

HiST/AITeL - RAPPORT 2007: 1

Avdeling for informatikk og e-læring
Høgskolen i Sør-Trøndelag



HØGSKOLEN
I SØR-TRØNDELAG

3d visualisering - valg av teknologi og programvare

ISBN 978-82-7877-151-8
ISSN 1504-5587

HiST/AITeL - RAPPORT 1 Trondheim 2007

av

Tomas Holt, Jan Nilsen, Grethe Sandstrak, Mildrid Ljosland og Truls Fretland

Tomas.Holt@hist.no
Jan.H.Nilsen@hist.no
Grethe.Sandstrak@hist.no
Mildrid.Ljosland@hist.no
Truls.Fretland@hist.no

Forord

Denne rapporten er den første i en serie prosjektrapporter som dokumenterer arbeidet i prosjektet *Sanntids 3D-datainnsamling og –visualisering av menneskelig bevegelse i komplekse omgivelser* (4dViz). Studieåret 2006-2007 ble prosjektet støttet av HiST AITeL med FoU-tid og fra HiST sentralt med midler til utstyr og til en PhD- stipendiatstilling. Fra høsten 2007 og ut studieåret 2009, vil prosjektet bli støttet med FoU-midler fra HiST sentralt og fra AITeL. Støtten fra HiST sentralt i denne perioden vil skje i form av en treårig tildeling av FoU-tid til AITeL-ansatte og enda en ny PhD-stipendiatstilling, knyttet opp mot prosjektet.

Studieåret 2006-2007 har vært preget av oppbygging av et 3D-visualiseringslaboratorium (VizLab), bygging av prosjektorganisasjon, kompetanseoppbygging og installering av nytt utstyr og programvare. Fortsatt vil det integreres nytt utstyr. Sammen med Avdeling for helse- og sosialfag (AFT) er det bestilt et meget avansert Motion Capturing System som vil bli installert høsten 2007.

Det er i perioden 2006-2007 utviklet et nytt fag ved AITeL *3D-programmeing med OpenGL og Java*, som knytter studenter til VizLab'en. Det er også utført tre studentprosjektoppgaver og to hovedprosjektoppgaver innen 3D-grafikk, knyttet opp mot prosjektarbeidet som foregår i VizLab'en. En av hovedprosjektstudentene har fått jobb hos Systems In Motion (SIM), nå Kongsberg SIM, som er en meget viktig samarbeidspartner for AITeL innen interaktiv 3D-grafikk og for dette prosjektet spesielt. SIM har også ansatt to av våre studenter i sommerjobber med problemstillinger som er knyttet opp mot virksomheten ved VizLab'en.

Januar 2007 ble Spesialist Bjørn Sæther fra Statoil ansatt i amanuensis II stilling ved AITeL. Sæther er spesialist i visualisering ved Statoil og har gitt meget viktige bidrag til lab- og kompetanseoppbyggingen innen visualisering ved AITeL, spesielt på grunnlag av sitt store internasjonale kontaktnett.

Det er i perioden blitt etablert meget viktige og nyttige samarbeidsrelasjoner med lokalt og internasjonalt næringsliv og med Universitets- og FoU-miljøer. Vi vil få takke Statoil, Systems In Motion (SIM), Metronor, Olympiatoppen avd. Trondheim, Trondheim kommune, Sintef Medisin, NTNU, Universitetet i København, IT-Universitetet i København, Universitetet i Weimar, Høgskolen i Bonn, og Høgskolen i Groningen for all støtte så langt i prosjektet.

Trondheim 2007-06-28

På vegne av prosjektgruppen

Jan H. Nilsen

Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Innholdsfortegnelse.....	ii
1 Innledning.....	1
1.1 Hovedmålsetting, hovedaktiviteter og delmål for 4dViz.....	1
1.2 Framgangmåter og metoder.....	1
1.3 Krav til teknologien.....	2
2 3D-programmering og visualisering.....	2
2.1 Prosjektgruppens vurdering av kravene til teknologi.....	3
2.2 Mulige API'er for visualisering av 3D-modeller.....	3
2.2.1 OpenGL.....	3
2.2.2 Coin3D.....	4
2.2.3 Java3D.....	4
2.2.4 DirectX.....	5
2.3 Vurdering av API'ene for visualisering.....	5
2.3.1 OpenGL.....	5
2.3.2 Coin3D.....	5
2.3.3 Java3D.....	5
2.3.4 DirectX.....	5
2.4 Valg av API for 3D-programmering og visualisering.....	6
3 Verktøy for 3D-modellering og behandling av 3D-data.....	7
3.1 3D Studio Max 9.....	7
3.2 Blender.....	7
3.3 Valg av verktøy for 3D-modellering.....	7
3.4 Bearbeiding av gammel programvare.....	8
3.5 Behandling av C3D-filer.....	8
4 Valg av visualiseringssystem.....	9
4.1 Prosjektører.....	9
4.2 Lerreter.....	10
4.3 Motion Capturing System.....	10
4.3.1 Motion Capturing System basert på synlig lys.....	10
4.3.2 Motion Capturing System basert på infrarødt lys.....	12
5 Valg av maskinvare for prosessering.....	13
5.1 Data fra kamerasystemet.....	13
5.2 Prosessering av data.....	13
5.2.1 Prosessering med GPU.....	13
5.2.2 Prosessering med Playstation 3.....	13
5.3 Mellomlagring av data.....	14
5.4 Lagring av data.....	14
5.5 Konklusjon.....	14
6 Tilnærming til et datasett med støy.....	15
6.1 Prosedyre.....	15
6.1.1 Filtrering av støy.....	15
6.1.2 Interpolasjon.....	17
6.1.3 Median.....	17
6.2 Videre arbeid.....	19
6.3 Applikasjoner.....	19
Referanser.....	20

Appendiks	22
Innholdsfortegnelse:.....	22
Appendiks 1 Visualiseringssystem- Monteringsanvisninger og hardware-tips.....	23
Appendiks 2 Hardware og Software: Tilbud og fakturaer.....	26
Appendiks 3 Matlab-kode. Tilnærming til et datasett med støy	37
Midle.m.....	37
Splinecurve.m	39
Testgeo2000.m.....	40

1 Innledning

Denne rapporten er den første i en serie rapporter fra prosjektet *Sanntids 3D-datainnsamling og – visualisering av menneskelig bevegelse i komplekse omgivelser (4dViz)*. Det er i rapporten mest lagt vekt på å summere opp hva som er gjort i prosjektet så langt, innenfor ulike aktiviteter. På denne måten ønsker vi å dokumentere og samle informasjon og begrunnelser for valg, slik at rapporten blir mest mulig nyttig for videre arbeid i prosjektet.

1.1 Hovedmålsetting, hovedaktiviteter og delmål for 4dViz

Hovedmålsetting, hovedaktiviteter og delmål for prosjektet kan kort oppsummeres ved følgende:

Main objective: To develop a high precision, low-cost portable system (less than NOK 250 000) which integrates real-time 3D motion capturing and visualization of human and industrial object movements in complex environments.

It will be evaluated for commercialization in cooperation with the industrial partners Metronor, Systems in Motion and Statoil.

Main activities: Software/hardware integration, algorithms development, motion capturing, real time visualization of 3D models, and competence building.

Sub goals: Establish and integrate a motion capturing and visualization laboratory

Algorithms development and 3D modelling to:

Unveil unnatural movements inside risk zones in complex constructions

Improve clinical understanding of motor behaviour of persons

Improve sport athletes' performance

Improve optical helmet tracking systems for pilots

Develop a new study programme based on visualization

1.2 Framgangmåter og metoder

En kortfattet beskrivelse av framgangsmåte og metoder er gitt ved:

I prosjektet skal det utvikles et lavkostsystem som integrerer sanntidsdatainnsamling og - visualisering av menneskelige bevegelser.

Det å kunne måle, analysere og visualisere slike bevegelser er aktuelt i en rekke ulike fagdisipliner. Innenfor helse og fysioterapi benyttes dette i biomekanisk forskning og diagnostisering, til å studere motorisk atferd som følge av muskellidelser eller nevrologiske lidelser. Innenfor idrett studeres bevegelsene for å kunne hjelpe idrettsutøvere til å yte maksimalt i konkurranser. I tillegg benyttes datafangst og visualisering av menneskelig bevegelse i stadig større grad til 3D-animasjoner. Dette gjelder spesielt innenfor en raskt voksende digital film- og dataspillindustri, der evnen til å gjenskape virkelige menneskelige bevegelser er et viktig kvalitetskriterium.

I prosjektet skal bevegelsene fanges opp ved bruk av flere digitale videokamera som samtidig filmer forsøkspersonene. Små markører skal monteres på leddene til forsøkspersonene, og 3D-posisjonene til disse markørene beregnes ved hjelp av spesielle målemetoder (fotogrammetri og bildeanalyse), motion capturing. På grunnlag av de målte markørposisjonene, skal det bygges virtuelle 3D-datagrafikkmodeller av forsøkspersonene og 3D-modellenes bevegelser animeres og visualiseres.

Det å få menneskemodeller til å bevege seg på en mest mulig virkelighetsnær måte, har stor

betydning for den menneskelige oppfatningen av det som visualiseres. For at forsøkspersonene direkte skal kunne se og samtidig korrigere sine modellbevegelser, er det viktig at både datainnsamling og visualisering foregår i sanntid.

I prosjektet skal en studere hvordan virtuelle synsstimuli påvirker yteevnen til idrettsutøvere under trening. Dette er fortsatt relativt lite kjent. Det ligger store forskningsmessige utfordringer og kommersielt potensiale i å utvikle algoritmer og visualiseringssystemer, som i sanntid fanger opp og gjensker menneskelig bevegelse mest mulig korrekt.

1.3 Krav til teknologien

Dette er et FoU-prosjekt basert på (for oss) forholdsvis ukjent teknologi. Flere viktige faktorer setter føringer på hvilken type teknologi som bør brukes i prosjektet. Følgende forhold er viktige ved vurdering av teknologi:

1. *Prosjektets løsbarehet. Vi må bruke teknologi som gir størst mulighet for å lykkes.*
2. *Det er et mål å utvikle et lavkostsystem. Dette gjør at kostnader til å lage systemet må holdes lave.*
3. *Forhold til Systems In Motion (SIM). Det er i dag et ønske om å samarbeide med SIM, da SIM sitter på verdifull erfaring fra 3D-programmering/visualiseringsprosjekter og også er samarbeidspartner i FoU-søknader.*
4. *Inkludering av studenter. Det er et mål å drive forskningsbasert undervisning. Inkludering av studenter i prosjektet er derfor ønskelig. Studentene må også sees på som en verdifull ressurs for realisering av prosjektet.*
5. *Prosjektgruppens kompetanse og ønsker. Gruppen besitter i dag en kompetanse (dog beskjedent). Å bygge videre på denne kompetansen vil gjøre det enklere å nå prosjektets mål. Prosjektgruppen har selv ønsker i forhold til kompetanseoppbygging. Denne oppbyggingen kan også ha konsekvenser for fagtilbud og framtidige prosjekter ved AITeL.*

Denne rapporten beskriver i kapittel 2 krav til teknologi, både med hensyn til programvare og maskinvare. I kapittel 3 er ulike verktøy for 3D-modellering vurdert og det er valgt å se nærmere på to av disse, nemlig 3D Studio Max 9 og Blender. I kapittel 4 er det sett på visualiseringssystemer, hovedsakelig prosjektører, lerreter og kameraer, men også litt på software som inngår i motion capturing systemer. I kapittel 5 er det beskrevet valg av maskinvare for dataprosessering, beregninger og visualisering. Denne maskinvaren må være i stand til å ta imot data fra kameraene, prosessere disse (via 3D-modeller), og tilslutt visualisere disse via visualiseringssystemet. I kapittel 6 er det sett på hvordan en kan glatte innsamlede tracks av bevegelser av markører plassert på forsøkspersoner.

2 3D-programmering og visualisering

Dette kapitlet ser først på prosjektgruppens vurdering av de krav man har til teknologien som skal brukes i prosjektet (beskrevet i innledningen). I begrepet teknologi legges både programvare og maskinvare. Deretter beskrives hvilke muligheter man har for 3D-programmering og visualisering. Tilslutt vurderes de ulike alternativene og et begrunnet valg gjøres.

