå målet om innendørs navigasjon. En annen fordel med å bruke et allerede eksisterende system er at teknologien er lik for alle brukere - det trengs ikke spesialiserte løsninger for hvert enkelt bruksområde.

Dette er selvsagt det ideelle scenario - det vil imidlertid være nødvendig med enkelte modifikasjoner for å kunne realisere en slik visjon. Et system som primært er beregnet på utendørs navigering kan ikke tas i bruk innendørs uten at det gjøres noen grep. Det er disse løsningene som muliggjør innendørs posisjonering - delvis ved hjelp av allerede eksisterende teknologi - som denne delen av oppgaven vil ta for seg.

### 5.4.2 Signalforsterkning / Repeatere

En måte å få GNSS-signaler innendørs er å sette opp såkalte repeatere for å videresende signalene gjennom tak og vegger hvor de normalt ville ha stoppet.

Dette vil da fungere på omtrent samme måte som med de dedikerte pseudolittene tidligere nevnt, men med den vesentlige forskjellen at disse videresender et "samlet" signal. Dagens repeaterer er kun beregnet på å opprettholde mottakerens kontakt med satellittene, for blant annet E911-formål.

Dette gjøres ved at en antenne på utsiden av det aktuelle bygget beregner sin egen posisjon, og videresender dette som GNSS-signaler til senderen på innsiden av bygget. En mottaker kan på den måten opprettholde kontakten og ikke "miste" satellitter - og dermed unngå problemet med initialiseringstid ved utrykning. Mottakeren blir da "lurt" til å tro at den beregner sin egen posisjon, mens den i virkeligheten mottar et allerede sammensatt signal fra repeateren. Resultatet blir da at mottakeren alltid beregner samme posisjon; nemlig den til repeaterens antenne.

### 5.4.3 Pseudolitter

En måte å bruke eksisterende GNSS-mottakere innendørs uten noen form for modifikasjoner, er å opprette pseudosatellitter - eller pseudolitter som de også kalles. Disse etterlikner signalene sendt fra GNSS-satellittene, og med en innmålt kjent posisjon som referanse er det mulig å på samme måte som med GNSS triangulere posisjon innendørs. Faktisk var pseudolitter de første GPS-satellittene, og fungerte som testsatellitter under utprøvingen av systemet på 70-tallet. Pseudolitter kan ikke bare etterlikne GNSS-signaler med også videresende dem på samme måte som en repeater - men da på en slik måte at kun utvalgte satellitters signal videresendes av de forskjellige pseudolittene slik at beregningen av posisjon skjer i mottakeren og ikke i repeateren.

### 5.4.4 Tidsreferansen

Når det kommer til tidsreferansen i et slikt oppsett, kan den enten skje i en egen klokke i systemet - for eksempel en atomklokke som synkroniserer pseudolittene - eller at pseudolittene synkroniseres ved hjelp av tidsreferansen mottatt fra satellittene. Man er da avhengig av å sammenlikne en pseudolitts signal med en satellitts signal, og på den måten synkronisere pseudolittene. Når dette er tilfelle kalles pseudolittene for synkrolitter, og systemet er integrert med eksisterende GNSS-teknologi. Problemet med denne metoden er derimot at tidsmålingen nødvendig for god nøyaktighet er for dårlig per dags dato. I utendørs GNSS-målinger reiser signalet flere tusen kilometer,

og nøyaktigheten som kreves under disse forholdene er ikke like streng som i innendørs GNSS-posisjonering. Grunnen til dette er forholdet mellom avstanden til satellittene/pseudolittene og den tilgjengelige tidsreferansen. Selv med dagens atomklokker ville en så kort avstand mellom mottaker og satellitt/pseudolitt gi en for unøyaktig tidsmåling.

#### 5.4.5 Feilkildens betydning

Et spørsmål verdt å stille i den sammenheng er om denne feilkilden utgjør så mye i den store sammenheng; Vi må huske at utendørs GNSS er utsatt for andre og større feilkilder enn en eventuell klokkefeil, og likevel er kapabel til å posisjonere mottakere på centimeternivå. Mange av disse andre feilkildene utelukkes ved innendørs posisjonering, og det vil i teorien være "til gode" en del feilmargin. Selv om det er noe å hente på dette, vil derimot multipath - eller flerveisinterferens - være ekstrem ved innendørs GNSS. Våre kilder[9] tilsier at multipath alene vil kunne tilføre en feil i området 10-50 meter innendørs, noe som er langt over kravene til navigering for UU-formål. Siden dette da blir den dominerende feilkilden vil det heller ikke være noen hjelp i andre måleteknikker som for eksempel differensiering.

#### 5.4.6 A-GNSS

Assisted GNSS (A-GNSS) er en måte å motta GNSS-signaler og beregne posisjon innendørs på, uten hjelp av annen infrastruktur. Denne metoden går hovedsaklig ut på at en assisterende server gjennom andre kanaler enn selve GNSS-systemet hjelper mottakeren med å beregne sin posisjon. Mer spesifikt legges det til en tilleggsparameter i beregningen av posisjon, nemlig data fra denne assisterende serveren. Denne gir mottakeren informasjon om hvor i det innkommende signalet mottakeren skal lete etter navigasjonsmeldingen, og på den måten redusere initialiseringstiden.

#### 5.4.7 Integrasjonstid

Det er teoretisk ingenting som står i veien for at et GNSS-signal kan følges innendørs, dette er kun et spørsmål om integrasjonstid. Støynivået er ofte meget høyt innendørs, og dette er hovedgrunnen til at GNSS ikke fungerer innendørs. Dette støynivået avtar imidlertid omvendt proporsjonalt med integrasjonstiden. I for eksempel en håndholdt GPS-mottaker er det med dagens

C/A-kode tilstrekkelig med en integrasjonstid på 1ms. Dette skyldes at korrelasjonstoppen - den delen av signalet som gjenkjennes av mottakeren blant all støyen - er ved utendørs bruk over støynivået på signalet. En innendørs mottaker ville derimot i beste fall måtte hatt en integrasjonstid i området 250-1000ms, fordi denne korrelasjonstoppen befinner seg under støynivået.

Problemet med å øke integrasjonstiden er imidlertid at ved doubling av denne, firedobles søketiden mot hver satellitt. Dette vil i så tilfelle være meget ugunstig, siden man da i praksis ikke ville fått navigering i sanntid. Et annet problem er at en lav Signal-To-Noise-Ratio (SNR) gjør at det blir umulig å dekode navigasjonsmeldingen. Mottakeren må dermed få navigasjonsmeldingen fra en ekstern kanal, og det er ingen garanti for at disse kanalene har dekning over alt.

#### 5.4.8 GNSS uten satellitter

En annen variant av A-GNSS gjør det mulig for GNSS-mottakeren å opprettholde kontakt med satellittene til tross for at det ikke kommer inn signaler i det hele tatt. Signalene fra en annen mottakers posisjon videresendes da via mobilnettet, og mottas på den måten av mottakeren. Dette medfører selvsagt at mottakerens posisjon ikke stemmer med faktisk posisjon, men denne måten å bruke A-GNSS på er hovedsaklig beregnet for formål ut over tradisjonell navigering - som for eksempel utrykningsformål (E-911) eller synkronisering av tid for forskningsformål.

