

Servomøtet 2010. 20-21.10.2010. Ålesund

# Det virtuelle Møre. Simulering av maritime systemer med visuelle agenter i 3D-landskap.

*Harald Yndestad*

*Høgskolen i Ålesund, N-6025 Ålesund, Norge.*

*Tel: +47 70 16 12 00; fax: +47 70 16 13 00; e-mail: Harald.Yndestad@hials.no*

## 1 Innledning

Ingeniørfaget er inne i periode med store endringsprosesser i forhold til marked, teknologi og metode. Tidligere var faget preget av standardisering og masseproduksjon til et stabilt marked. I de senere år er produktutvikling og produksjon blitt mer ordrebasert og kundetilpasset. Dette har ført til at produktutvikling og produksjon i langt sterkere grad må tilpasses enkeltbehov, organisasjoner, miljø og klima. Slik har ingeniørfaget har blitt mer tverrfaglig og det settes nå nye krav til å utvikle nye løsninger tilpasset stedbundet omgivelser, klima og miljø.

Ingeniørfaget har samtidig endret arbeidsform med integrert informasjonsteknologi. Vi har fått nye generasjoner av kraftige datamaskiner, nettverk, parallelle datasystemer i nettverk, spillmotorer og nye generasjoner av 3D visualisering og 3D Geografiske informasjonssystemer. Nye generasjoner kraftige datasystemer har igjen dannet grunnlag for en ny generasjon analyse og planleggingsmetoder. I en tid med lite regnekraft løste en gjerne kompliserte oppgaver med kompliserte modeller. Innføring av større regnekraft, har åpnet for å løse kompliserte oppgaver med enklere selvjusterende modeller som finner nye løsninger ut fra valgte optimaliseringskriterier. Videre har nye metoder for 3D visualisering dannet grunnlag for å analysere mer komplekse sammenhenger.

Simulering og visualisering er faglig aktivitet med lange røtter ved Høgskolen i Ålesund. I 1990-årene startet bygg-miljøet et bruk av geografiske informasjonssystemer. IKT-miljøet startet arbeider med grafisk databehandling og simulering av industrielle og økologiske systemer. I forbindelse med innflytting i høgskolens nybygg i 1999, ble det utviklet en maritim navigasjonssimulator i samarbeid med leverandøren. Denne aktiviteten ble etter vert videreutviklet til nye generasjoner av maritime simulatorer ved høgskolen og etter hvert også et utviklingselskap utenfor høgskolen. Et resultat av dette arbeidet var at en så muligheter til å opprette et masterstudium i simulering og visualisering. Dette krevde igjen større vekt på forskning i metodeutvikling.

### **Det Virtuelle Møre**

Det Virtuelle Møre er et strategisk høgskoleprosjekt. Starten er finansiert av Norges Forskningsråd fra 2007 til 2010, og går videre via egenfinansiering fram til 2013. Prosjektet har i tillegg til prosjektleder hatt 2 forskere, 2 stipendiater og 2 andre ansatte ved høgskolen. De formulerte målet for prosjektet var å:

- 1 Å bruke simulering og visualisering og simulering som et strategisk instrument i forskning, utdanning og samfunnsplanlegging
- 2 Å utvikle fleksible adaptive metoder for bedre modeller for simulering og visualisering.

Den grunnleggende ideen var å benytte 3D baserte kart som arena for analyse, planlegging og simulering der Møre var satt opp som et eksempel på et planområde.

### Utfordringer

I 2006 var simulering og visualisering på mange måter i en brytningsperiode der teknologien begynte å bli moden for modellering av animasjon og større landskap med 3D-modeller. Noen eksempler er utvikling av Google Earth og 3D-modeller av bydeler fra Trondheim og Fredrikstad. I tilknytning til offshorenæringen var det utviklet større 3D modeller for visualisering av undervannsoperasjoner, og i Ålesund hadde OSC AS utviklet en maritim simulator for ankerhandtering. I tillegg var der nå begynt å komme spillmotorer som kunne administrere enkle 3D-beserte scener i 3D landskap.