2.1 Prosjektgruppens vurdering av kravene til teknologi

Her kommer en oppsummering av prosjektgruppens vurdering av de ulike kravene beskrevet over:

1. Teknologi som gir mulighet for å lykkes må velges. Mulighet for real-time programmering er et krav, da dette er nødvendig for å nå prosjektmålene. Mulighet for stereovisning vil også vektlegges da dette er nødvendig for visualisering i 3D.
2. Valg av teknologi bør gjøres slik at man ikke får uforutsette kostnader til lisenser. Man må også vokte seg for lisensbetingelser som krever at man oppdaterer brukte biblioteker. Slike oppdateringer kan få uheldige konsekvenser på egenutviklet programvare da nye feil/kompabilitetsproblemer kan bli innført. Maskinvare bør kjøpes i konsumentmarkedet for ikke å få for høye utgifter. For visualisering vil spesielt skjermkort være av stor betydning for ytelsen.
3. Forholdet til SIM utvikles/vedlikeholdes best ved bruk av deres API Coin3D (beskrives nærmere i kap. 2.3). SIM innehar også kompetanse som kan være veldig nyttig i prosjektet, og har sagt seg villig til å hjelpe til ved tekniske spørsmål i forhold til Coin3D.
4. Studentene lærer å programmere i Java. Inkludering av studentene gjøres derfor enkleste ved å bruke Java som programmeringsspråk. C++ er imidlertid etterspurt i arbeidsmarkedet i forbindelse med 3D-programmering, noe som kan være et argument for å bruke C++. Valg av C++ vil imidlertid gi færre mulige studenter til prosjektet.
5. Prosjektgruppen sitter i dag med klart størst kompetanse i Java, noe som er et argument for å bruke dette som programmeringsspråk. Alle i gruppen ønsker også primært å bruke Java ved utvikling. Når det gjelder kompetanseoppbygging, så kan det også være ønskelig å bruke Java, da dette er uvanlig ved real-time 3D-programmering. Dette vil i så fall gi oss en kompetanse som er unik og banebrytende. På en annen side vil det være enklere med samarbeid med andre ved bruk av kjent teknologi (vi ønsker blant annet samarbeid med andre universiteter og høyskoler inne fagområdet).

2.2 Mulige API'er for visualisering av 3D-modeller

Visualisering av en 3D-modell gjøres normalt gjennom et bibliotek (API) laget for dette formålet. Det finnes ulike standarder og biblioteker tilgjengelig. Noen er lavnivå, mens andre er høynivå. Basert på kravene til teknologi (beskrevet over) har vi sette på følgende standarder/biblioteker for visualisering av 3D-modeller.

2.2.1 OpenGL

Dette er en industristandard som er styrt av en uavhengig forening med navnet OpenGL Architecture Review Board. OpenGL er en åpen standard som er tilgjengelig på de fleste plattformer (operativsystemer) og er leverandøruavhengig [OpenGL].

Standarden er stabil (er over 7 år) og utvikler seg hele tiden. God dokumentasjon er enkelt tilgjengelig både i bokform og via nettsider. Stødige implementasjoner finnes for mange språk som f.eks. C, C++ Python og Java.

OpenGL er en visualiseringsstandard hvor programmering skjer på et rimelig lavt nivå. I dette ligger at man som programmerer må gjøre det meste selv, og får forholdsvis lite hjelp av API'en (i forhold til Coin3D og Java3D). Dette gjør at man i mange sammenhenger velger å bruke høyerenivå API'er. Disse er ofte bygget på OpenGL.

Skjermkortprodusenter støtter vanligvis OpenGL og gjør standarden mye brukt. Dette gjelder fra vanlige PC'er til kraftigere maskiner. Mange spill og visualiseringsprogrammer er laget med OpenGL (direkte eller via påbygg, se neste kapittel). Real-time programmering er mulig med C og C++ implementasjoner (se og kommentarer for Java3D).

OpenGL har muligheter for stereovisning. Det finnes også noen skjermkort i konsumentmarkedet som støtter stereovisning uten at man må ta høyde for dette som programmerer [nVidia].

2.2.2 Coin3D

Coin3D er en C++ implementasjon av Open Inventor (versjon 2.1). Dette er en høyerenivå API for 3D-visualisering. Implementasjonen er også åpen kildekode ihht. GPL-lisens [Coin3D]. API'en kan dermed brukes fritt for restriksjoner så lenge evt. endringer av API'en også følger GPL-lisens. Systems In Motion (SIM) står for utvikling og vedlikehold.

Coin3D er en høyerenivå API, noe som gjør at programmerer kan lage visualiseringer med mindre kode - enn tilfellet er for OpenGL-implementasjoner. OpenGL ligger imidlertid også her i bunn, men nås gjennom en objektorientert API (OpenGL er ikke objektorientert). Visualisering gjøres ved at det lages en scenegraf som igjen vises på skjerm.

Coin3D har også muligheter for importering av 3D-modeller fra fil. Dette gjør det mulig å lage 3D-modellene i programmer - spesialisert nettopp for dette (f.eks. 3D Studio Max).

Ulike språkbindinger er tilgjengelig. Her kan C++, Java og Python nevnes. Java-bindingen er imidlertid utdatert. Real-time programmering er mulig med C++-bindingen. Stereovisning er også tilgjengelig.

2.2.3 Java3D

På samme måte som Coin3D, er Java3D, en høyerenivå API bygget på toppen av OpenGL. Også her brukes en scenegraf. Implementasjonen er laget med JOGL som er en Java-binding mot OpenGL. Lisensbetingelsene for Java3D er litt mer innfløkte, da det er flere delprosjekter som kan ha ulike betingelser [Java3D]. Generelt kan man si at API'en kan brukes uten betaling, også for kommersielle applikasjoner. For forskning kan også kildekode endres.

Java3D er en forholdsvis ny API. Det er derfor ikke mange applikasjoner utviklet med denne API'en. Man kan finne noen spill (forholdsvis enkle), men også prosjekter som bygger videre på Java3D. Sun startet f.eks. prosjektet Looking Glass, som er en hel 3D desktop basert på API'en.

Når det gjelder dokumentasjon så er denne rimelig god. Både API-dokumentasjon og andre veiledninger finnes tilgjengelig på nett. Omfanget er imidlertid mye mindre enn tilfellet er for ren OpenGL.

Real-time programmering er et problem når det gjelder Java-utvikling. Grunnen til dette er måten man gjør opprydding av brukte objekter på. Det er den virtuelle maskinen sin oppgave å sørge for å frigi minne brukt av objekter som ikke lenger er i bruk. Akkurat i det minnet skal frigis må resten av programmet stoppe opp for en liten stund [GC]. Man kan dermed ikke garantere tiden det tar for å utføre deler av et Java3D-program.

Det er imidlertid måter å fininnstille minneopprydning i Java-programmer. Dette gjør at man f.eks. kan kjøre deler av oppryddingen på en prosessorkjerne, mens resten av programmet kjører på en annen. Man kommer imidlertid ikke unna at deler av oppryddingen fører til at utføringen av programmet må vente.

Java Real-Time System (Java RTS) er en implementasjon av en ny standard som også kan gi real-time programmering i Java [RTS]. Denne er imidlertid i skrivende stund begrenset til operativsystemet Solaris. Implementasjoner for andre operativsystemer vil imidlertid komme etterhvert. Hvordan Java RTS vil forholde seg til OpenGL-implementasjoner og Java3D er uklart.

Stereovisning er tilgjengelig.

2.2.4 DirectX

DirectX er Microsoft sin API for 3D-programmering på Windows-plattformen. Denne er mye brukt, blant annet til spill. De fleste skjermkortprodusenter for PC støtter også DirectX, noe som gjør tilgjengeligheten god. DirectX styres i det fulle og hele av Microsoft. Blant annet kan man på web-sidene se at man ikke får lastet ned eldre versjoner enn 9.0.

Dokumentasjon finnes gjennom MSDN som altså er en portal for Microsoft teknologi. DirectX ligger i win32-bibliotekene til Microsoft, og er følgelig tilgjengelig gjennom programmeringsspråkene som støtter biblioteket. Dette gjelder f.eks. C++, C# og VB.

2.3 Vurdering av API'ene for visualisering

Valg av visualiseringsteknologi for prosjektet må veies i forhold til de krav og ønsker man har for prosjektet. Under beskrives synspunktene som har kommet fra i forbindelse med de ulike mulighetene for visualisering.

2.3.1 OpenGL

SIM anbefalte tidlig å bruke en API med scenegraf i stedet for å lage implementasjonen direkte på OpenGL-nivå (lavnivå). Argumentet for dette var direkte støtte for importering av 3D-modeller fra fil (ulike formater) og at man slipper en god del programmering for å visualisere modellen.

Når det gjelder ytelse kan direkte bruk av OpenGL ha noe for seg. Dette krever imidlertid at man kan OpenGL og optimalisering godt. Mye av optimaliseringen får man imidlertid automatisk ved bruk av høyerenivå API. Sistnevnte passer derfor prosjektgruppen bedre, da kunnskapen til 3D-programmering er rimelig begrenset.

Enkle tester viser også at det er klart enklere å få en god visualisering med en høynivå API i forhold til en OpenGL-implementasjon.

OpenGL scorer imidlertid høyt på en del av kravene til teknologi. Forholdet til SIM blir imidlertid skadeildene og utviklingskostnadene (av programvare) kan bli forholdsvis høye (dette er en lavnivå API).

Om man velger en Java-binding til OpenGL er man heller ikke sikker på at implementasjonen i det hele tatt blir real-time.

2.3.2 Coin3D

Tester viser at Coin3D enkelt lar oss visualisere 3D-modeller. Importering av 3D-modeller på fil (vanlige formater) er også tilgjengelig.

Coin3D dekker alle behov man har til en programmerings API, men stiller noe svakt på punktet «Inkludering av studenter» og «Prosjektgruppens kompetanse og ønsker». Her vil vi ikke kunne bruke Java som programmeringsspråk (da bindingen er utdatert), noe vi anser som en ulempe. Man kan imidlertid velge å bruke Python, som gjør overgangen fra Java forholdsvis grei. Python vil imidlertid ha samme problemer med minneoppyrdning som Java (noe som gir real-time problemer).

2.3.3 Java3D

Java3D dekker mange av kravene til teknologi. Forholdet til SIM kan imidlertid bli noe skadelidende (mindre enn med OpenGL da overgangen mellom Coin3D og Java3D er mindre). Det store problemet med Java3D ligger i mangel av real-time egenskapene.

2.3.4 DirectX

DirectX dekker kravene til teknologi dårlig. Løsbareheten er det eneste punktet som sannsynligvis

dekkes fullt ut. Spesielt er lisensbetingelser problematisk, men heller ikke på de andre punktene scorer denne teknologien høyt.

2.4 Valg av API for 3D-programmering og visualisering

Prosjektgruppen har valgt å bruke Coin3D for 3D-programmering og visualisering. I utgangspunktet brukes Python da dette gjør overgangen fra Java «enkel», men C++ kan være aktuelt etter hvert. Det skal også være uproblematisk å bruke begge deler sammen i løsningen.

Coin3D dekker kravene til teknologi absolutt best. Alle punkter oppfylles, men får ikke full score på «Inkludering av studenter» og «Prosjektgruppens kompetanse og ønsker». Disse punktene oppfylles imidlertid også rimelig bra, da overgang fra Java til Python er forholdsvis liten, samt at prosjektgruppen ser at bred kompetanse også kan være en fordel. Om real-time egenskapene blir skadelidende vil en overgang fra Python til C++ være forholdsvis grei (fordi bruken av Coin3D blir lik uansett språkbinding). Deler av prosjektgruppen har også god kompetanse i C++.

3 Verktøy for 3D-modellering og behandling av 3D-data

Det finnes mange ulike verktøy for 3D-modellering og vi har valgt å se nærmere på to av disse. Slike verktøy gjør det forholdsvis enkelt å lage 3D-modeller som senere kan visualiseres. Alternativet til slike verktøy er å lage modellene via programmering, men dette er en veldig stor jobb for de fleste modeller utover de aller enkleste. Modellene som lages ved hjelp av et modelleringsverktøy kan eksporteres via gitte fil-formater (for eksempel VRML og C3D).

3.1 3D Studio Max 9

3D Studio Max er en programvarepakke for 3D modellering og animering på Windows plattform, som er forholdsvis enkel å komme i gang med. Det finnes en rekke nettressurser tilgjengelig med blant annet tutorials for å komme i gang og for de mer viderekommende. Programvaren brukes mye innen spillutvikling, i reklamebransjen, til visuelle effekter (film), av arkitekter mfl.

Utvikler er Autodesk [Autodesk], en allsidig programvarebedrift, som har utviklet blant annet AutoCad®.

3D-Studio Max er et kommersielt produkt og forholdsvis dyrt i innkjøp (36 000 nkr). Det finnes imidlertid rimelige skolelinser som vi kan benytte oss av i prosjektet. Det er også mulig å laste ned og teste programvaren gratis i 30 dager.

Produktet må forhandles utenfor USA fordi det opereres med ulike lisenser innenfor og utenfor USA. I Norge er det pr. i dag 3 forhandlere av programvaren – disse finner man på Autodesk sine hjemmesider (se Appendiks 2).

3.2 Blender

Blender [Blender] er et open source produkt under GPL-lisens og er tilgjengelig for flere operativsystemer (Windows, Linux, Sun Solaris, Mac OS mfl.). Blender kan konkurrere med de dyre kommersielle pakkene som Maya og 3D Studio Max.

Blender tilbyr mye av de samme egenskaper som 3D Studio Max med mulighet for modellering, animasjon, rendering med mer.

I forhold til 3D Studio Max er Blender noe vanskeligere å komme i gang med, men også her finnes det en rekke tutorials på internett for både nybegynnere og for viderekommende.

Blender kan lastes ned gratis fra internett.

3.3 Valg av verktøy for 3D-modellering

Utviklingsgruppen har valgt å holde mulighetene åpne for å bruke både Blender og 3D Studio Max. Siden vi har mulighet til å bruke studentlisens på 3D Studio Max er det ikke vesentlige prisforskjeller mellom de to verktøyene. Vi står dermed noe friere til å teste ut begge.