Denne løsningen er sammenliknet med mange andre økonomisk gunstig, siden det ikke kreves annet enn en måte å motta disse tilleggsignalene på, ofte gjennom GSM eller GPRS - altså teknologi som finnes i dagens mobiltelefoner. Det må derimot poengteres at de fleste A-GNSS løsninger er beregnet på andre formål enn nøyaktig posisjonering. Pådriveren har hovedsaklig vært kravene til innendørs posisjonering i forbindelse nødsignaler fra håndholdte enheter, som for eksempel mobiltelefoner og voldsalarmer. Teknikken brukes også blant nødetatene, for å opprettholde kontakt med satellittene og redusere integrasjonstid når utrykningskjøretøy står innendørs.

Referanser:[5, 9]

## 5.5 RFID

Radio Frequency Identification er en automatisk identifiseringsmetode, som baserer seg på lagring og overføring av data ved hjelp av enheter kalt "tags" eller transpondere. En RFID-brikke har den egenskapen at den kan lagre og hente data, og kan bygges inn et produkt, innsettes i dyr eller personer og hjelpe å identifisere disse. Brikkene inneholder en antenne som gjør de i stand til å motta og svare på radio signaler sendt fra en radiosender. RFID-tags består som regel av minst to forskjellige deler; Den ene er et integrert kretskort som har som oppgave å lagre og prosessere informasjon, modulere og demodulere radiosignaler, samt andre spesialiserte oppgaver. Den andre delen av en tag er antennen som tar imot og sender tilbake signaler.

### 5.5.1 Historien bak RFID

Den russiske oppfinneren Lèon Theremin var den første (1946) som brukte noe av den samme teknologien som ligger bak RFID. Brikken han fant opp blir gjerne henvist til som forgjengeren til RFID. Noen kilder påstår at teknologien rundt RFID har vært kjent siden begynnelsen av 1920 årene. Et lignende system tilsvarende RFID ble brukt under andre verdenskrig av britene for å kunne identifisere fly som allierte eller fiende, mens det første moderne RFID systemet ble patentert av Mario Cardullo i 1973. Dette var den første radio transponderen med minne, på hele 16bit.

### 5.5.2 RFID tags

En tag kan leses automatisk fra flere meters avstand, og siden teknologien baserer seg på radiobølger trenger man ikke å ta hensyn til hindringer. Det finnes i dag flere forskjellige typer RFID brikker. De vanligste variantene er passive, aktive og semi-passive.

- Passive

Det som kjennetegner passive RFID-tags er at de har ingen intern strømkilde. I det øyeblikket et signal plukkes opp i den interne antennen, gir dette signalet i seg selv faktisk nok strøm til at tag'en så kan sende et svar. Denne måten å sende tilbake informasjon på forutsetter at antennen må kunne både samle den elektriske energien fra det innkommende signalet, og i tillegg kunne sende et signal ut igjen. Avstanden passive RFID-tags kan fungere fra varierer fra omtrent 10cm til et par meter, avhengig av radiofrekvens og antennens

utforming. Fordelen med passive tags er at de kan lages veldig små på grunn av at de ikke er avhengig av et batteri for å fungere. De vil da heller ikke bli spesielt kostbare, og kan derfor legges inn i for eksempel klistremerker og brukes en gang før de kastes.

- Aktive

I motsetning til passive tags har de aktive en egen strømkilde som både brukes til å drive brikkens interne elektronikk og sende signaler ut. På grunn av dette er aktive tags som oftest mye mer driftssikre og stabile. Dette skyldes blant annet at aktive tags har mulighet til å sende signaler med større effekt enn passive - noe som igjen gjør signalet fra dem mindre utsatt for forstyrrelser. Mange slike aktive tags har rekkevidde på flere hundre meter, og en batteritid helt opp til 10 år.

- Semi passive

Disse tag'ene er veldig like de aktive, i og med at de har sin egen interne strømkilde. Forskjellen ligger imidlertid i det at der en aktiv tag bruker batteriet til alle sine operasjoner, bruker en semi-passiv tag batteriet kun til de interne operasjonene, og ikke til utsendingen av signalet. En semi-passiv tag reflekterer radiosignalet tilbake på samme måte som i en passiv tag.

### 5.5.3 Bruksområder

Bruksområdene til RFID teknologien er allsidige, og ser ut til å ha blitt den mest utbredte teknologien i sammenheng med automatisk identifisering. Blant annet brukes teknologien i pass, hvor informasjon om for eksempel reisehistorie og antall passeringer lagres i en passiv brikke i passet. Det er i tillegg hensiktsmessig å legge inn all informasjon som finnes i passet fra før, i tillegg til bilde. Slike pass vil bli beskyttet mot uautorisert avlesning ved å integrere beskyttelsesmekanismer som for eksempel metallinnlegg i selve passet. Et annet bruksområde for RFID er automatiske betalingsmetoder som for eksempel AutoPass. I dette tilfellet installerer brukeren en aktiv RFID-tag i frontruten på bilen, og betalingen ved bompasseringer skjer automatisk. Dette prinsippet benyttes også ofte ved undergrunns- og t-banestasjoner, busstransport og til og med som heiskort ved enkelte skianlegg.

#### 5.5.4 RFID og IPS

Siden RFID i utgangspunktet ikke er egnet for kommunikasjon over lengre avstander, blir mulighetene for innendørs posisjonering noe begrenset. Teknikken fungerer hovedsaklig på den måten at tags installeres i bygningen - aktive eller passive etter behov, og mottakeren kommuniserer så med disse.

Systemet kan fungere både som sonebasert navigasjon, det vil si at mottakeren vet i hvilket begrenset område den befinner seg i, og i tillegg som et fullverdig posisjoneringssystem. I sistnevnte konfigurasjon gis hver tag en innmålt posisjon, og mottakeren kan da interpolere sin posisjon ut ifra informasjonen mottatt fra tagene.

Denne løsningen er gunstig siden ved å bruke passive tags er tilnærmet vedlikeholdsfri. Det samme kan nesten sies om aktive tags, siden disse ved moderat bruk ikke trenger å skifte batteri ofte. Som tidligere nevnt kan aktive tags gå opptil 10 år med samme batteri; dette tallet må selvsagt justeres med tanke på graden av bruk og dertil økt strømforbruk.

Referanser:[11]



## 5.6 Ultra Wide Band

Federal Communications Commission forklarer Ultra-Wide-Band med enhver radioteknologi med en båndbredde under 500 MHz eller 20% av den aritmetiske senterfrekvensen. UWB er kort forklart et trådløst bredbånd som sender ut kortvarige konsenterte pulser over mange frekvensområder samtidig. UWB er ca 100 ganger sterkere enn dagens Bluetooth teknologi, men kan reguleres i sendeeffekt og gi en rask hastighet over korte avstander.