Ideen om det Virtuelle Møre var en nyskaping. Samtidig var det en ide basert på høy risiko. Det viste seg allerede fra starten at en realisering av ideen var beheftet med et sett grunnleggende utfordringer. Noen av disse var:

1. 3D kart landskap: Kommunale kart, sjøkart, bunnkart hadde ulike format og standarder. Utfordringen var å overføre dette til en felles 3D representasjon.
2. Integrert simulering og visualisering: 3D-teknologien var i hovedsak rettet mot animasjon. Utfordringen var å ta det teknologiske spranget fra en animasjon få objekter, til en reell simulering av hundrevis av objekter.
3. Datakraft: Simulering og visualisering setter store krav til datakraft. Spørsmålet var hvordan en skulle få tilstrekkelig datakraft til å handtere hundrevis av simuleringsprosesser.
4. 3-Body-problemet: Kobling mellom tre eller flere simuleringsprosesser gir opphav til kompleks oppførsel. Virtuelle Møre har en hundrevis av simuleringsmodeller. Spørsmålet var så hvilken teori skal legges til grunn for forvaltning av komplekse systemer.
5. Klima modell: Industrielle og økologiske prosesser på Møre påvirkes av klimaet. Problemet er klimaet er tidsvariant. Det betyr at tar en opp en dataserie fra en tidsperiode, har den ingen informasjon om klimaet utenfor denne perioden.

I det etterfølgende skal komme nærmere inn på hvordan vi i dette prosjektet har søkt å løse disse utfordringene.

## 2 Data og Metoder

Grunnlaget Virtuelle Møre er basert på en lang rekke kilder. Alt kartgrunnlagt er basert på offentlige tilgjengelige kommunale kart, landbaserte terrengmodeller, ortofoto, sjøkart og bunnkart fra Statens Kartverk.

3D modeller av bygningen er delvis utviklet i prosjektet og delvis utviklet av studenter som har hatt opplæring i 3D modellering. 3D-modeller av skip er tatt fra åpent tilgjengelige 3D modell biblioteker som forvaltes av Google Earth.

Simulering av den virtuelle sjøveg er basert på AIS-data og sonedata fra Kystverket.

Data for visualisering av virtuelt oppdrett er basert på data fra høgskolens eget oppdrettsanlegg, oppdrettere, Fiskerisjefen og Veterinærinstituttet i Oslo. Videre er det benyttet en oseanografisk strømningsmodell fra Marintek i Trondheim.

Data for havtemperatur og saltholdighet i Norskehavet og Barentshavet er basert på data fra Havforskningsinstituttet, FRS i Aberdeen og PINRO i Murmansk. Nedbør er basert på dataserie fra Tafjord Kraft og BKK i Bergen. Klima indikatorer som NAO indeks og luft temperatur er basert på åpne dataserier fra internett.

### Utviklings metode

Virtuelle Møre er et strategisk forskningsprosjekt der motivet var å utvikle undervisbar realkompetanse på masternivå. En valgt derfor å starte utviklingsprosesser trinn for trinn via prototyper der en økte gradvis kompleksitetsnivået.

### Visualisering og visualisering:

Visualiseringen av Virtuelle Møre ble utviklet gradvis via et sett prototyper.

1. Prototype 1: 3D modell av innfartsvegen til Ålesund
2. Prototype 2: Ålesund sentrum på Google Earth
3. Prototype 3: Modell og animasjon av flytetunell i Storfjorden
4. Prototype 4: Ålesund region (15x15km) på Quest 3D spillmaskin
5. Prototype 5: Ålesund region (15x15km) på Unity spillmaskin
6. Prototype 7: Nordvestlandet (Stadt-Trøndelag) Unity spillmaskin
7. Prototype 8: 3D modell av Romsdalsfjorden på iPad
8. Prototype 9: Nordvestlandet med abstrakte kart

Simulator for simulering av Virtuelle Møre ble utviklet gradvis via tre prototyper.