På dette stadiet i prosjektet er vi fremdeles noe usikre på hvordan vi skal bruke modelleringsverktøy og knytte dette opp mot våre modeller. Både Blender og 3D Studio Max har mulighet for å

importere/ eksportere ulike formater, slik at en scene/ texture kan overføres. Når det gjelder animasjon og bruk av verktøyenes innebygde fysikkmotor, så må dette undersøkes nærmere.

Det er mulig å lese inn for eksempel en koordinatfil i 3D Studio Max vha verktøyets innebygde scriptspråk (MaxScript) og produsere en animasjon [Berg, 2006].

Blender har også mulighet for script (C og Python). I.o.m. at vi har valgt å bruke Python/ Coin så kan dette være interessant å følge opp.

En annen fordel med Blender er at vi har tilgang på kildekode siden det er open source.

3.4 Bearbeiding av gammel programvare

Motion tracking programvare som det er startet videreutvikling av, bygger på er programvare utviklet i et tidligere SINTEF-prosjektet HyDriv [Hydriv 2003] og et dr. ing arbeid ved NTNU [Nilsen,1994], [Nilsen og Hådem, 1994]. Dette programsystemet benytter digital bildeanalyse og fotogrammetriske metoder til å detektere partikler og følge deres 3D-bevegelse (motion detection /motion capturing). Dette programsystemet er opprinnelig skrevet delvis i FORTRAN og delvis i C.

Vi har valgt å oversette deler av dette programsystemet til C++. Dette har vi gjort dels for enkelt å kunne bruke det sammen med nyutviklet kode i C++ og Python, dels med tanke på mulig multiprosessering av dataene, noe som er mulig i C++ men ikke i standard FORTRAN. En bieffekt av oversettingsarbeidet er at prosjektgruppen får økt forståelse for programsystemets funksjonalitet og algoritmer, og dermed også lettere kan ta det i bruk og forbedre det.

3.5 Behandling av C3D-filer

C3D-formatet er vanlig å bruke for å lagre 3D-modeller på fil. Dette er et binært format og er dermed ikke leselig for mennesker. C3D-standarden er en kompleks standard [C3D]. Det finnes i dag grensesnitt som gjør det enklere å programmere mot C3D-formatet, men det kreves bruk av Microsofts COM (Component Object Model). Å lage egne rutiner for å manipulere C3D-filer vil være tidkrevende.

Ved prosjektets oppstart hadde gruppen allerede en datamodell av hoppbakken i Granåsen, samt hopp av en skihopper. Disse finnes i C3D-formatet. For å kunne bruke disse modellene enkelt i våre programmer har vi funnet det enklest å omforme C3D-filene til rent tekstformat. Dette kan gjøres med en eksisterende applikasjonen som finnes på c3d.org. Velg lenken «software tools» og så «Convert C3D files to ASCII - User written application».

Programmet for omforming fra C3D-format til tekstfil har en umiddelbar ulempe, nemlig at navnene på koordinatene ikke blir med. Dette kan løses manuelt ved å bruke programmet MIsViewer som også finnes på c3d.org under «software tools».

Programmene beskrevet over er Windows-programmer og vil følgelig ikke kjøre på andre plattformer.

4 Valg av visualiseringssystem

4.1 Prosjektører

Det ble valgt å kjøpe inn prosjektører av type F1+ utviklet av [ProjectionDesign](#) i Fredrikstad. Disse prosjektørene har høy oppløselighet SXGA+ (1400 x 1050) og er meget lyssterke (op to 4200 ansi lumens). De er i bruk ved en rekke universiteter og forsknings-/industribedrifter både i Norge og internasjonalt. Bl.a. finnes de hos en del av våre samarbeidspartnere som NTNU, Sintef, St. Olavs hospital, universitetet i Weimar og Statoil.

Prosjektørene er i utgangspunktet kostbare, ca NOK 70 000 pr stk. Det ble derfor kjøpt inn brukte F1+ - prosjektører som hadde vært benyttet ca 240 timer. Estimert levetid på lamper ved full styrke (300W) er opp til 1700 timer. Prosjektørene inngikk i et pakketilbud som bestod av to prosjektører, prosjektørrigg og converterenhet fra CYVIZ med polarisasjonsfiltre, polariserte briller og to lerreter.



Figur 4.1.1 Valgt prosjektør F1+ [[F1+ Manual](#)] fra ProjectionDesign.

De prosjektørene vi har kjøpt inn [F1+Manual] har supervidvinkellinse 1: 1, som muliggjør at forholdet avstand / skjermbredde er 1: 1. Prosjektørene er montert sammen i en [spesialkonstruert ramme](#) levert av [[Cyviz](#)]. Se Fig. 4.1.2



Figur 4.1.2 Prosjektører med ramme, polarisasjonsfiltre og converterenhet

Rammen er utstyrt med polarisjonsfiltre foran prosjektørene og en [converte enhet](#) for å samkjøre datastrømmen fra pc-en. Se [Cyviz-notat](#) angående bruk av Cyviz-converter versus grafikkort.

4.2 Lerreter

Det er kjøpt inn lerreter fra henholdsvis [Da-Lite Cinema Contour-lerret] og [Stewart FilmScreen Cooperation]. Begge produsentene er markedsledende og produserer lerreter som b.a. er spesielt egnet for 3D-visualisering.

Frontprojeksjonslerret:

Lerret 1: Størrelse: 300 cm * 225 cm.

Produsent [Da-Lite Cinema Contour-lerret] frontprojeksjon. Lerretet er kjøpt gjennom [YIT Building Systems AS] i Trondheim. For produktinformasjon se:

Da-Lite produkter: <http://www.da-lite.com/products/product.php?cID=20&pID=234>

Lerret 2: Størrelse: 213 cm * 153 cm

Produsent [Stewart FilmScreen Cooperation]. Lerretet er av type Silver 3D. Det er kjøpt gjennom [Presentations Data AS]. For spesifikasjoner se:

<http://www.stewartfilmscreen.com/Silver3D.html>.

Bakprojeksjonslerret:

Lerret 3: Størrelse 220 cm * 165 cm

Produsent [Stewart FilmScreen Cooperation]. Lerretet er kjøpt gjennom [Presentations Data AS]. For spesifikasjoner se:

<http://www.stewartfilmscreen.com/RigidMaterials.html> og

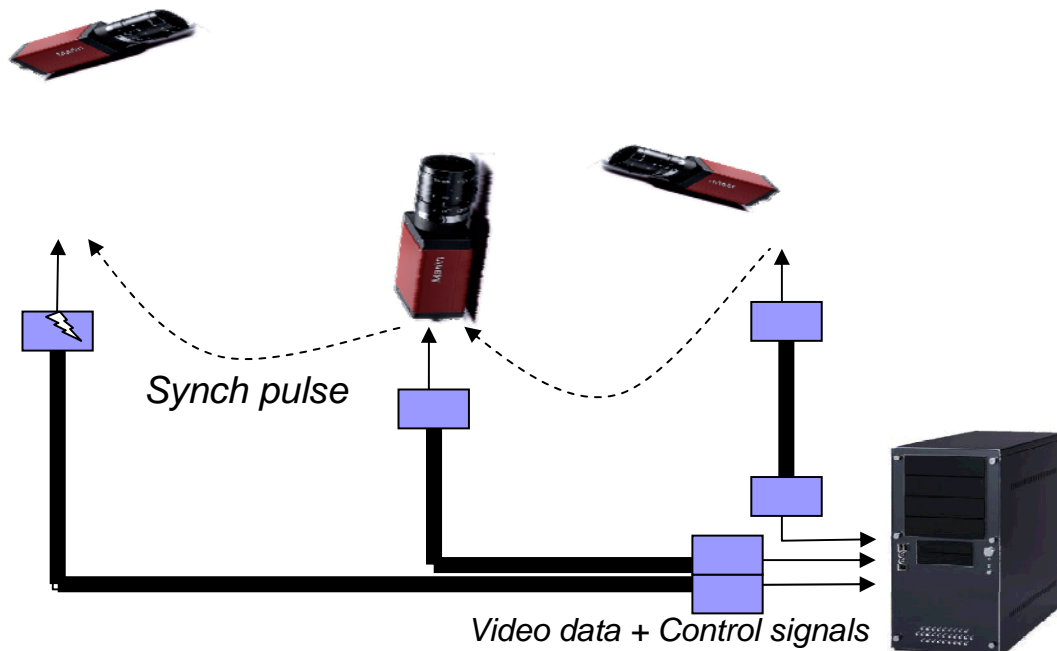
http://www.stewartfilmscreen.com/2007_product_specsheets/powerview_spec.pdf

4.3 Motion Capturing System

4.3.1 Motion Capturing System basert på synlig lys

Som del av PhD-arbeidet til Atle Nes, [Nes, Hådem og Nilsen, 2007] er det under utvikling et Motion tracking system for å fange og analysere bevegelse til skihoppere. Systemet baserer seg på synkrone videoopptak med tre digitale videokamera og bruk av fotogrammetriske metoder til å bestemme 3D-bevegelser på markører festet til kroppen og skiene til skihopperne. Kameraene som er benyttet i dette arbeidet er av type [AVT Marlin F080B]. Dette er FireWire IIDC DCAM digitale kamera, som har oppløselighet på 640 * 480 pixels ved bildefrekvens på 30 Hz. Liknende type kamera vil bli benyttet i arbeidet med 4DViz-prosjektet. Se Figur 4.3.1 for kamera- og

systemoppsett.



Figur 4.3.1 [Nes et al.] Motion capturing system basert på synlig lys.

- 3 stk AVT Marlin F080B (<http://www.alliedvisiontec.com>)
 - 1394a FireWire IIDC DCAM digitale kameraer
 - 640x480 (VGA) x 30 fps, 8-bit gråtone
- 3 par Opticis M4-200 (<http://www.opticis.com>)
 - 1394b FireWire optiske avstandsforlengere
 - 400 m multi-mode fiber
- Skreddersydd synkroniseringskabel
- 200 m coax-kabel
- Sikrer samtidighet i video capture

Det kan være ønskelig å løse opp mer høyfrekvente bevegelser enn det som er mulig med en bildeinnsamlingsfrekvens på 30 Hz . Det er derfor vurdert å kjøpe inn nye Fire-Wire-kamera. Et mulig valg som er vurdert fra samme produsent er: [AVT Pike] F-032B/C fiber og [AVT Pike] F100B/C fiber:

**PIKE F-032B/C
PIKE F-032B/C
fiber**

Type 1/3 KODAK
progressive scan
CCD; (VGA)
640 (h) x 480 (v)
up to 202 fps (full
resolution).

[F-032B/C information:](http://www.alliedvisiontec.com/produktinfos.html?t=produktinfos&o=74&a=selectid)

<http://www.alliedvisiontec.com/produktinfos.html?t=produktinfos&o=74&a=selectid>

**PIKE F-100B/C
PIKE F-100B/C fiber**

Type 2/3 KODAK
progressive scan CCD;
(1 MPixel)
1000 (h) x 1000 (v)
up to 60 fps (full
resolution).

[F-100B/C information:](http://www.alliedvisiontec.com/produktinfos.html?t=produktinfos&o=75&a=selectid)

<http://www.alliedvisiontec.com/produktinfos.html?t=produktinfos&o=75&a=selectid>

4.3.2 Motion Capturing System basert på infrarødt lys

Infrared cameras with high speed visible video functionality. [Qualisys motion capture system med Oqus- kamera] er i bestilling fra norsk leverandør [AKUMed]. For produktbeskrivelse se:

http://qualisys.iweb.se/archive/product_information_pdf/PI_Oqus.pdf

Oqus

Qualisys motion capture camera with high-speed video



Figur 4.3.2 Oqus kamera fra Qualisys.

Det er bestilt et motion capturing system fra Qualisys. Systemet består av åtte Oqus kamera, se Figur 4.3.2 og tracking-programvare Qualisys Track Master (QTM). Disse kameraene har en opptaksfrekvens på 500 Hz med fullt field of view og en CMOS bildesensor med oppløselighet på 1280 * 1024 pixler.

I tillegg består systemet av markører (reflketørende kuler) som skal festes på forsøkspersonene.

QTM benyttes til kalibrering, opptak og markøridentifisering. Markøridentifiseringen skjer vha en egen softwaremodul Automatical Identification Module (AIM). Softwarepakken QTM har en flerbrukerlisens. Se Appendiks 2.

Qualisys systemer er meget anerkjente og benyttes hos en rekke andre forskningsmiljøer i Norge og i utlandet. Bl.a. har vår nære samarbeidspartner NTNU, Program for bevegelsesvitenskap et tilsvarende system, men de har foreløpig ikke fått de nye Oqus kameraene som også tilbyr High Speed Video utgang.

5 Valg av maskinvare for prosessering

For å være i stand til å løse prosjektet trengs maskinvare hvor prosesseringen må foregå. Denne må være i stand til å ta imot data fra kameraene, prosessere disse (via 3D-modeller) og tilslutt visualisere disse via visualiseringssystemet. Denne maskinvaren omtales i det etterfølgende som datamaskin.