### 5.6.1 Teknologien bak UWB

UWB sender med sin begrensning på 500 Mhz på et bredere frekvensbånd en dagens trådløse LAN eller Wi-Fi teknologi. Disse sender på en frekvens rundt 2,4GHz eller 5,1GHz (avhenger av hvilket nett), mens UBW sender på et frekvensområde (godkjent av Federal Communication Commissionin, USA) mellom 3,1GHz og 10,6GHz. Bredt frekvensområde er en av grunnene til den store overføringshastigheten man kan oppnå med UWB. Det er i dag snakk om hastigheter opp til 480Mbps, som er den samme hastigheten som dagens USB 2.0 ligger på. UWB kan sende på et såpass bredt frekvensbånd på grunn av den svake sendeeffekten, som er begrenset til ca 1 milliwatt, noe som vil tilsa ca 10 meters rekkevidde. Dette gjør at man kan bruke flere av de samme frekvensbåndene i nærheten av hverandre uten at det vil bli forstyrrelser mellom overføringene.

### 5.6.2 Ultra Wide Band og Indoor Positioning

- Virkemåte

UWB fungerer med samme prinsipp som GNSS, nemlig at radiosignaler brukes til å kalkulere en posisjon ut fra flere senderes egne kjente posisjon. Sendere installeres på strategiske plasseringer i et bygg, fortrinnsvis i periferie posisjoner for å forenkle beregningen innad i bygget. En fordel når det gjelder rekkevidde med å bruke radioteknologi til dette formålet er at man ikke trenger ta hensyn til hindringer som ved andre systemer - basert på for eksempel ultralyd - da radiobølger har den egenskapen at de går gjennom det aller meste av bygningsmaterialer.

- Feilkilder

En av de store feilkildene som dukker opp når man snakker om innendørs posisjonering ved hjelp av radioteknologi er flerveisinterferens, eller multipath som det også kalles. Denne feilkilden dukker opp uansett hvilket signal man sender ut, dette fordi vegger, tak og gulv uansett vil reflektere signaler i en eller annen form. Uavhengig om det er sterke eller svake signaler vil de bli tatt opp av mottakeren i systemet som en sender. Ved bruk av UWB har man en stor fordel; på grunn av den romslige båndbredden er det mulig å måle veldig små tidsforskjeller. Dette vil gi systemet en stor fordel ved at det lettere kan kunne måle forskjellen på direkte signaler og indirekte signaler, og på den måten bidra til å redusere effekten av multipath. Det gir også muligheten for en veldig nøyaktig måling av radiosignalene, som igjen kan gi en godt bestemt posisjon innendørs. Tester som har blitt gjort på dette har vist nøyaktighet på helt nede i 30cm under normale forhold.

- IPS / GNSS

UWB er per dags dato i bruk i et system utviklet av Thales i England for innendørs/utendørs posisjonering. Her er det en kombinasjon av GNSS teknologi og UWB teknologi som blir brukt; dette gir full dekning, med sømløs overgang mellom systemene, både ute og inne. Dette vil videre også kunne gi bedret dekning langs skyggesoner som for eksempel vegger og urbane "dalfører" mellom høye bygninger - hvor vi i dag har dårlig eller ingen dekning med GNSS.

Referanser:[24, 11]

## 5.7 Ultralyd

### 5.7.1 Hva er ultralyd

Ultralyd er definert som en type syklisk lydtrykk med en frekvens høyere enn det menneskelige øret kan oppfatte, typisk rundt 20 kilohertz (20.000 svingninger per sekund). Det menneskelige ørets evne til å plukke opp det øvre frekvensområdet opp til 20 kilohertz skyldes det midtre øret, som fungerer som et filter. Hvis ultralyd sendes direkte til hodeskallen og når øremuslingen uten å gå via det midtre øret, kan også ultralyd oppfattes av mennesker. Dette fenomenet ble først oppdaget av dykkere som ble utsatt for høyfrekvent sonar på 50 kilohertz, og var i stand til å oppfatte dette. En annen form for oppfatning av ultralyd kalles den hypersoniske effekten. Forskning på dette området viser at mennesker som ikke bevisst oppfatter at de hører høyfrekvent lyd, likevel viser seg å bli mentalt påvirket av ultralyd.

### 5.7.2 Menneskeørets oppfattelsesevne

Vi mennesker kan i utgangspunktet høre lydbølger som har en frekvens fra ca. 20 til ca 20,000 svingninger per sek. Alt over og alt under dette er det under normale forhold ikke mulig å oppfatte for et normalt menneske. Lydbølgene med en lavere frekvens enn dette kalles infralyd og alle lydbølger med høyere frekvens kalles altså ultralyd. Det er bevist at barn og unge har større evne til å oppfatte høyfrekvent lyd enn voksne; Dette skyldes at ørets evne til å oppfatte slike lyder blir svekket med alderen. Dette faktum har til og med blitt utnyttet av telefonselskaper og deres innholdstilbydere, som faktisk har produsert telefonringesignaler som primært kan høres av unge. Noen dyr, som for eksempel hunder, delfiner, flaggermus og mus har evnen til å høre lyder med mye høyere frekvens enn oss mennesker.

### 5.7.3 Anvendelsesområder

Ultralyd kan brukes til å finne objekter med de samme prinsippene som brukes ved radar. På grunn av den korte bølgelengden ultralyd har vil lyden reflekteres fra objekter rundt seg og dermed være målbar. Lydbølger forplanter seg i luft med en hastighet på ca 343m/s, og ved å måle forsinkelsen på den utsendte lyden og returlyden kan vi med enkle beregninger finne ut hvor lang distanse lyden har tilbakelagt - og dermed finne ut hvor langt unna objektet er fra ultralydsenderen. Mange dyr navigerer på denne måten, både på land og i vann. I medisinsk sammenheng brukes ultralyd i en rekke an-

vendelsesområder, den mest kjente er ved graviditet. Man kan da bestemme en rekke forhold ved graviditeten som for eksempel varighet, antall fostre, fysiske unormalheter, sjekke hjerteslag og kjønn. Teknologien brukes også for å visualisere pasienters muskler og indre organer, deres størrelse og funksjon uten å måtte gå inn for å sjekke manuelt. Andre bruksområder for ultralyd er for eksempel industriell overvåkning - for å inspisere tetthet og kvalitet i forskjellige bygningsmaterialer. Ved bruk i bevegelsessensorer kan ultralyd også brukes i et nett med mange mottakere, og måle om noe eller noen bryter den faste strømmen av lyd som skal være i rommet/området. Dette brukes blant annet til overvåkning og i sikkerhetssystemer.

#### 5.7.4 Innendørs posisjonering ved bruk av ultralyd

Ultralydssystemer har vist seg gunstige til innendørs posisjonering, da spesielt til sonebasert romposisjonering. Dette skyldes lydbølgens manglende evne til å penetrere omgivelsene på samme måte som for eksempel radiobølger. Systemer basert på ultralyd fungerer på den måten at en sender, også her kalt en tag, sender ut et signal bestående av sin egen ID, samt annen informasjon som batteri- og bevegelsesstatus. Dette signalet plukkes så opp av en mottaker i rommet, som igjen er koblet til en server. Systemet kan på denne måten knytte tags opp i mot forhåndsdefinerte soner, og dermed vite hvilke rom eller soner en tag befinner seg i.

- Fordeler

Denne måten å bruke systemet på har vist seg å ha mange fordeler sett opp i mot andre løsninger, som ikke er rombaserte. Sett opp i mot for eksempel UWB, så vil ultralyd nesten alltid kunne plassere en tag i et rom uten feil, siden lyden rett og slett ikke kan gå ut av rommet. Ved radiobaserte løsninger som UWB, har ikke systemet kontroll på hvilket rom tagen er i, men gir i utgangspunktet kun en posisjon. I enkelte tilfeller hvor en tag har ligget inntil en vegg, og med et system med en nøyaktighet rundt halvmeteren, vil ikke systemet kunne vite hvilket rom tagen ligger i med sikkerhet. For UU-formål vil ikke dette være det største problemet, mens for den bruken dagens ultralydssystemer er beregnet på, er dette lite gunstig.

- Ulemper

Ultralyd er lik annen hørbar lyd, den vil avta kraftig i luft og vann. Dette vil gi kort rekkevidde i forhold til den styrken som blir sendt ut. Lyden vil og dempes av naturlige hinder som vegger, hjørner og liknende. Dette vi si at det er mulig å isolere lydbølgene i et rom om dette er ønskelig, noe som er gunstig i forhold til IPS. Dagens ultralydssystemer er ikke beregnet på å beregne romlig posisjon i XYZ, da dette ikke er praktisk. Grunnen er som tidligere nevnt signalenes manglende evne til å gå gjennom hindringer. Man måtte da i tilfelle avhengig av behov legge inn nok mottakere i hvert rom, noe som ville bli både kostbart og vanskelig å gjennomføre i for eksempel sykehus eller store kjøpesentre.

Referanse:[11, 22]

## 5.8 Infrarød

### 5.8.1 Fakte om infrarød

Infrarød stråling er elektromagnetisk stråling av bølgelengder lengre enn synlig lys, men kortere enn mikrobølger. Infrarød stråling dekker området fra 700nm - 1mm, videre inndelt i underkategorier av forskjellige typer infrarød. Navnet kommer fra det latinske ordet infra som betyr "under" - og fargen rød som er den fargen innenfor fargespekteret av synlig lys som har den lengste bølgelengden. De normale betegnelse for infrarød stråling er tilpasset den menneskelige responsen på slik stråling; nær infrarød som er det røde vi akkurat ikke kan se, til fjern infrarød som er tett opp imot termisk stråling.

### 5.8.2 Bruksområder

Infrarød stråling brukes blant annet i nattsyn-utstyr av politi, militære og brannmannskaper. Sistnevnte bruksområde er mulig fordi røyk er mer gjennomsiktig for infrarød enn synlig lys, og blant annet røykdykkere har infrarødt utstyr tilgjengelig ved sine operasjoner. Videre benyttes også infrarød i termografi, som er en teknikk som påviser varmforskjeller. Dette brukes til alt fra ENØK-formål til å oppdage innvendige branner i bygninger. En mer vanlig bruk av IR er i fjernkontroller til TV-apparater og liknende - dette er gunstig siden infrarød ikke interfererer med annet elektronisk utstyr, og sammenliknet med radiobølger heller ikke kan fanges opp i tilstøtende rom eller bygninger. IR brukes også til nærkommunikasjonsdataoverføring mellom PC-utstyrsdeler, spesielt er dette vanlig på bærbare datamaskiner.

### 5.8.3 Infrarød - Navigasjon

Navigasjonssystemer basert på infrarød går kort forklart ut på å ha infrarøde sendere i kjente posisjoner i tak og vegger i et rom, og en infrarød sensor som kan ta imot signal fra senderene i veggene. Denne sensoren må stå i fokalplanet (planet gjennom rommet der hvor alle signalene møtes), og ha en kjent posisjon og orientering internt opp i mot utstyret som skal posisjoneres. Det brukes da en pc som kjører software som kan lese og bearbeide de mottatte dataene og beregner en posisjon og en orientering på utstyret. Metoden kombineres som regel med andre løsninger, som for eksempel ved egenkontroll av navigasjonssystemer basert på bevegelsessensorer og elektroniske kompass.

Referanser:[3, 2, 13]

## 6 IPS og Personvern

Den mest sentrale loven om personvern er personopplysningsloven. Hovedprinsippene i loven er hovedsakelig tatt fra EU's personverndirektiv. Dette er i grove trekk generelle bestemmelser for behandling av personopplysninger.

Personvern er et begrep som omhandler menneskeretten, og er mer eller mindre anerkjent i de aller fleste land i verden. I menneskerett ligger grunnleggende verdier som integritet, autonomi og privatliv. Med personvern menes også vern av personopplysninger, herunder kommer personers posisjon. Lokasjonsteknologi kan avsløre personers geografiske posisjon, dette kan komme inn under overvåkning og kontroll av personer som ikke er lovlig etter norsk lov. Skal andre ha lov til å behandle opplysninger om hvor du befinner deg må den som driver den lokasjonsbaserte tjenesten ha et rettslig grunnlag. Får å få dette er det tre muligheter.

- Driver av tjenesten må ha samtykke fra hver enkelt bruker. Driver må også gi et klart uttrykk på hvilken informasjon som behandles og hva informasjonen skal brukes til. Samtykket må også skje frivillig.
- Andre mulighet er at det anses som nødvendig med den spesifikke lokasjonsbaserte tjenesten for at det skal inngås en avtale med den bruker.
- Tredje mulighet er at driver av den lokasjonsbaserte tjenesten har en lovhjemmel til å behandle lokasjonsbaserte tjenester.

Alt med personvernloven som omhandler lokasjonsbaserte tjenester er basert på frivillighet fra brukerens side.

## 6.1 utfordringer

Å vite hvor mennesker eller gjenstander befinner seg, kan være nyttig innenfor mange områder. Det kan øke tryggheten, lette og effektivisere en rekke arbeidsoppgaver. Eksempler på dette kan være nødanrop og informasjonstjenester, herunder UU. Personvernet er med på å regulere hvem som kan ha tilgang til informasjonen om hvor personer eller gjenstander til en hver tid befinner seg. Det forventes at personvernloven begrenser tilgangen for at de fleste mennesker vil ha bevegelsesfrihet og bestemme selv hvem som skal vite hvor de selv befinner seg hvor de har vært.

For at dette skal være mulig er det beste å bruke en passiv mottaker og aktive sendere, på samme måte som GPS systemet. Med en passiv mottaker er det kun brukeren som trenger å få vite sin egen posisjon. All beregning av posisjonen skjer i mottakeren.

Referanser:[17, 16]



## 7 Vurdering av IPS systemene

Temaet innendørs posisjonering introduserer en del problemstillinger det har vist seg å være mange potensielle løsninger på. Flere aktører har forsøkt å komme opp med blant annet forslag til løsninger, prototyper for testing, testprosjekter og vurdering av løsninger. Mange av disse er publisert elektronisk, slik at vi har fått tilgang til store mengder informasjon. Vi har i dette prosjektet hovedsaklig lagt vekt på informasjon tilgjengelig via internett, da dette har vist seg mest hensiktsmessig i forhold til tidsbruk.

Teknologien og løsningene vurdert i denne oppgaven har for oss vist seg å være de mest aktuelle, ikke bare fordi det finnes mest informasjon rundt dem - men også fordi disse virker mest aktuelle for den typen selvstendig posisjonering vi er ute etter å undersøke. De aller fleste løsninger for innendørs posisjonering som finnes i dag baserer seg dessuten på en eller flere av disse vurderte teknologiene. De konkrete løsningene vi har valgt å se nærmere på er:

- Assisted Global Navigation Satellite System (A-GNSS).
- Infrarød (IR).
- Radio-Frequency Identification (RFID).
- Ultralyd (US).
- Ultra-Wideband (UWB).
- Wireless Local Area Network (WLAN).