5.1 Data fra kamerasystemet

De kameraene som er tilgjengelige i dag kan produsere ca. 10 MB/s med data. Det er imidlertid ønske om å kjøpe nye kamera som kan produsere så mye som 100 MB/s. Det er ønske om å bruke minst 3 kameraer, men det kan også være at man vil bruke flere etter hvert. Overføring fra kameraene går via FireWire, og krever et kontrollerkort i datamaskinen. Datamengden som kommer fra kameraene er så stor (vi snakker kanskje om over 300MB/s) at det setter store krav til hovedkortet i datamaskinen for å kunne overføre dataene. Normal PCI-buss vil fort bli en flaskehals med sine ca 100 MB/s. Dette grunnet at data skal gå fra kamera inn til prosessor og ut til harddisk for lagring (PCI kan kun overføre fra en kilde i gangen som tilsier langt lavere hastigheter ved flere kilder). Man ser derfor behovet for å velge PCI-e (PCI express). Denne typen er switchet, noe som gjør at flere enheter kan overføre samtidig. Etter å ha kikket på priser har vi funnet ut at et hovedkort med 4 ekspansjonsbrønner av typen PCI-e dekker vårt behov. Minste overføringskapasitet vil da være 250 MB/s fra hver kamerakontroller.

5.2 Prosessering av data

Prosessering (beregning av koordinater av bildefiler og visualisering av disse) av de datamengdene det her er snakk om krever mye datakraft. Ettersom det ikke vites hvor stor beregningskraft som trengs kjøpes det beste man kan få for en «normal penge». Dette er en tokjerne prosessor av typen Intel Core 2 Duo E6600 2.4 GHz, med 4 MB cache. Dette gir mulighet for både å gjøre beregninger av koordinatpunkter og visualisering på to ulike kjerner. På dette området går verden fort framover og det vil derfor være aktuelt å finne andre løsninger på prosessering etter hvert som behovet blir klarere. Sannsynligheten for at prosesseringskraften er for liten - er såpass stor - at gruppen allerede har kikket etter alternative løsninger (som kan kjøpes «off the shelf»). Her er programmering av GPU (Graphics Processor Unit) eller bruk av PS3 (Playstation 3) aktuelle kandidater.

5.2.1 Prosessering med GPU

I [Hagen 2005] og [Dokken 2005] viser forskere ved SINTEF hvordan bruk av GPU kan gjøre beregninger (spesielt beregninger med flyttall, som også gjelder ved bildebehandling) mye raskere med GPU enn via CPU. Faktisk så kommer det fram at man ved bruk av et normalt skjermkort, av typen VIDIA Geforce 7800 GTX kontra CPU av typen 2.8 GHz Intel Xeon, kan få en ytelsesøkning på 10-30 ganger.

Vi har valgt å kjøpe et grafikkortet ASUS GeForce 7600GS som bør kunne ligge noenlunde i samme område når det gjelder ytelse.

5.2.2 Prosessering med Playstation 3

PS3 (Playstation 3) er en spillmaskin utviklet for Sony. Denne kan imidlertid kjøre Linux og har 8 prosessor av typen Cell med 3,2 Ghz klokkefrekvens. Det er imidlertid 8 kjerner. Tilsammen kan disse gjøre 0.2 TFLOPS ved flyttalsberegning [UIB]. Den sterkeste supermaskinen ved Universitetet i Bergen (UiB) har til sammenlikning 0.7 TFLOP.

Slike ytelser gjør PS3 særdeles aktuell i forbindelse med tunge prosesseringsoppgaver og vil derfor være veldig aktuell i dette prosjektet.

5.3 Mellomlagring av data

For mellomlagring av data kjøpes 2 GB med rask RAM (PC2-6400/DDR2-800). Dette kan utvides til 4 GB ved behov. Ved korte opptak vil dette kunne gi mulighet til å mellomlagre alle data i minnet, noe som gir mindre behov for at harddisker skal kunne ta unna alle inndata fra kameraene. Overføringskapasitet mellom RAM og CPU blir dermed 6,4 GB/s.

5.4 Lagring av data

Bildene fra kameraene skal lagres slik at de kan brukes i ettetid. Til dette formålet er det kjøpt 2 harddisker med 10000 omdreininger og 16MB cache. Disse settes i RAID 5 (striping) for å oppnå best mulig ytelse. Hver enkelt disk har mulighet for ca. 100MB/s, noe som gjør samlet hastighet en del høyere.

5.5 Konklusjon

For innkjøp av datamaskin har det vært fokus på å få mest mulig kraft ut fra en «normal penge». Dette har gjort at begrensningen i dag ligger hos harddiskene. Mulighet for å lagre mye av dataene midlertidig i RAM kan imidlertid løse problemet ved kortere opptak.

Prosesseringskraften vil nok muligens være et større problem enn lagringskapasiteten. Der finnes imidlertid mulige løsninger via GPU-programmering eller bruk av PS3. I sistnevnte tilfelle kan det være aktuelt å bruke flere datamaskiner i løsningen, slik at det meste av prosessering skjer på PS3, mens data lagres på andre maskiner (da det er begrenset båndbredde på hovedkort og kun 512 MB RAM i disse enhetene).

6 Tilnærming til et datasett med støy

Problemstilling: Gitt et datasett med støy; Hvordan kan man finne en glatt kurve som tilnærmer datasettet.

Problemet er velkjent og har mange standard løsningsmetoder. Vi kan dele inn disse metodene i to grupper:

- Regresjon
- Filtrering med påfølgende interpolasjon

Regresjon er å undersøke sammenhengen mellom en avhengig variabel og en eller flere uavhengige variable. En vanlig form for lineær regresjon er minste-kvadraters metode. Vi har ikke forsøkt å løse problemet vårt med regresjon.

Innenfor fagfeltet signalbehandling er det et standard problem å fjerne/reducere støy i et datasett ved hjelp av et filter. Hva slags type filter man bruker vil avhenge av mange faktorer, blant annet hva man ønsker å filtrere bort, restriksjoner i kjøretid og hvordan datasettet er generert. I vårt tilfelle var datasettet generert av en gps som samlet 3-dimensjonale koordinater. Andre applikasjoner er nevnt i Kapittel 6.3. Vår tilnærming til problemet var at vi raskt trengte en løsning som fungerte tilfredsstillende, og dermed hadde vi ikke tid til å sette oss inn i fagfeltet signalbehandling. Løsningen vi har funnet er derfor ikke nødvendigvis optimal, men den fungerer.

6.1 Prosedyre

For rask implementasjon brukte vi beregningsverktøyet Matlab [Matlab]. Prosessen videre ble delt i to

- Redusere støyen i datasettet ved filtrering
- Interpolasjon av datasettet

I de neste delkapitlene følger en kort beskrivelse av delprosessene.

6.1.1 Filtrering av støy

En av de enkleste metodene for å filtrere bort støy som er forårsaket av raske variasjoner i datasettet er å bruke 'glidende middel' [MovAv]. Da tar man gjennomsnittet av verdiene i et område og bruker det som ny verdi. Vi valgte å la området fra innsignalet (x) velges symmetrisk rundt utsignalet (\tilde{x}):

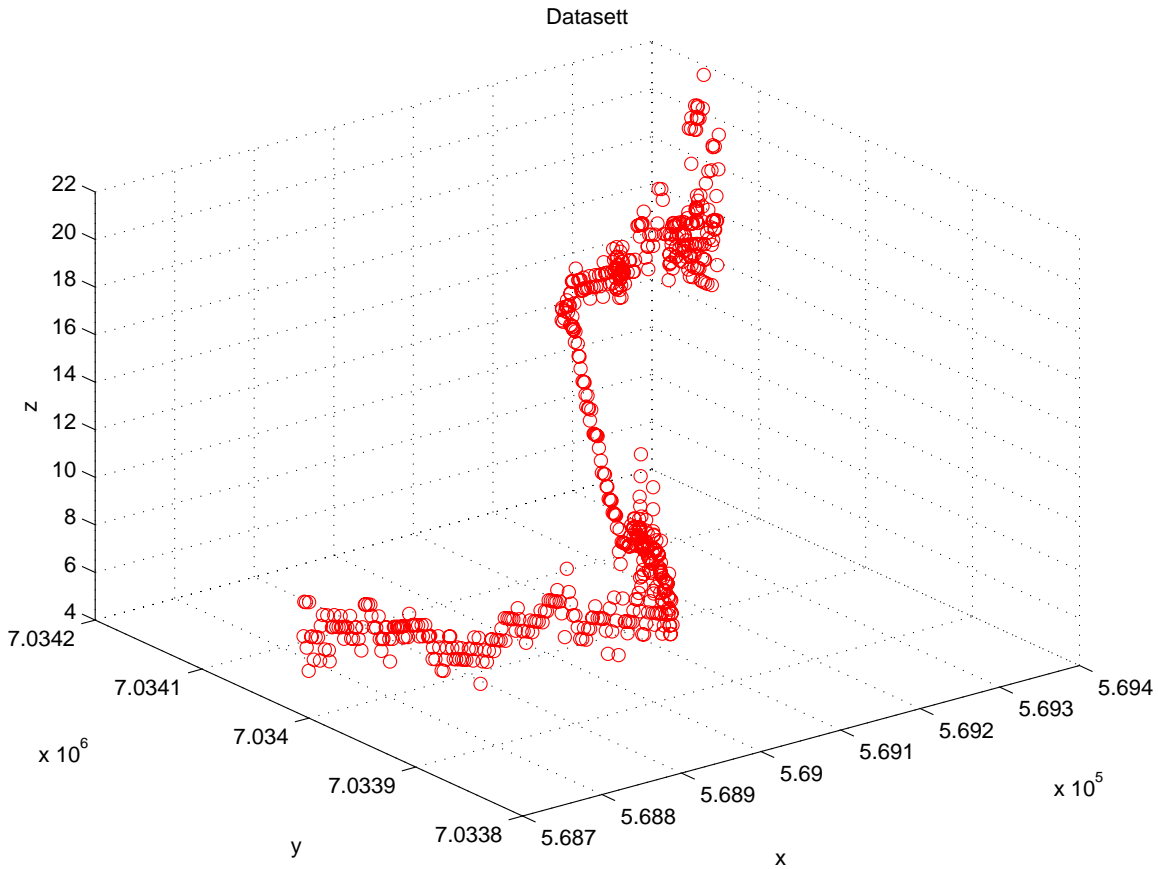
$$\tilde{x}[30] = \frac{x[28] + x[29] + x[30] + x[31] + x[32]}{5}$$

Hvis en ønsker å gjøre dette i sanntid må gjennomsnittet være ensidig:

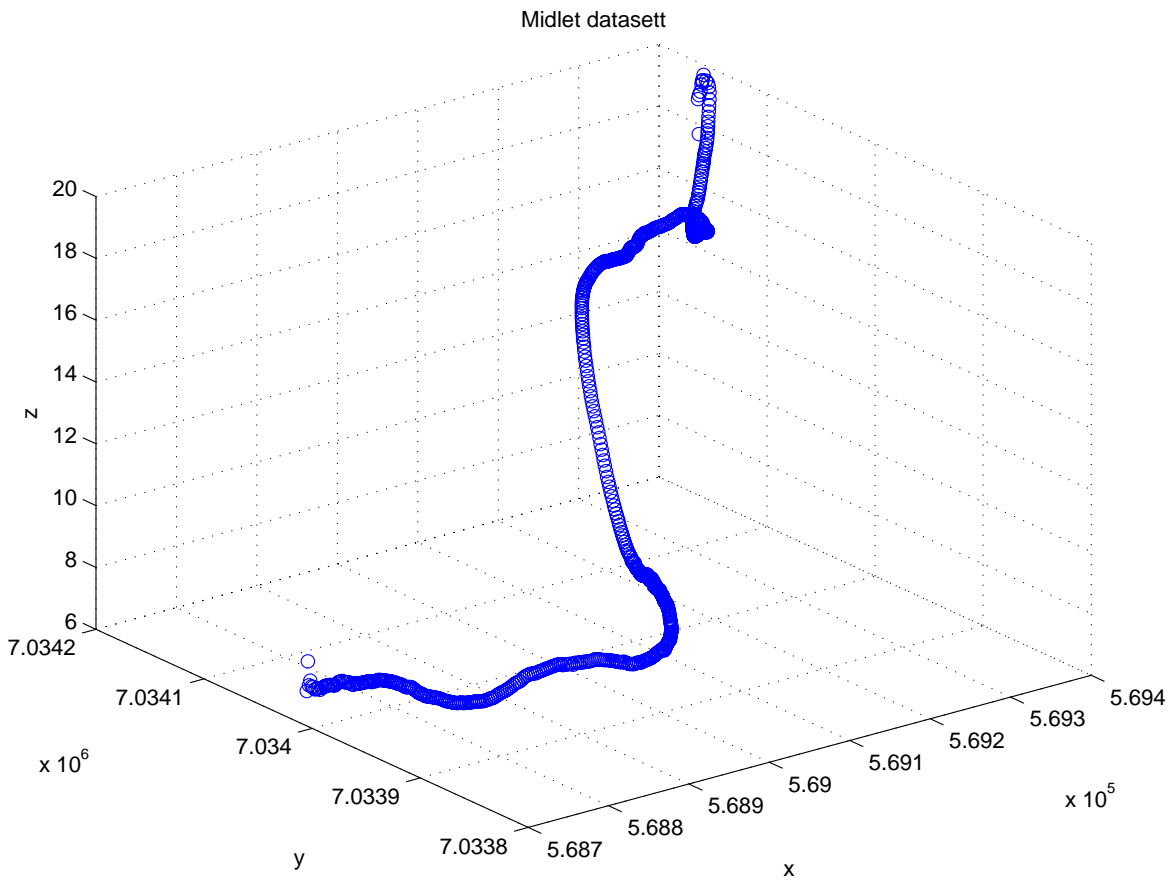
$$\tilde{x}[30] = \frac{x[26] + x[27] + x[28] + x[29] + x[30]}{5}$$

Dette har vi ikke testet.

Figur 6.1.1 viser det originale datasettet, og Figur 6.1.2 viser hvordan et slikt filter fungerer når vi tar gjennomsnittet av 51 punkter og erstatter det originale.



Figur 6.1.1: Originalt datasett



Figur 6.1.2: Datasettet etter midling (51 verdier)

Et glidende middel-filter er en konvolusjon med en enkel filter-kjerne; nemlig konvolusjonen

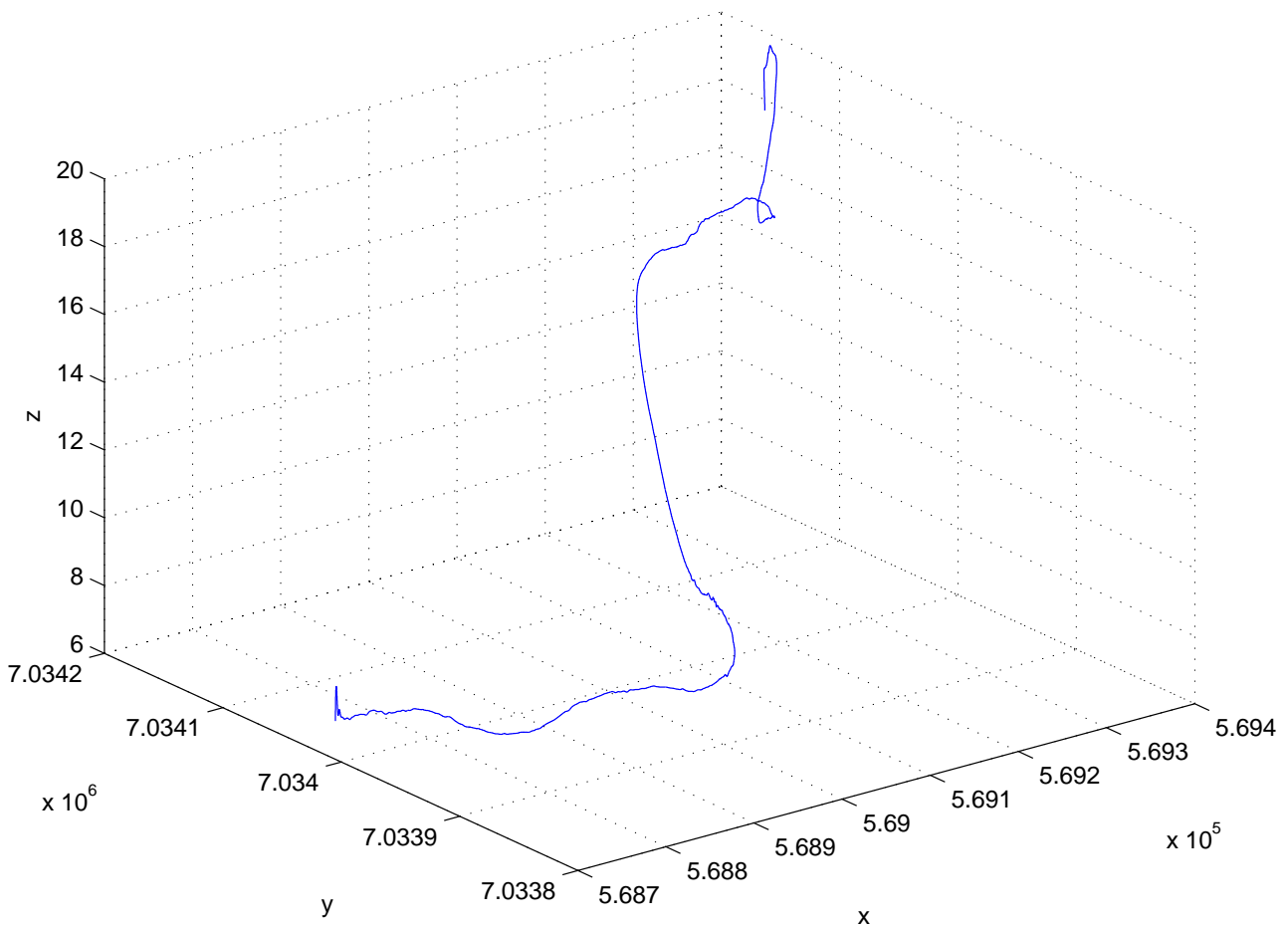
mellom inn-signalet og en rektangulær puls med areal 1. I matlab kan dette gjøres med `\texttt{conv2(innvektor, ones(1,m)/m, 'same')}`.

6.1.2 Interpolasjon

Etter å ha redusert støyen i datasettet ønsker vi å interpolere det slik at vi får en glatt kurve. Det finnes mange interpolasjonsmetoder, men en relativt enkel og mye benyttet metode er kubiske spliner. Etter å ha søkt endel på nettet og forsøkt ulike fremgangsmetoder ble det tilslutt metoden beskrevet i forelesningsnotatene til Lyche og Mørken [Lyche, T. og Mørken, K.] som ble brukt.

Figur 6.1.3 viser en kubisk spline gjennom datasettet etter midling.

Spline gjennom det midlede datasettet

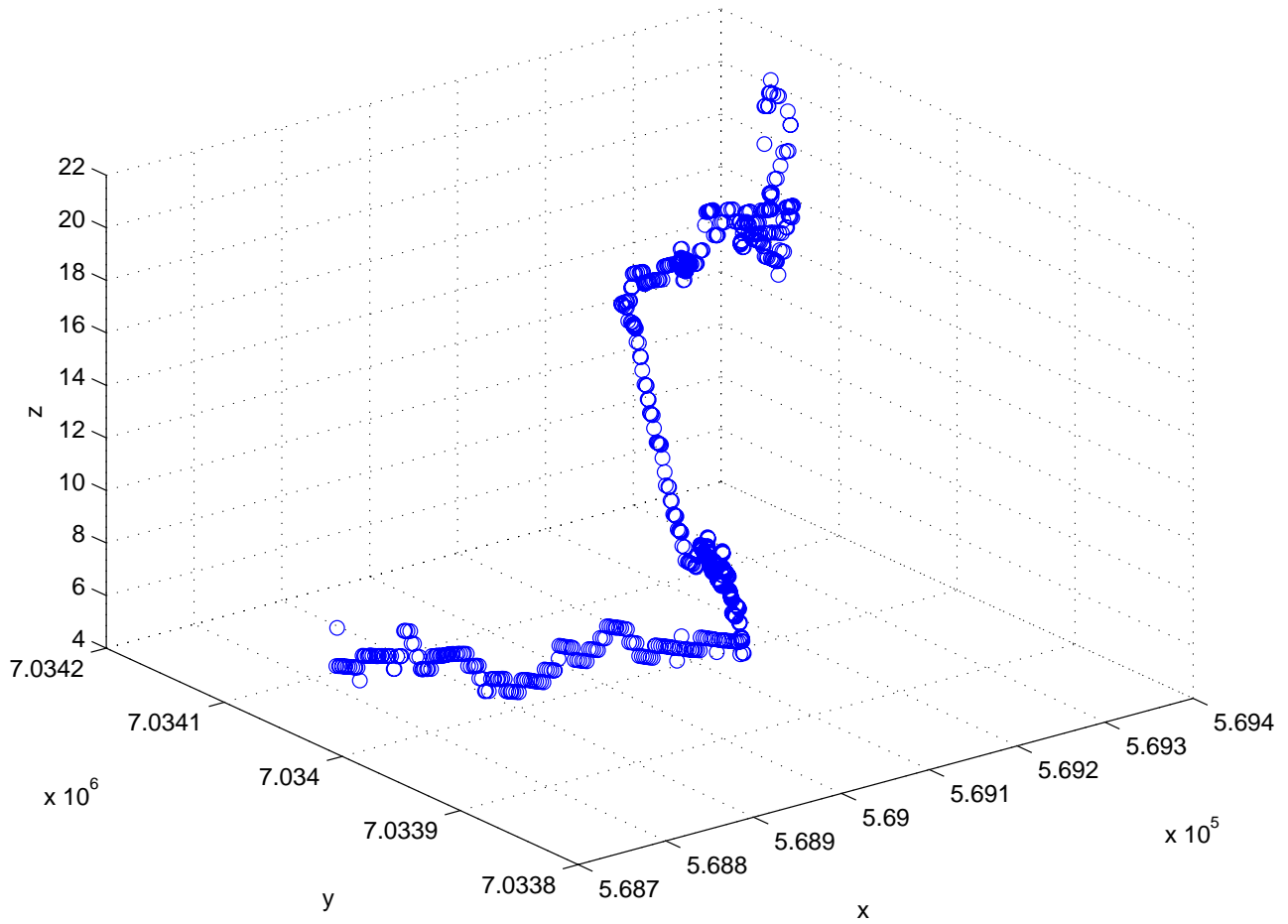


Figur 6.1.3: Midlet datasett med interpolerende spline

6.1.3 Median

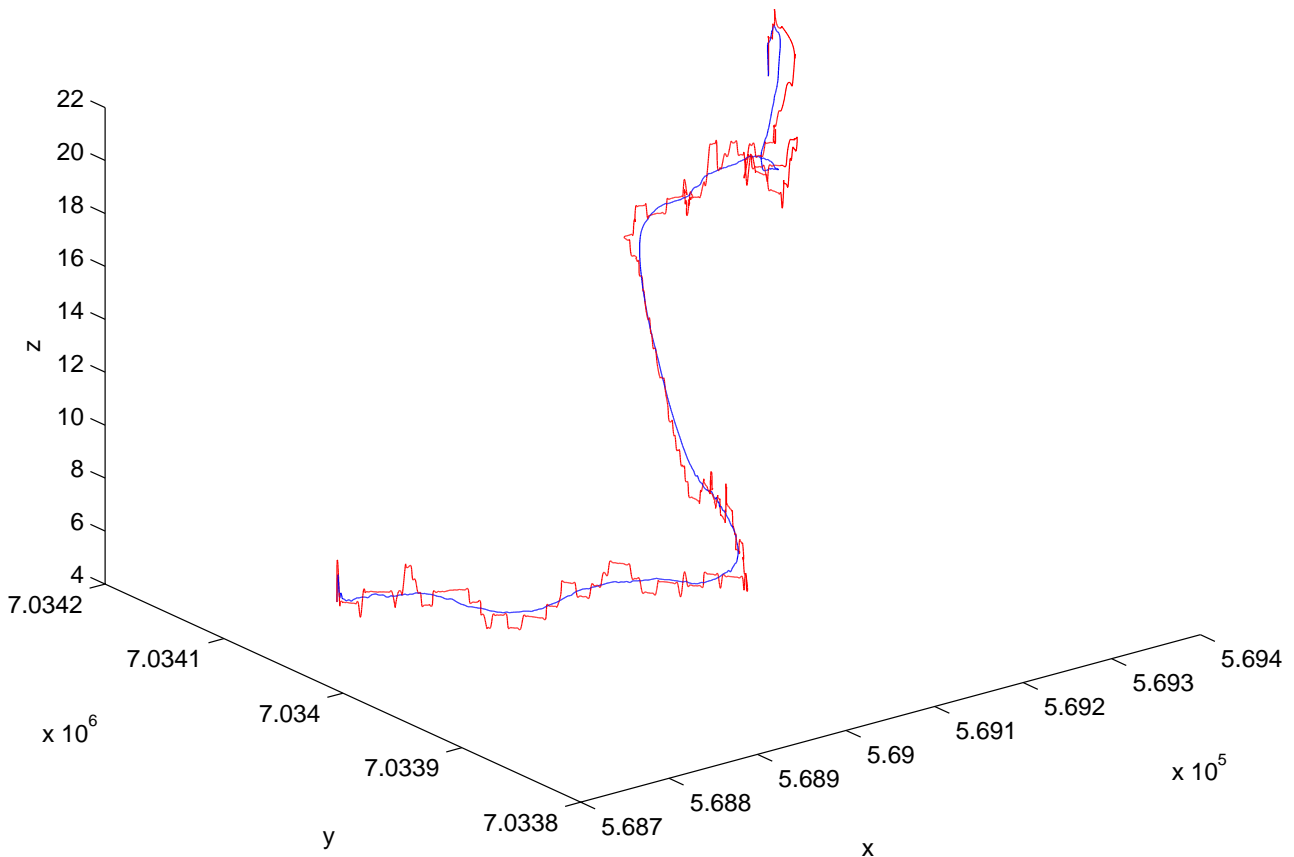
Vi gjorde også forsøk med å bruke median isteden for gjennomsnitt. Da sorterer man inndataområdet og velger det midterste tallet som utdata. Tanken er at da vil såkalte 'spikes' (tagger) bli filtrert bort. Ulempen, som man kan se av Figur 6.1.4 og Figur 6.1.5 er at det filtrerte datasettet blir veldig trappeformet. (Tallet 7 i median er delvis tilfeldig valgt – større verdier gir veldig trappeform.)