## 7.1 Grunnlag for vurdering av løsninger

De ulike teknologiene og løsningene egnet for innendørs posisjonering har naturlig nok sine respektive fordeler og ulemper. For å kunne resonnerer seg frem til hvilke løsninger som er best egnet sett opp imot universell utforming, må det gjøres noen sammenlikninger. Som nevnt tidligere i rapporten har vi satt noen generelle krav til nøyaktigheten i et slikt posisjoneringssystem. Disse kravene må tas med i betraktning ved vurderingen av de forskjellige løsningene, for å kunne si noe om egnethet. Kravet er som nevnt en nøyaktighet i området 0.5 - 1 meter, i tillegg legges det vekt på andre forhold som for eksempel praktisk gjennomførbar rekkevidde og brukervennlighet. Sistnevnte punkter er ikke absolutte, og kan derfor vurderes opp imot andre forhold ved systemene om det viser seg hensiktsmessig.

## 7.2 Forhold som ligger til grunn for vurderingen

- Nøyaktighet
- Rekkevidde.
- Kostnader.
- Installasjon.
- Drift og vedlikehold.
- Letthet i bruk.
- Integrering og videre utbygging.

## 7.3 Vurdering

### 7.3.1 Nøyaktighet

Når det gjelder nøyaktighet er det systemene basert på ultralyd, UWB og passiv RFID som i prinsippet vil kunne gi best nøyaktighet. Teoretisk nøyaktighet på disse systemene er samlet sett fra ca. 3 til 50cm, avhengig av forhold. Dette skyldes hovedsakelig utformingen på denne typen systemer; for å kunne nyttegjøre seg av denne teknologien til innendørs posisjonering er man avhengig av å ha veldig mange mottakere eller tags på grunn av den korte rekkevidden. Sendeeffekten fra passive RFID-tags utgjør ikke mer enn noen titalls centimeters rekkevidde, UWB i utgangspunktet noen få meter, og ultralydssystemer rundt 10 meter. Ser vi derimot nøyaktighetstallene i sammenheng med universell utforming, er de godt innenfor kravene vi har satt. Infrarød kan også tilfredsstillende kravet til nøyaktighet, med en nøyaktighet fra 0.7 til 2.5 meter, forutsatt gode forhold. De igjenstående systemene - A-GNSS, WLAN og aktiv RFID - rekker ikke opp til våre krav, med sin teoretisk beste nøyaktighet fra 3-5 meter for WLAN/aktiv RFID og 10-50 meter for A-GNSS.

### 7.3.2 Rekkevidde

Som det indirekte kommer fram i avsnittet om nøyaktighet, gir aktive radiobølgebaserte posisjoneringssystemer den lengste rekkevidden. GNSS-signaler kan uten problemer følges innendørs med lang nok integrasjonstid, og WLAN-systemer kan rekke over flere hundre meter. Dette skyldes at radiobølgene som tidligere nevnt har evnen til å penetrere omgivelsene og på den måten rekke langt. Unntakene blant disse radiobaserte systemene er RFID, - som i utgangspunktet ikke har rekkevidde lenger enn opp til noen titalls meter i aktiv modus - og UWB som i prinsippet heller ikke har mer enn noen få meters rekkevidde. Disse systemene kan likevel modifiseres slik at rekkevidden blir mye større, men da igjen på bekostning av nøyaktighet. Samlet sett gir likevel radio den lengste rekkevidden sammenliknet med ultralyd og infrarød.

### 7.3.3 Kostnader

De klart største kostnadene knyttet til innendørs posisjoneringssystemer per i dag er installasjonskostnadene. Selve maskinvaren og de forskjellige periferenhetene som tags og mottakere er forholdsvis billige i innkjøp, men derimot er arbeidet med å installere komplekse systemer tidkrevende og potensielt

kostbart. Som oftest er man avhengig av minst en sensor i hvert rom i tillegg til en solid backbone-struktur som støtter det store antallet sensorer. Det er derfor en fordel å utvikle og benytte seg av systemer som i en eller annen form bruker eksisterende infrastruktur. De konkrete løsningene som baserer seg på dette prinsippet er WLAN og A-GNSS. WLAN-baserte posisjoneringssystemer kan benytte det allerede eksisterende trådløse nettverket i et bygg, og kan derfor uten fysiske modifikasjoner nyttes til posisjonering. I mange tilfeller er det eneste som trengs en software-løsning, og en opplæringsfase av systemet. Når det gjelder A-GNSS innendørs, er man avhengig av en mottaker som kan ta imot et hjelpesignal. Denne utvidelsen er heller ikke spesielt kostbar i forhold til prisen på en vanlig mottaker, og kan dermed sies å være økonomisk gunstig. De gjenværende systemene er i de fleste tilfeller avhengige av egen installasjon, og er derfor potensielt mer kostbare.

#### 7.3.4 Installasjon

Som nevnt i forrige avsnitt er systemer basert på eksisterende infrastruktur de enkleste å installere, da det som regel ikke trengs annet enn minimale modifikasjoner for å nå målet om innendørs posisjonering. Selv om WLAN av forskjellige grunner er et gunstig alternativ når det kommer til kostnader, er det derimot nødvendig for systemet med en relativt tidkrevende og avansert tilvenningsfase. Dette kan derfor virke negativt inn på spørsmålet om en enkel installasjon. A-GNSS har her en stor fordel, da det i praksis kun trengs en måte å motta hjelpesignalet på. Av de andre systemene som krever større grad av installasjon, er det ultralyd og UWB som kommer best ut. Ultralydssystemer er hovedsakelig beregnet på å gi sonebaserte posisjoner, og trenger dermed ikke nødvendigvis mer enn en sensor i hvert rom for å fungere tilfredsstillende. UWB kan - naturligvis på bekostning av nøyaktighet - installeres med et fåtall sendere med økt effekt. På den måten kan man rekke over større områder, og dermed bidra til en forenkling av installasjonen. RFID-systemer er komplekse å installere grunnet sin reduserte rekkevidde, det samme gjelder for infrarød. Disse systemene scorer derfor lavt i denne vurderingen av installasjon.

#### 7.3.5 Drift og vedlikehold

Det er ønskelig at et innendørs posisjoneringssystem skal ha minst mulig nedetid, for å kunne tilby en så god tjeneste som mulig. Det er derfor naturlig å se litt på hva som kreves av de forskjellige alternativene av drift og ved-

likehold. De fleste løsninger som finnes i dag er utformet på en slik måte at vedlikeholdet holdes på et minimum. GNSS er antakeligvis det systemet som krever minst med tanke på vedlikehold; systemet vedlikeholdes av det amerikanske luftforsvaret og er derfor ute av andres hender. Når det gjelder mottakeren er denne også enkel å vedlikeholde for brukeren; som oftest holder det å skifte batteri når det trengs. WLAN er også her fordelaktig, siden vedlikeholdet vil skje i sammenheng med den daglige driften av det trådløse nettverket. Det er også verdt å nevne passiv RFID, som i utgangspunktet ikke trenger vedlikehold etter installasjon da sensorene ikke trenger ekstern strømkilde. De andre løsningene (ultralyd, infrarød, UWB) trenger en eller annen form for nettverk for å kommunisere - kablet eller trådløst - og så lenge disse krever eget vedlikehold vurderes de som mer krevende med tanke på drift og vedlikehold.