Median dataset

**Figur 6.1.4: Datasett etter median av 7 verdier**

Sammenligning av spline gjennom midlet datasett og median-datasett vises i Figur 6.1.5:

Spline gjennom median-datasettet



Figur 6.1.5: Sammenligning av spline gjennom median og midlet datasett

6.2 Videre arbeid

En bør gå videre med arbeidet å behandle dette som et signal/støy-problem, der en kan anvende ulike filtre for å redusere støyen. Siden støyen som kommer av refleksjoner fra bygninger o.l. ofte har høy frekvens kunne man forsøke et såkalt lav-pass filter. En effektiv måte å implementere filtrering på er ved hjelp av konvolusjon.

Søkeord for å finne informasjon om problemstillingen kan være:

Parametric cubic spline curve. Moving average. DSP (digital signal processing).

6.3 Applikasjoner

Det å filtrere et datasett for støy for deretter å interpolere det filtrerte datasettet med en glatt kurve har et utall av anvendelser. For prosjektet vårt om visualisering av menneskelig bevegelse kan markørene gi opphav til en 'track' med relativt lignende egenskaper som den som ble generert av gps'en. Støyen i markørtracken kan skyldes at markørene flytter seg lokalt på overflaten av det den er festet til. Dette er ikke bevegelse vi ønsker å modellere, men heller filtrere bort. Det er da mulig at samme tilnærming som beskrevet over kan fungere.

Referanser

[AKUMed] <http://www.akumed.no/>

[Amsterdam] : Elsevier, c1994. Særtrykk av: ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 49(1994) nr 6.

[Autodesk] <http://www.autodesk.no/>

[AVT Marlin F080B] <http://www.alliedvisiontec.com>

[AVT Pike] <http://www.alliedvisiontec.com/produktinfos.html?t=produktinfos&o=58&a=selectid>

[Berg, 2006] Berg, Kristian: 2006 - Skihoppsimulasjon med 3ds Max

[Blender] <http://www.blender.org/>

[Cylviz] <http://www.cylviz.com/>

[Da-Lite Cinema Contour-lerret]

<http://www.da-lite.com/products/product.php?cID=20&pID=234>

[Dokken 2005]

http://www.sintef.no/upload/IKT/9011/geometri/gpgpu/pdf/Dokken_SCCG_2005.pdf

[F1+ Manual] <http://www.projectiondesign.com/admin/common/GetImg.asp?FileID=1140>

[Hydriv, 2003] Løvås, S. M. et- al. (2003): Hydriv Task 4. Modernization and improvement of 3D particle tracking using three synchronous cameras for near real-time analysis. Sintef report STF80 A038059. ISBN 82-14-01471-9

[Java3D] <http://java3d.j3d.org/faq/intro.html>

[C3D] <http://c3d.org>

[Coin3D] http://www.coin3d.org/lib/about_coin3d/

[GC] Memory Management in the Java HotSpot Virtual Machine.
Sun Microsystems, April 2006

[Hagen 2005] <http://www.sintef.no/upload/IKT/9011/geometri/gpgpu/pdf/visualwave.pdf>

[Lyche, T. og Mørken, K.] Lyche, Tom og Mørken, Knut <http://www.ifi.uio.no/in329/nchap6.pdf>

[Matlab] Matlabs nettside: <http://www.mathworks.com>

[MovAv] Moving average:

http://www.analog.com/processors/learning/training/pdf/dsp_book_Ch15.pdf
(27.06.2007) - hele boka ligger ute på nettet!

[Nilsen,1994] An experimental study of internal tidal amphidromes in Vestfjorden. Doktor ingeniøravhandling; 1994:39. Trondheim: Institutt for konstruksjonsteknikk, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole, 1994. ISBN: 82-7119-640-5.

[Nilsen, J. and Hådem, I. (1994)] Photogrammetric tracking of tracer particles in modelled ocean flows. [Amsterdam] : Elsevier, c1994. Særtrykk av: ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 49(1994) nr 6.

[Nes, A., Hådem, I. and Nilsen, J. H., 2007] A precise tool for motion capturing of ski jumpers in large scale outdoor environments. In preparation. To be submitted to ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

[nVidia] nVIDIA, Technical Brief 3D Stereo, Consumer Stereoscopic 3D Solution

[OpenGL] <http://www.sgi.com/products/software/opengl/>

[Presentations Data AS] <http://www.pdata.no/>

[ProjectionDesign] <http://www.projectiondesign.com/Default.asp?CatID=1531>

[Qualisys motion capture system Oqus kamera]

http://qualisys.iweb.se/archive/product_information_pdf/PI_Oqus.pdf

[RTS] <http://java.sun.com/javase/technologies/realtime.jsp>

[Stewart FilmScreen Cooperation] <http://www.stewartfilmscreen.com/commercial.htm>

[UiB] <http://meldinger.uib.no/studentportal.php?id=36009>

[YIT Building Systems AS] <http://www.yit.no/yit/Norge/Konsern/24830/24831>

Appendiks

Innholdsfortegnelse:

Appendiks 1 Visualiseringssystem- Monteringsanvisninger og hardware-tips

Appendiks 2 Hardware og Software: Tilbud og fakturaer

Appendiks 3 Matlab-kode. Tilnærming til et datasett med støy

Appendiks 1 Visualiseringsystem- Monteringsanvisninger og hardware-tips

Montering av lerreter:

Presentations Data AS

Det ligger også ben til begge skjermene i kassen. Lerretene festes
 > med trykknapper på rammen. Frontprojeksjonsduken må Dere være
 > forsiktig med, da denne tåler lite.
 >

Presentations Data AS

Montering av prosjektør-rigg:

> Når du får 3D riggen, så setter du inn Projektorene med Lower
 > nederst i riggen (Når denne står riktig vei på bordet), og upper som den øverste.
 > Du har sideveis justering på små umbrakoskruer, du trenger 2mm, 2,5mm
 > og 3mm. Bruk helst umbrakoskrujern med lang klinge. Du kan grovjustere
 > på et vanlig pc bilde, vedlagt har du en P test, som er fin å bruke
 > når du skal aligne Projektorene. Når dette er utført er det stort sett
 > bare små justering som må gjøres på riggen etter flytting, og det kan
 > du gjøre på det store justeringsrattet på riggen.

>
 > Kablingen internt i riggen er DVI, men du kobler PC- en til riggen
 > med vanlig VGA- kabel fra riktig skjermutgang fra Pc en din.

>
 > Lykke til!

> Med vennlig hilsen

>
 > Ole-Petter Westerlund
 > Avdelingsleder
 > Presentations Data AS
 > Minde Allé 35 - 5068 Bergen
 > Tlf 55 20 71 53 - Mobil 95 87 44 45 - Fax 55 20 71 51 - www.pdata.no
 > <http://www.presentationsdata.no/>

Tips angående valg av prosjektører og converterenhet og grafikkort (Bernd Froelich)

Dear Jan,

I have looked at the offer and it certainly sounds reasonable. However it is a front projection solution and at this screen size, you won't be able to stand in front of the screen if I understand things right. The lens is not a short throw lens, which means that the projector is 6.6 meters away as mentioned in the offer by Cyviz. I think that this is not an ideal solution. Projection design offers also a 1:1 wide angle short throw lens, which allows you to put the projectors at a reasonable distance of 2.4 meters for an image 2.4 metres wide. This lens also allows off axis projection, which means it is mounted at the height of the screen at 1.83 - which is too low. If you have the chance I

would make the screen 2.25 metres high and 3 meters wide. Then the projector is mounted above two metres in height at about 3 metres distance. The screen should touch the floor if possible. This is a much better configuration, even if it is somewhat more expensive.

In addition this special Viz3D converter box from Cyviz is probably not needed since it converts an active stereo signal into a passive stereo signal. However all current graphics cards have two outputs, which means, that you don't need to use an active stereo signal. If you are planning to use some particular professional software, which works only with active stereo output, then you might want to buy the Cyviz converter box.

I hope this helps. If you have any more questions please let me know.

Best regards

Bernd

Dear Jan,

The offer for the used system sounds pretty good to me if the projectors are really the 1400x1050 ones. 10000 NOK for exchanging the lens into a wide angle off axis lens sounds extremely nice.

The converters are really not of much use with your current graphics card, since this card will not be able to produce an active stereo signal. I would really replace the current graphics card with a top of the line new Nvidia gaming card with two digital outputs. It should be only 500 Euros. You don't need a Nvidia Quadro card.

You may start with the small screen if you have to buy it anyway and upgrade it later, but the larger screen is so much more impressive that I would really recommend it.

In general buying a used system is fine - in particular with only 250 hours. It is important that you get the wide angle lens and that the projector has 1400x1050!

Good luck

Bernd

Jan H. Nilsen wrote:

Dear Bernd

Thank you again. We got a new offer from Cyviz that was considerably higher priced with F2 projectors and the bigger screen. See the attached file: letter of Propoal 16 Oct.

However I have got an offer of a used system that ca. one year ago was bought from Cyciz containing the F1 projector from Projectiondesign, with a frame and screen and the converters for ca. NOK 75000 +V.a.t. The resolution is the same 1400 * 1050 and the lumens is 2500.

The F1 is possible to change to be equipped with a 1:1 lens (vide angle). Projection desing would do this for us for a very reasonable price of Nok 10.000 + v.a.t . To me this seems a very good offer. The projectors have been used only ca 250 hours, and according to projection desing, this is not much.

The screen is only a 2m vide screen, but we can buy a bigger screen separately for ca NOK 20.000.

As long as we get the converters I suppose we can try to use the graphic card we already have. Cyviz also sent some information using the graphics cards and not the converters. Please see the attachment. If we choose to buy the used system, we will get the converters so we might eventually

try both solutions.

Thank you for your comments also with respect to the DVI-cabeling. What do you think about buying a used system? As far as I see it, it looks like beeing a very good offer, that would allow us to buy cameras and other motion tracking equipment.

Best regards
Jan

Bernd Froehlich wrote:

Dear Jan,
I might be true that you need the more expensive version of the projector. We will see what offer they will make.

As for the graphics card: I would suggest to use a current Nvidia card, which has two DVI outputs. This gives you the best image quality. I am not sure if you have a current computer with PCI-express slot or AGP. For PCI-e systems I think the latest Nvidia 7900 ultra or something like that is a good choice. It is a gaming card, but it should be sufficient for your passive stereo applications. You don't need the Nvidia Quadro versions.

We have a Nvidia 7600 card with one

You also need to take care to get good DVI cables if the projector is a little further away from the computer.

Best regards
Bernd

janhn@aitel.hist.no wrote:

Dear Bernd

Thank you again very much for your very valuable comments and suggestions. I'll contact Cyviz again and get a new letter of proposal from them with your specifications of a larger screen, short throw lenses and without the converter. Hopefully the price will still be affordable for us. To have this short throw lences I do beleve we have to use the F1+ projector from projection design, which is more expensive than the evo2, thats is the previous letter of proposal. Also the screen will be bigger, but if we can do without the converter, this could probably save some money.

With respect to the graphic card, we have a card: Asus GForce 7000 GS, with one vga, one dvi and one sVideo output. Do you think this could be used or do we have to have e.g 2 dvi outputs or 2 vga outputs, the same output for both projectors?.

Sorry to bother you, but again your help is very valuable for us.

Best regards
Jan

Appendiks 2 Hardware og Software: Tilbud og fakturaer

Prosjektørrigg med converterenhet, et frontprojeksjonslerret, et bakprojeksjonslerret og transportkasse levert fra Presentations Data AS:

Presentations Data AS

Karenslyst Allé 5
4. etg
0278 OSLO
Telefon 22 77 19 00 Bank 50050578644
Telefaks 22 77 19 01
E-post: post@pdata.no
www.pdata.no
Org.nr. 976228073mva

Høgskolen i Sør Trøndelag avd for
E.C. Dahls gate 2
7012 TRONDHEIM

Telefon 73 55 95 40 Telefaks

Vår ref. Ole-Petter Westerlund
Deres ref. Jan H Nilsen
Referanse Best pr mail

Leveringsadresse
E.C. Dahls gate 2
7012 TRONDHEIM

Ordrebekreftelse

Side 1
Ordrenr. 40 668
Kundenr. 956 245

Avdeling
Leveringsform Box Delivery
Lev.betingelser Mottaker betaler frakt
Valuta NOK
Ordredato . .
Bet. betingelser Netto 30 dager
Deres Org.nr:

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Leveringsdat	Bestilt	Enhetspris	Rabatt	Sum
600000	Demo brukt 3D Rigg m/F1 SXGA Pluss	26.10.2006	1,00	75 000,00		75 000,00
600000	Transportkasse	26.10.2006	1,00	4 500,00		4 500,00
600000	Speil og brukt Bakproj lerret	26.10.2006	1,00	2 500,00		2 500,00
FRAKT	Frakt Proj til Projektiondesig for upgrade linse	26.10.2006	1,00	300,00		300,00
FRAKT	Frakt av rigg, lerret og speil	26.10.2006	1,00	1 000,00		1 000,00

Mva-grunnlag

25,00 % 83 300,00

Det er inngått factoringavtale med SG Finans AS. Denne og fremtidige fakturaer er pantsatt til SG Finans AS. Etter forfall beregnes 9,25 % rente p.a. Salgs pant på leverte varer i h t pantelovens paragrafer 3/14 og 3/22. VI MINNER OM VÅRT KONTONUMMER: 8101.07.88293

Prosjektørrigg med converterenhet, et frontprosjeksjonslerret, et bakprosjeksjonslerret og transportkasse levert fra Presentations Data AS:

Presentations Data AS

Karenslyst Allé 5
4. etg
0278 OSLO
Telefon 22 77 19 00
Telefaks 22 77 19 01
E-post: post@pdata.no
www.pdata.no
Org.nr. 976228073mva

Rut: 61007

Faktura 52958

Side 1
Ordrenr. 40 668
Kundnr. 956 245

Leveringsform Box Delivery
Løv. betingelser Mottaker betaler frakt
Valuta NOK
KID 9377100052958000
Fakturadato 10.11.2006
Bet. betingelser Netto 30 dager
Forfallsdato 10.12.2006

Høgskolen i Sør Trøndelag avd for Informatikk og E
E.C. Dahls gate 2
7012 TRONDHEIM

Vår ref. Ole-Petter Westerlund
Deres ref. Jan H Nilsen
Referanse Best pr mail

Deres Org.nr:

Produktnr.	Produktbeskrivelse	Serienummer	Fakturer	Lever	Enhetspris	Rabatt	Sum
600000	Demo brukt 3D Rigg m/F1 SXGA Pluss		1,00	1,00	75 000,00		75 000,00
600000	Transportkasse		1,00	1,00	4 500,00		4 500,00
600000	Speil og brukt Bakproj lerret		1,00	1,00	2 500,00		2 500,00
FRAKT	Frakt Proj til Projektiondesig for upgrade linse		1,00	1,00	300,00		300,00
FRAKT	Frakt av rigg, lerret og speil		1,00	1,00	1 000,00		1 000,00
600000	Ombygging av 3D rigg		1,00	1,00	17 000,00		17 000,00

Mva-grunnlag

25,00 % 100 300,00

Det er inngått factoringavtale med SG Finans AS. Denne og fremtidige fakturaer er pantsatt til SG Finans AS. Etter forfall beregnes 9,25 % rente p.a. Salgspant på leverte varer i h t pantelovens paragrafer 3/14 og 3/22. VI MINNER OM VÅRT KONTONUMMER: 8101.07.88293

Netto	Rabatt	Mva.	Sum inkl. mva.
100 300,00	0,00	25 075,00	125 375,00

Innsetting av super vidvinkel linser hos Projectiondesign i Fredrikstad. Faktura.



INVOICE

projectiondesign as

Sold To:

HiST - Fakturamottak
3671 Notodden
Norway
Notodden
Norway

Ship to:

HiST
Avdeling for Informatikk og e-L ring
E.C. Duhls gate 2
7012 Trondheim
Norway

Sent From:

projectiondesign as Warehouse 2, Servic
Service Warehouse  ra
NO-1630 Fredrikstad

Tax ID:

Page Number 1

Date : 07/11/06

Invoice 15594

Our Ref. PALR

Order Nbr 15259

Customer P.O. Ref.nr: 61007

CustContact J.H.NILSEN

Cust Phone +4722771900

Cust Fax +4722771901

Cust Enterprise# NONO 976 228 073 M

Terms Of Payment: Net 5 days

Terms of Delivery: Freight Pre-pay and Add

Fwd. Agent: Posten AS

Line	Our Item Number	Our Description	Unit	Quantity	Unit Price	Curr	Extended Price
1	101-0054-99	F1+ SX+ Zoom Upper Cust Projector, Black Met, 250 W Country of Origin: NO Customs Tariff #: 85283000	EA	1	,0000	NOK	
2	101-0055-99	Lot/Serial Number for Line 1,000 05280084 F1+ SX+ Zoom Lower Cust Projector, Black Met, 250 W Country of Origin: NO Customs Tariff #: 85283000	EA	1	,0000	NOK	
3	S REPAIR	Lot/Serial Number for Line 2,000 05280085 Oppgradering til WIDE Linse Country of Origin: Customs Tariff #: 00	PC	1	10.000,0000	NOK	10.000,00
4	S FREIGHT	* Not eligible for Payment Terms Discount * Posten over natt Country of Origin: Customs Tariff #: 00	PC	1	450,0000	NOK	450,00

Net Due Date: 12/11/06

Inv. Value	10.450,00
VAT	2.612,50
Total	13.062,50

Lerret samt kabling og oppmontering av prosjektørrigg

Tjenester levert av YIT-Building Systems AS i Trondheim

Tilbud:



Høgskolen i Sør-Trøndelag

Prosjekt:
Pris 3D lerret og takfeste

YIT Building Systems AS
Ingvald Ystgaards vei 3A
7483 TRONDHEIM

TILBUD	7/11198
Dato	18. januar 2007
Deres referanse	Jan H Nilsen
Kalkulert av	Raymond Berntsen
Telefonnummer YIT	73 98 80 00

Antall	Produkt	Betegnelse	Pris pr stk	Sum
1 Stk	Bilde - Lerret for 3D inkl. flyfrakt fra USA	Da-Lite Cinema Contour Custom made 3x2,25	kr 18 400	18 400
1 Stk	Fastemateriell - Takfeste for 3D rigg	Unicol takfeste inkl. adapter	kr 2 000	2 000
1 Stk	Kabling - Kabling fra 3D rigg til uttak på vegg eller i kanal indikativ pris	Kabling fra 3D rigg til uttak på vegg eller i kanal	kr 3 611	3 611
Se vedlagt pdf for spesifikasjon for lerret.				
Eventuelle sterkstrømsarbeider er tillegg.				
Sum materiell			kr	24 011
Prakt			kr	361
Netto tilbud totalt			kr	25 272
Alle priser er eks mva. Leveringsbetingelser i henhold til NLM 02 - Kontraktstandard kan sendes på forespørsel.				
				Together we can do it.

Faktura:



ORIGINAL
NOMCD

YIT BUILDING SYSTEMS AS
INGVALD YSTGARDSVEI 3 A

Org.nr: 975264750
HØGSKOLEN I SØR-TRØNDELAG
HIST FAKTURAMOTTAK
POSTBOKS 43

7483 TRONDHEIM
NO959069743MVA

3671 NOTODDEN

Deres ref.: KALVSKINNET 73559575
Rekv./best.nr: JAN H. NILSEN
Bestilt av.: JAN H. NILSEN
Leveringsuke: 200708
Arbeidssted
KALVSKINNET

FAKTURA 6195235

Dato.....: 2007-04-30
Forfallsdato: 2007-05-30
Kid.....: 61952354
Ordrenummer.: S 6110.02925
Kundenummer.: 112991
Vår ref.: KYRRE KVERNMO
Side....: 1

Beskrivelse	Antall	Pris	%	Beløp
3D LERRET, TAKFESTE, MONTASJE OG KABLING				
ARBEID TEKNIKER SVEIN OLAUSSEN	11,0	525,00		5775,00
SUM ARBEID				5775,00
DA-LITE CINEMA COUNTUR 3D	1,0	18400,00		18400,00
UNICOL TAKFESTE INKL. ADAPTER	1,0	2900,00		2900,00
AV-TEKNIKER	3,0	525,00		1575,00
PORTO	1,0	222,30		222,30
SUM				23097,30
MVA %	Grunnlag	MVA beløp	MVA-PLIKTIG OMSETNING	
25%	28872,00	7218,00		
SUM	28872,00	7218,00	TOTALT	36090,00
Tlf: 73 98 60 00		Fax: 73 98 60 01		Bank: 60120501251

Ved forsinket betaling beregnes gjeldende morarente.
Eventuell reklamasjon må skje skriftlig og innen 8 dager fra fakturadato.
For at betalingen skal skje korrekt ber vi om at KID-ID benyttes.

Tilbud på Qualisys kamerasystemet fra [AKUMed]:

Høgskolen i Sør-Trøndelag
Avd. f helse- og sosialfag, Fysioterapi
v/ Ann-Katrin Stensdotter
Ranheimveien 10
N-7004 TRONDHEIM

10. april 2007

Pristilbud Qualisys Motion Capture Systemer m Oqus kameraer

Jeg viser til hyggelig telefonsamtale og sender herved pristilbud på Qualisys Motion Capture System med nye Oqus 300 kameraer. Jeg har satt opp 2 varianter, 1 med 6 kameraer og 1 med 8 kameraer.

Vi har satt sammen pakkepriser på systemer på 6 eller 8 Oqus kameraer. Oqus 300 kameraer har en opptaksfrekvens på 500 Hz (500 bilder per sekund) og sensor oppløsning er på 1,3 Mpixel. Qualisys Motion Capture Enhet (datamaskinen) er valgt stasjonær i tilbudet, men det er også mulig å bytte den ut med en bærbar enhet (prisforskjell mindre enn kr. 2000,-). Ved bestilling før 1. juni 2007 får dere en ekstra rabatt (tilsvarende 3%).

Softwareprogrammet Qualisys Track Master - QTM er med i pakkepris. Qualisys Track Master er softwareprogrammet som brukes for kalibrering, opptak og markeridentifisering. Det siste skjer på en lett måte ved hjelp av AIM (Automatic Identification Module). Også signaler fra annet utstyr som kraftplater, (Mega) EMG og video kan tas inn i QTM. QTM leveres med lisens som dekker hele instituttet slik at man kan bruke software på flere datamaskiner uten at man trenger å kjøpe flere lisenser.

Qualisys systemer er i Norge i bruk hos:
Norges Idrettshøgskole, Oslo
NTNU bevegelsesvitenskap, Trondheim
NTNU Psykologisk institutt, Trondheim
NTNU Marinbiologi, Trondheim
Spesialsykehus for Rehabilitering, Stavern

Det er flere høgskoler som har vist interesse i Qualisys Motion Capture systemet de siste månedene og som søker penger for å anskaffe et system for bevegelsesanalyse innenfor idrett.

1 stk Qualisys Motion Capture System med 6 stk Oqus 300 kameraer (3- serie) inkl. stasjonær PC bestående av:

- 6 stk Oqus 300 kameraer
- 576MB minne og 25mm linse inkludert
- 4 stk Oqus - Data/Strømkabel
- 1 stk Oqus - vertkabel
- 2 stk Oqus - Strømforsyning til flere kamaeraer, 120W
- 1 stk Datakabel, Oqus, 15m
- 1 stk koffert for Oqus Strømforsyning og Strøm/Data kabler
- Denne koffert har plass til strømforsyning og kabler for fire Oqus kameraer
- 2 stk koffert for fire Oqus kameraer
- 1 stk Wand kalibreringsset 750
- 6 stk Tripod stativ + hode Monfrotto eller Gizzo
- 3 stk Marker, kule med flat basis, Ø 12 mm, pakke à 10 stk
- 2 stk Tape, dobbelsidig for markørfestning på huden
- 1 stk Qualisys Motion Capture Enhet, stasjonær, m 19" LCD skjerm
- 1 stk Qualisys Track Manager, 3D software
- Inkluderende software CD (inkl. lisensnøkkel for en avtalt periode) og brukermanual
- 1 stk 1 – ett- års support og software garanti
- Denne avtale inneholder fri nedlasting av QTM oppdateringsversjoner i løpet av ett (1) år og en support avtale. Supportavtalen inneholder saker (QTM, MCU kameraer og generelle system spørsmål) via telefon, e-mail og faks i løpet av ett (1) år.