### 7.3.6 Letthet i bruk

En forutsetning for at et innendørs posisjoneringssystem skal kunne brukes til UU-formål, er at det er enkelt i bruk. Dette er derimot noe vanskelig å vurdere per i dag, siden noen av løsningene ikke enda er realiserte men kun eksisterer i form av eksperimentelle oppsett. De løsningene som i dag finnes på det kommersielle markedet, er alle baserte på "overvåkning". Med dette menes at selve prosesseringen foregår sentralt, og ikke i selve brukerenheten etter selvposisjoneringsprinsippet. Måten dagens systemer fungerer på, er som tidligere nevnt at en tagfestes på det objektet som ønskes posisjonert. Denne sørger så egenhendig for kommunikasjonen mot det sentrale systemet, og fritar derfor brukeren for noen form for involvering. Fremtidige systemer kan komme til å kunne posisjonere seg selv; brukeren må i tilfelle måtte lære å bruke en slik enhet, mye på samme måte som med dagens GNSS-mottakere.

### 7.3.7 Integrering og videre utbygging

Dagens IPS-systemer har ingen standardiserte muligheter for enkel integrering med utendørs posisjoneringssystemer. A-GNSS er derimot i grenseland for denne uttalelsen, siden teknologien baserer seg på GNSS i første omgang. Det er derimot ikke dette som menes med dette punktet, men snarere heller mulighetene for videreutvikling av IPS-systemene til å sømløst kunne fungere opp i mot for eksempel GNSS. Dette er sannsynligvis kun et spørsmål om videre utvikling, og det er ventet at IPS-systemer med tid vil bli standardiserte og på den måten bli enklere å integrere med andre systemer.

## 8 Prosjektering, valg av løsning.

Etter å ha lest en god del om emnet på internett, og sett på forskjellige teknikker og systemer, kom vi over firmaet Sonitor Technologies. Sonitor er et norsk firma - med hovedkontor i Oslo - som har utviklet et overvåkningssystem ved bruk av ultralydbølger og mikrofoner. Systemet ble i utgangspunktet utviklet for å overvåke utstyr ved sykehus og andre institusjoner. Sonitor Technologies lover enkel rom nøyaktighet, men kan også levere utstyr med vesentlig bedre nøyaktighet.

Vi kontaktet Sonitor og fikk til et møte med deres representanter. De ville gjerne inngå et samarbeid med gruppen under dette hovedprosjektet. Vi ble enige om å teste deres system her på skolen og finne ut litt mer hvordan systemet fungerer. Etter møtet ble vi enige om at de skulle komme en tur til Gjøvik på en omvisning og se hva skolen har å tilby og avtale videre mål for hovedprosjektet.

## 9 Test av Ultralyd systemet.

Vi fikk en link til en uavhengig test gjort av University of Maryland Medical Center (UMMC)[4], der seks av de som produserer IPS overvåknings utstyr ble testet. Denne testen viste at Sonitor Technologies ultralydssystem var utvilsomt det beste systemet etter kravene i testen. Dette styrket bare vår tanke om at dette var noe vi ville se nærmere på.

### 9.1 Hva er testet

Vi har testet Back to Back løsningen med å dele rommet inn i soner, det er dette som er mest aktuelt med tanke på universell utforming. Back to Back vil si at to mottakere blir festet sammen med mikrofonene fra hverandre. Dette fører til at det blir skapt et "skille" når tagen kommer i dødsonen til mikrofonene. Det vil derfor være mer bestemt hvilken mottaker som tar i mot det sterkeste signalet, ettersom det bare er en som har fri sikt. Den første testen ble gjort med "feil" innstillinger og vi fikk et testresultat som viser at to mottakere som tar imot det samme signalet bare velger tilfeldig hvilken mottaker som ble vist i klienten. Etter å ha fått stilt inn parametrene til å vise hvilken mottaker som får inn det sterkeste signalet ble den samme testen gjennomført en gang til.



Back - to - back løsning.





Back - to - back løsning montert.

## 9.2 Hvordan

### 9.2.1 Lokasjon

Testen av ultralyd systemet ble utført i to forskjellige rom. Den største forskjellen på disse er materialvalg i veggene og vinduer som gir større gjengklang av lyd, eller ekko. Dette kan være en stor feilkilde om mikrofonene tar inn lydinterferensen istedet for et direkte signal. Vil det da vise seg - igjennom våre tester - at høyere lydrefleksjon i det ene rommet vil gi et annet resultat en ved testing i rom to? Rommene er opp i mot like i størrelse og form, og de er delvis innredet som kontorlandskaper for å gi en noenlunde realitet med virkeligheten. Under de dagene som testen ble gjennomført var det begrenset tilgang til rommene slik at testene og utstyret ikke ville bli forstyrret av uvedkommende.



B 108.



B 106.



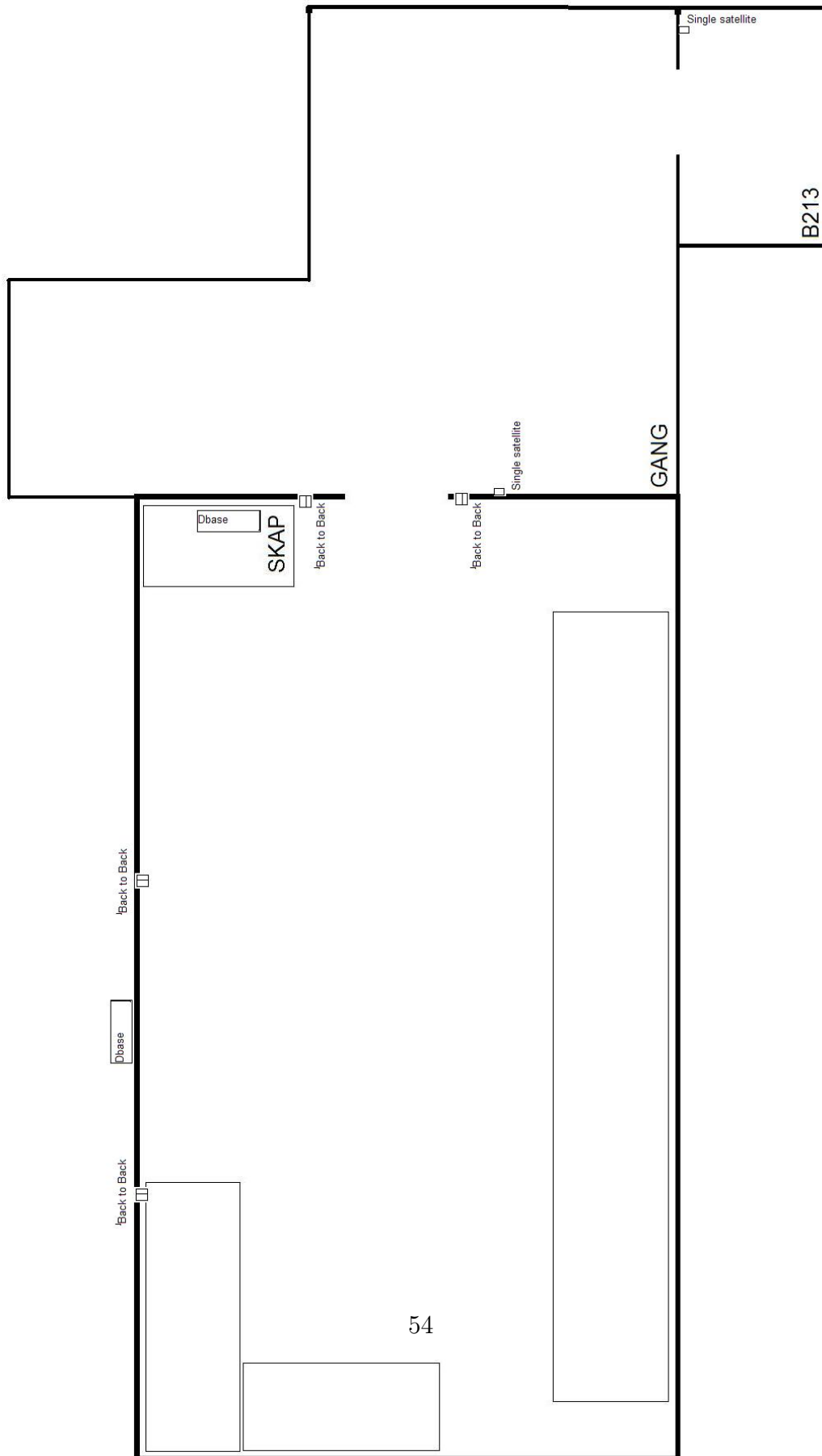
Gang B 215.



Systemet under demontering på B215.



Dsat montert i B213.



B215 Plantegning.



Gang Sensor.





B213.

### 9.2.2 Protokoll

Opprettelse av testfelt ble gjort på følgende måte og med underfølgende mål.

- Høyde på sensorer = 2.0m
- Avstand fra vegg til test linje = 2.3m
- Avstander fra senter til hver side = 2.0m, 1.5m, 1.0m, 0.5m, 0.25m
- Disse målene blir da selve testfeltet.

Montering og oppsett av test systemet.

- To mottakere monteres rygg mot rygg (back - to - back).
- Løsningen monteres der hvor man ønsker å dele opp rommet i to soner.
- Man monterer mottakerboks (Dbase) og Ethernet switch i kontakt med løsningen med TP kabel(KAT 5).
- Systemet settes opp til software i pc og konfigureres med rette parametere som rette kanaler, ip adresser og andre.
- Systemet vil nå være kjørbart og vise hvor ønsket sender er. Husk å sjekke batteri kapasitet på senderen. Det er og viktig å bevege sensoren for å få den til å sende det første signalet.
- Det kan nå logges signaler.



Dbase.

### 9.2.3 Logg og bearbeiding av data

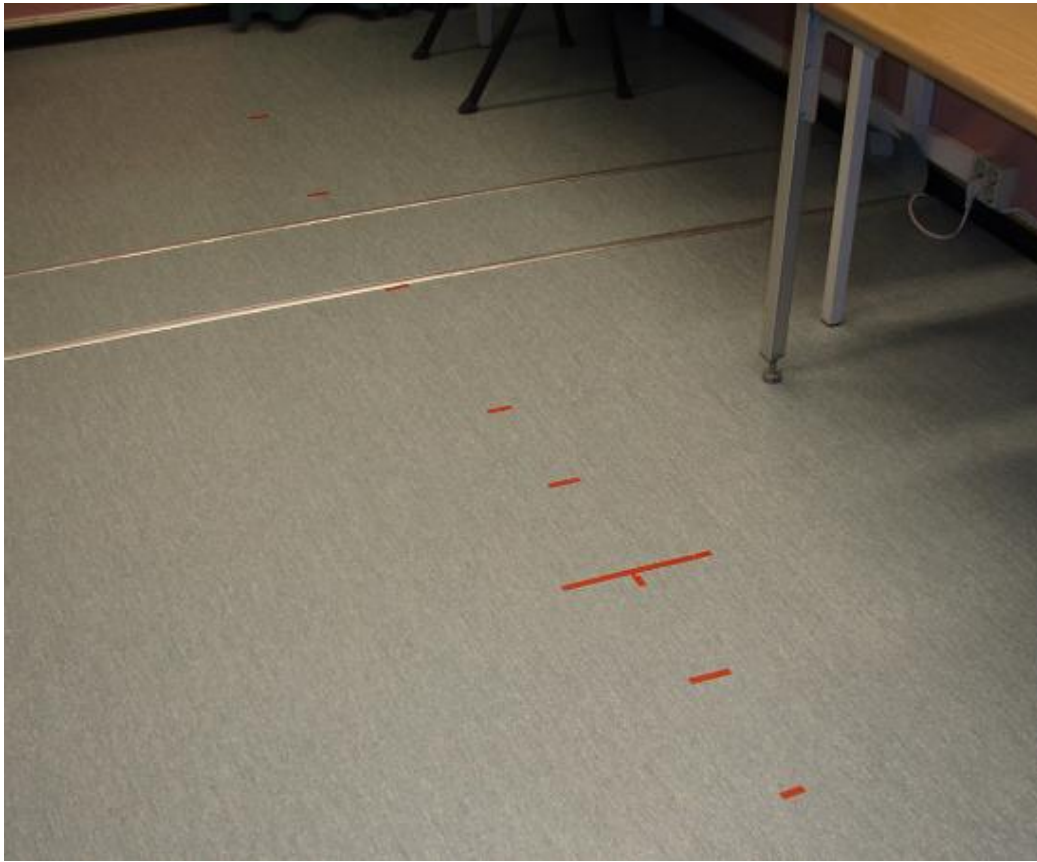
Loggede data lagres som ascii tekst og importeres deretter inn i Microsoft Excel for bearbeiding. Det beregnes feilstatestikk for hver test og hver retning og det settes opp feildiagram for fremvisning av resultatene.



Dsat(mottaker,mikrofon)



Tag(sender).



Intervall markeringer på gulvet.



Tag på bruker.

#### 9.2.4 Forflytning av sender

Testen gjennomføres ved forflytning av en tag mellom hvert merke. Tagen flyttes etter 30 sekunder til neste avmerkning . Det er svært viktig å følge klokken på sekundet og endre plassering ved rett tid. Dette fordi denne tiden brukes til å fastsette feil og viser når man forflytter seg over senter av testfeltet der hvor senderen skal skifte sone. Senderen blir båret rundt halsen i en snor for å gi mest mulig realistisk resultat. Testen blir gjennomført flere ganger og det blir ligget data både fram og tilbake gjennom testfeltet.



### 9.3 Test resultater av Sonitors ultralydssystem

Under testingen oppsto det ikke mange komplikasjoner, men vi hadde noe problem med logføringen av data fra Sonitors software. Serveren stoppet å skrive data til logfil, selv om tjenesten fortsatte å vise posisjon som normalt. Dette ble noe problematisk for vår testing da vi måtte gjøre noen av arbeidet opp igjen. Våre kontakter hos Sonitor Technologies ble underrettet om problemet.