Pris på pakken med 6 Oqus kameraer: kr. 732.200,- + 25% mva = kr. 915.250,-

Spesialpris HiST ved bestilling før 1. juni: kr. 710.234,- + 25% mva = kr. 887.792,50

Opsjoner:

6 stk veggfeste: Pris kr. 6.600,- + 25% mva = kr. 8.250,-

Visual 3 D software: Pris kr. 79.900,- + 25% mva = kr. 99.875,-

1 stk Master cluster for full body measurement

Pris kr. 17.900,- + 25% mva = kr. 22.375,-

1 stk Qualisys Motion Capture System med 8 stk Oqus 300 kameraer (3-serie) inkl. stasjonær PC bestående av:

- 8 stk Oqus 300 kameraer
- 576MB minne og 25mm linse inkludert
- 6 stk Oqus - Data/Strømkabel
- 1 stk Oqus - vertkabel
- 2 stk Oqus - Strømforsyning til flere kamaeraer, 120W
- 1 stk Datakabel, Oqus, 15m
- 1 stk koffert for Oqus Strømforsyning og Strøm/Data kabler
- Denne koffert har plass til strømforsyning og kabler for fire Oqus kameraer
- 2 stk koffert for fire Oqus kameraer
- 1 stk Wand kalibreringsset 750
- 8 stk Tripod stativ + hode Monfrotto eller Gizzo
- 3 stk Marker, kule med flat basis, Ø 12 mm, pakke à 10 stk
- 2 stk Tape, dobbelsidig for markørfestning på huden
- 1 stk Qualisys Motion Capture Enhet, stasjonær, m 19" LCD skjerm
- 1 stk Qualisys Track Manager, 3D software
- Inkluderende software CD (inkl. lisensnøkkel for en avtalt periode) og brukermanual
- 1 stk 1 – ett- års support og software garanti
- Denne avtale inneholder fri nedlasting av QTM oppdateringsversjoner i løpet av ett (1) år og en support avtale. Supportavtalen inneholder saker (QTM, MCU kameraer og generelle system spørsmål) via telefon, e-mail og faks i løpet av ett (1) år.

Pris på pakken med 8 Oqus kameraer: kr. 897.900,- + 25% mva = kr. 1.122.375,-

Spesialpris HiST ved bestilling før 1. juni: kr. 870.963,- + 25% mva = kr. 1.088.703,50

Opsjoner:

8 stk veggfeste: Pris kr. 8.800,- + 25% mva = kr.11.000,-

Visual 3 D software: Pris kr. 79.900,- + 25% mva = kr. 99.875,-

1 stk Master cluster for full body measurement

Pris kr. 17.900,- + 25% mva = kr. 22.375,-

NB for begge systemer gjelder: Årlige kostnader for support og oppgradering av software (QTM og Visual 3D) etter første år: ca. kr. 20.000,- inkl. mva

Håper at dette kan være av interesse for dere.

Med vennlig hilsen
AkuMed AS



Marja Haartsen
Produktsjef

Siste pristilbud fra AkuMed



Høgskolen i Sør Trøndelag
 Avd. f helse- og sosialfag, Fysiot
 v/ Jan Harry Størksen
 Ranheimveien 10
 N-7004 TRONDHEIM

Deres ref.:

Vår ref.:

31. mai 2007

Pristilbud Qualisys og Mega bevegelsesanalyseutstyr

Jeg viser til hyggelig telefonsamtale og sender herved pristilbud på en pakkeløsning på Qualisys Motion Capture System og Mega ME6000 EMG utstyr.

1 stk Qualisys Motion Capture System med 8 stk Oqus 300 kameraer (3-serie) inkl. stasjonær PC bestående av:

Antall	Produktbeskrivelse	Pris per enhet eks mva	Totalt eks mva
8	Oqus 300 kamera - 576MB minne og 25mm linse inkludert	96.000,-	768.000,-
6	Oqus - Data/Strømkabel	2.125,-	12.750,-
1	Oqus - vertkabel	845,-	845,-
2	Oqus - Strømforsyning til flere kamaeraer, 120W	2.500,-	5.000,-
1	Datakabel, Oqus, 15m	1.280,-	1.280,-
1	koffert for Oqus Strømforsyning og Strøm/Data kabler <i>Denne koffert har plass til strømforsyning og kabler for fire Oqus kameraer</i>	3.660,-	3.660,-
2	koffert for fire Oqus kameraer	2.980,-	5.960,-
1	Wand kalibreringsset 750	9.100,-	9.100,-
8	Tripod stativ + hode Monfrotto 061 eller Gizzo	6.400,-	51.200,-
3	Markør, kule med flat basis, Ø 12 mm, pakke å 10 stk	1.050	3.150,-
2	Tape, dobbelsidig for markørfestning på huden	45,-	90,-
1	Qualisys Motion Capture Enhet, stasjonær, m 19" LCD skjerm	18.900,-	18.900,-
1	Qualisys Track Manager, 3D software <i>Inkluderende software CD (inkl. lisensnøkkel for en avtalt periode) og brukermanual + 1 stk 1 - ett- års support og software garanti Denne avtale inneholder fri nedlasting av QTM opdateringsversjoner i løpet av ett (1) år og en support avtale. Supportavtalen inneholder saker (QTM, MCU kameraer og generelle system spørsmål) via telefon, e- mail og faks i løpet av ett (1) år.</i>	125.500,-	125.500,-
Totalt			1.005.435,-

Pris på pakken med 8 Oqus kameraer: kr. 897.900,- + 25% mva = kr. 1.122.375,-

Spesialpris HiST ved bestilling før 8. juni: kr. 870.963,- + 25% mva = kr. 1.088.703,50

I pakkepris er frakt og opplæring inkludert

Opsjon til Oqus kameraer:

4 stk oppgradering med høyhastighetsopsjon

Vanlig pris pr. kamera: kr. 14.100,- + 25% mva = kr. 17.625,-

Spesialpris HiST/Aetel 4 stk oppgradering til pris av 2 stk: kr. 28.200,- + 25% = kr. 35.250,-

EMG utstyr

1 stk demo ME6000 komplett system, 8 kanaler

Datalogger/on-line system inkl. WLAN Telemetry Option

- 8 kanaler ME6000 enhet
- forforsterker kabler til 8 kanaler
- USB PC grensesnitt
- WLAN sender og mottaker enheter
- 256 MB memory card
- MegaWin Software
- Belte og belteveske
- System koffert

Vanlig pris: kr. 213.400,- + 25% mva = kr. 266.750,-

Spesialpris for denne demo-enhet: kr. 155.000,- + 25% mva = kr. 193.750,-

Garanti: 1 -ett - år

Bet. Bet.: 30 dager fra fakturadato

Håper at dette kan være av interesse for dere.

Med vennlig hilsen

AkuMed AS



Marja Haartsen

Produktsjef

Tilbud 3DStudio Max



Side 1(1)

TILBUD

31071

Bestilt av : Kundenr 11003
 Høgskolen i Sør-Trøndelag
 Program maskinteknikk og logistikk
 Avd. for teknologi
 7004 TRONDHEIM
 Grethe Sandstrak

Leveringsadresse :
 Høgskolen i Sør-Trøndelag
 Sverresgt. 10 B

7013 TRONDHEIM
 Grethe Sandstrak

Ordredato 25.06.07
 Betalingsbetingelser Netto pr. 15 dager
 Kundekontakt Arve Sævik
 Vår ref. Wenche Kristiansen

Artikkelnr	Beskrivelse	Antall	Pris	%	Beløp
TILBUD PÅ SKOLE- OG STUDENTLISENS					
12812-9995	3ds Max 9 Studentlisens	1	995,00		995,00
64001-9701	Cleaner XL 1.5 Windows SLM Skolelisens	1	2 737,00		2 737,00
62204-9700	Combustion 4 Windows SLM Skolelisens	1	2 986,00		2 986,00
<p>Skulle du ha noen spørsmål eller ønske å benytte deg av tilbudet så hører jeg gjerne fra deg.</p> <p>mvh Wenche tlf 98238804</p>					
<p>For dette tilbud gjelder våre salgs- og leveringsbetingelser. Vi tar forbehold om prisendringer fra våre leverandører. Vennligst returner tilbud m/signatur dersom tilbudet aksepteres. Tilbudet er gyldig 20 dager fra tilbudsdato hvis ikke annet er oppgitt. Priser er eksklusiv frakt.</p>					
Netto sum			6 718,00		
		MVA	1 679,50		
			Total ordresum: NOK		8 397,50

NTI Nestor AS
 Hamangskogen 60
 1338 SANDVIKA

Telefon: +47 48 20 33 00
 Telefaks: +47 67 57 47 01
 Internett.: www.nestor.no
 E-post: post@nestor.no

Banknr (SG Finans): 8101 07 88293
 Org.nr.: NO 964 437 130 MVA

Appendiks 3 Matlab-kode. Tilnærming til et datasett med støy

Midle.m

```
% Input: A, matrise med x,y,z-kolonne
%     m, antall verdier som midles.
%     Større verdi gir grovere tilnærming
% Tar et glidende middel av disse (m verdier, m bør være odde) og
% returnerer en ny tilsvarende matrise med midlede verdier
```

```
function B=midle(A,m)
```

```
% Hvis m ikke er definert brukes m=3 som standard
```

```
if(exist('m')==0)
```

```
    m=3;
```

```
end
```

```
[n,dim]=size(A);
```

```
x=A(:,1);
```

```
y=A(:,2);
```

```
if(dim==3)
```

```
    z=A(:,3);
```

```
end
```

```
h=floor(m/2); % h verdier på hver side av punkt som midles
```

```
% Midler de første og siste punktene gradvis mer og mer inntil
```

```
% maksantallet h (ikke helt standard metode)
```

```
% Denne bør beregnes rekursivt, sparer mange beregninger
```

```
% når m blir stor. (se s. 7 i dsp_book_Ch15.pdf)
```

```
k=0;
```

```
for j=1:dim;
```

```
    for i=1:n;
```

```
        % slutten av datasettet
```

```
        if(i>n-h && k > 0)
```

```
            k=k-1;
```

```
        end
```

```
        B(i,j)=sum(A(i-k:i+k,j))/length(i-k:i+k);
```

```
% begynnelsen av datasettet  
if(i<=h)  
    k=k+1;  
end  
end  
k=0;  
end
```


Splinecurve.m

```
% Finner og tegner en spline gjennom
% et 2-dimensjonalt eller 3-dimensjonalt datasett
% Bruker matlabs innebygde rutine 'spline' for hver dimensjon

% Input: en matrise A med
% x-koordinatene i 1.kolonne,
% y-koordinatene i 2.kolonne,
% z-koordinatene i 3.kolonne, (valgfri)
% Output: En matrise C med splinepunktene
function C=splinecurve(A)
[n,dim]=size(A);

x=A(:,1);
y=A(:,2);
if(dim==3)
    z=A(:,3);
end

% Antall punkter
t=0:n-1;
% Plot-vektor, dvs. oppløsningen på plottingen
tt=0:0.01:n-1;

C(:,1)=spline(t,x,tt);
C(:,2)=spline(t,y,tt);
if(dim==3)
    C(:,3)=spline(t,z,tt);
end
C;
```

Testgeo2000.m

```
% Program for å teste matlab-koden i midle() og splinecurve(),  
% lager også figurer av datasettet før og etter midling,  
% samt en spline kurve gjennom det midlede datasettet
```

```
% Tømmer minnet og figurvinduet  
clf; clear;hold off;
```

```
% Laster inn koordinatene fra matrisa A  
koordinater;
```

```
% Plotter orginaldata  
plot3(A(:,1),A(:,2),A(:,3),'o', 'Color','r');  
title Datasett;grid;xlabel('x');ylabel('y');zlabel('z');  
print -depsc2 'fig/datasett.eps'  
pause;
```

```
% bruker f.eks. 51 verdier i midlingen  
% Antall verdier i midlingen bør ikke være  
% for lavt: da har midlingen liten effekt  
% for stort: da fjerner man ikke bare støy, men også signalet  
B=midle(A,51);
```

```
% Plotter midlede data  
plot3(B(:,1),B(:,2),B(:,3), 'o');  
% Setter på tekst og skriver til fil  
title 'Midlet datasett';grid;xlabel('x');ylabel('y');zlabel('z');  
print -depsc2 'fig/midletdatasett.eps'  
pause;
```

```
% Tester medianfilter, tar median av 7 verdier  
D=medianfilter(A,7);
```

```
% Plotter median data  
plot3(D(:,1),D(:,2),D(:,3), 'o');
```

```
title 'Median datasett';grid;xlabel('x');ylabel('y');zlabel('z');
print -depsc2 'fig/mediandatasett.eps'
pause;

% Finner spline gjennom det midlede datasettet B
C=splinecurve(B);

% Plotter spline
plot3(C(:,1),C(:,2),C(:,3));
% Setter på tekst og skriver figuren til fil
title 'Spline gjennom det midlede datasettet';
grid;xlabel('x');ylabel('y');zlabel('z');
print -depsc2 'fig/splinetdatasett.eps';
pause;

% Vil plote splinene i samme figur
hold on;

% Finner spline gjennom det median datasettet D
E=splinecurve(D);

% Plotter spline
plot3(E(:,1),E(:,2),E(:,3), 'r');
% Setter på tekst og skriver figuren til fil
title 'Spline gjennom median-datasettet';
grid;xlabel('x');ylabel('y');zlabel('z');
print -depsc2 'fig/splinet_medmid_datasett.eps';
pause;

hold off;

% Median først og så midling med 21 verdier
F=midle(D,51);
% Plotter median data
plot3(F(:,1),F(:,2),F(:,3));grid;
pause;
```




HØGSKOLEN
I SØR-TRØNDELAG

Avdeling for informatikk og e-læring
Høgskolen i Sør-Trøndelag

Besøksadresse:
Brygghuset ved Leutenhaven
3 etg., E. C Dahls gt. 2.

Postadresse:
7004 Trondheim

Tlf. 73 55 95 40
Fax 73 55 95 41

Web-adresse: aitel.hist.no
E-post: postmottak@aitel.hist.no

ISBN 978-82-7877-151
ISSN 1504-5587