Ut over det vi har testet hadde også vært ønskelig og prøve med flere mottakere i samme rom slik at det hadde blitt en inndeling med mottakere på både kortveggen og langveggen. Gruppen hadde også planer med å prøve å snu systemet, men fikk ikke tid nok. Vi anbefaler skolen å prøve ut da vi mener dette er nyskapende og veldig lærerikt for studentene. Sonitor er i tillegg et norsk firma som har kommet langt på dette med å bruke ultralyd i IPS på verdensbasis. Vi synes derfor at det er viktig å ha kontakt med Sonitor i videre samarbeid.

Testene vi har gjennomført er med tanke på hvilke materialer og forhold i et rom som kan være feilkilder. Ut ifra testen kunne vi først få indikasjoner på at det var bedre nøyaktighet når vi gikk den ene veien på begge rommene. For å få sjekket om dette skyldes rommet eller mottakerne, ble mottakerne byttet om og testet ble gjennomført på nytt. Resultatet fra dette kan tyde på at det er mottakerne som har forskjellig førlighet og at hvilke materialer og ytre påvirkninger har mindre betydning på resultatet.

## 9.4 Videre samarbeid med Sonitor Technologies

Videre samarbeid mellom Høgskolen i Gjøvik og Sonitor beror mye på hva Sonitor ønsker, men fra gruppens ståsted ville spørsmålet med mer inndelte- og overlappende soner vært interessant å sett nærmere på. Dette med et reversert system er også et svært spennende tema, problemene slik vi ser det per i dag er usikkerhet rundt behandling av software, som sansynligvis kan løses med et tverrfaglig samarbeid med avdeling for informatikk og medieteknikk ved HiG.

## 10 Resultat

I prosessen med å vurdere IPS-løsninger egnet for universell utforming, har vi tatt høyde for en del faktorer. Som nevnt tidligere i oppgaven introduserer universell utforming en del krav til systemene, som for eksempel nøyaktighet, rekkevidde osv. Ut i fra vårt arbeid med å kartlegge disse egenskapene hos de forskjellige løsningene, har det blitt klart at alle de aktuelle kandidatene har sine respektive fordeler og ulemper. Vi vil ikke trekke noen klar konklusjon om hvilket system som egner seg best eller dårligst for innendørs posisjonering, men kun vurdere ut i fra de kriterier vi har satt for universell utforming.

Et posisjoneringssystem bør ha en kombinasjon av forskjellige egenskaper for å kunne fungere i sammenheng med universell utforming. Selv om et system kan oppnå svært god nøyaktighet, kan det på grunn av andre forhold som kostnader eller rekkevidde likevel være lite gunstig. Dette er per i dag tilfelle for alle systemer og deres egenskaper; man er nødt til å finne et kompromiss mellom fordeler og ulemper. Det er derfor vanskelig å peke på ett enkelt system som egner seg bedre til UU-formål enn andre.

Det har blitt klart i løpet av dette hovedprosjektet at ingen av de vurderte systemene har blitt utviklet med universell utforming eller selvposisjonering som hovedmål. For eksempel blir GNSS i dag i all hovedsak brukt til selvposisjonering, mens A-GNSS er utviklet med eneste formål å nyttegjøre seg av den eksisterende GNSS-teknologien til bruk for E911-formål. Dette blir da i praksis en form for overvåkning, og faller dermed ikke inn under selvposisjonering. Selv om en del av de andre systemene i teorien - på tross av at de er ment for overvåkning - kan reverseres til selvposisjonering, har ikke utviklingen tatt den retningen.

For i fremtiden å kunne få et system som egner seg til universell utforming, er vi avhengige av at utviklingen går mot egenposisjonering innendørs som hovedmål. Man vil da ikke bare kunne få et standardisert system som enkelt integreres mot utendørs posisjoneringssystemer, men også muligheten til å implementere systemet i for eksempel håndholdte datamaskiner og mobiltelefoner. Dette er i samsvar med prinsippene bak universell utforming, og bør derfor også være attraktivt for dagens aktører innenfor innendørs posisjonering.

## 11 Konklusjon

De ulike systemene vurdert i denne oppgaven har alle sine fordeler og ulemper. Det finnes per i dag ikke et enkelt system som utmerker seg som best til innendørs posisjonering sett opp i mot universell utforming. Videre arbeid med dette temaet ved Høgskolen i Gjøvik bør gjennomføres som et tverrfaglig samarbeid, for å sikre alle parters interesse rundt temaet universell utforming.

## Referanser

- [1] [http://gps.snu.ac.kr/research/pseudolite/indoor\\_eng.htm](http://gps.snu.ac.kr/research/pseudolite/indoor_eng.htm).
- [2] Neal Lesh Andrew R. Golding. Indoor navigation using a diverse set of cheap, wearable sensor. Technical report, 1999. [www.merl.com](http://www.merl.com).
- [3] NASA Tech Briefs. Indoor navigation using direction sensor and beacons. Technical report, Dec 2004.
- [4] Duncan Clarke. Evaluation of active rfid in the perioperative context. Technical report, Nov 30,2005.
- [5] Steward H Cobb. Gps pseudolites: Theory, design, and applications, 1999.
- [6] M. Dueholm, K.& Laurentzius. *GPS*. 2002. ISBN: 87-571-2412-4.
- [7] Börje Forssell. Gps inomhus, möjligheter och begränsningar. Technical report.
- [8] T Brede S Fuglem, I Worren. Den nye lokasjonsteknologien for tjenesteprodukter., 2004.
- [9] Jon Glenn Gjevestad. Innendørs gnss - ytelse og utfordringer.
- [10] Lichenegger H.& Collins J. Hofmann-Wellenhof, B. *GPS Theory and Practics*. 2001. ISBN:3-211-83534-2.
- [11] <http://no.wikipedia.org>.
- [12] Husbanken. Eksempelsamling, universell utforming.
- [13] Antonio Kruger. Resource - adaptive mobil navigation system, 1999.
- [14] Stortingsmelding nr.40. Nedbygging av funksjonshemmedes barriere., 2003-2003.
- [15] Henrik Roshauw. Kontekstsensitive mobiltjenester for kjøpesenter. Master's thesis, 2004.
- [16] Dag W Schartum. Personvern og lokasjonbaserte tjenester. [www.afin.uio.no](http://www.afin.uio.no).
- [17] Teknologirådet. [www.teknologiradet.no](http://www.teknologiradet.no), 2005.
- [18] [www.ekahau.com](http://www.ekahau.com).

- [19] [www.etac.no](http://www.etac.no).
- [20] [www.gpsworld.com](http://www.gpsworld.com).
- [21] [www.pcworld.com](http://www.pcworld.com).
- [22] [www.sonitor.com](http://www.sonitor.com).
- [23] [www.stormingmedia.us/75/7514/A751444.html](http://www.stormingmedia.us/75/7514/A751444.html).
- [24] [www.thalesresearch.com](http://www.thalesresearch.com).
- [25] [www.umb.no/16740](http://www.umb.no/16740).
- [26] S Chen J Wang H Xiang, Z Song. A wireless lan-based indoor positioning technology., 2004.