1. VM-Matlab: Tjenester i Matlab via en Software Bus
2. VM-CSI: Tjenester i Matlab tilknyttet CSI-Bus (OSC-teknologi)
3. VM 0.0: Unity 2.5 spillmaskin

### Anvendelser

Metodeutviklingen i Virtuelle Møre har vært rette mot anvendelser i retning den virtuelle sjøvegen, kystsoner og klima. Den virtuelle sjøveien har hatt følgende utviklingsprosess:

1. Skip agenter: Skip modeller som selv kan finne fram i en sjøvei
2. AIS-skip: Sann tid 3D representasjon av skip på 3D kart
3. Tanker-Slepebåt: Beregning av optimal plassering av slepebår
4. Optimal sjøvei: Beregning av optimale reiserute i sann tid

Temaet kystsoner har vært rettet mot plassering av oppdrettsanlegg. Utviklingsprosessen her har vært:

1. Oppdrett agent: GPS-basert plassering av anlegg i Romsdalsfjorden (20 cm usikkerhet)
2. Oppdrettsanlegg: Biomassemodell og økonomisk modell
3. Oppdrettsanlegg: Dynamisk PD-virus infeksjonsmodell
4. Agentbasert virusmodell: Spredning av virus via intelligente agenter

Det er arbeidet med å utvikle en klimamodell som igjen påvirker andre utviklingsprosesser i Virtuelle Møre. Utviklingsprosessen bak denne modellen er:

1. Wavelet spektrum analyse av oseanografiske dataserie, nedbør og klimaindikatorer
2. Utvikling av en tidevannsmodell med perioder fra timer til flere hundre år
3. Utviklet en astronomisk modell for posisjon til solen, månen, jorden og hvordan disse innvirker på hverandre.
4. Utviklet en tidevannsmodell med perioder fra timer til 2000 år.
5. Teoribygging om koblede oscillatorer

### Teoribygging

Motivet for å starte forskningsprosjektet Virtuelle Møre var ikke å utvikle en teknologi, men å utvikle en teknologi der en kunne prøve ut nye metoder. Teoribygging har derfor vært en viktig del av prosjekt.

Denne teoribyggingen har vært basert på mye prøving og feiling. Samtidig har konseptene vært basert på noen valg. De viktigste valgene har vært:

1. En systemteoretisk innfallsvinkel til temaet
2. Problemreduksjon ved å modellere alt som agenter og landskap
3. Problemreduksjon via adaptive agenter
4. Problemreduksjon via sykliske klimamodeller

Disse valgene har igjen dannet grunnlag for modellering av simuleringmodellene.

## 3 Resultater

### Forskningsverktøyet

Forskningsverktøyet er her basert på en Unity spillmotor, som ansees å være blant de beste på markedet. Spillmotorer har noen av de egenskaper som skal til for å kunne forvalte komplekse 3D modeller og simuleringsmodeller. Samtidig er det slik at spillmotorer er utviklet for andre formål. Det har derfor vært nødvendig å bygge om spillmotoren til å kunne arbeide med GPS-baserte terrengmodeller, abstrakte kart og den agentteknologien som er utviklet i Virtuelle Møre.

Fordelen med denne teknologien er også at den er billig, den kan anvendes på en bærbar PC og programmene kan overføres til internett, iPad og iPhone. Begrensningene ligger i prosesserings kapasitet. Med dagens PC-er kan en simulere 100 agenter. Øker en simuleringen til 1000 agenter, begynner en å få problemer. Dette betyr at dersom en setter større krav til ytelse, må spillmotoren kommunisere med desentraliserte tjenester for å øke prosessering kapasiteten.

I Virtuelle Møre er alle simuleringsmodeller visuelle agenter. Det vil si at de har en visuell representasjon. Samtidig er det slik at agenter kan instanssere grupper av nye agenter, og hver agent kan velge sin 3D-basert representasjon. De visuelle agentene forholder seg til 3D landskap. Landskap kan være terrengmodeller og abstrakte kart, som igjen danner grunnlag for optimalisering av agentens tjenester.

### Anvendelser

Virtuelle Møre har til nå vært benyttet som et forskningsverktøy i tilknytting til temaene Virtuelle sjøvei, Kystsoner og klima.

#### Den virtuelle sjøveien

En viktig anvendelse av Virtuelle Møre har vært å prøve ut ulike konsepter for Den virtuelle sjøveien. Disse konseptene har vært knyttet til metoder for å løse optimaliseringsproblemer. Noen typiske problemstillinger har vært å optimalisere skipstrafikkens hastighet, reiserute og tjeneste. I samarbeid med Kystverket er det her utviklet en genetisk algoritme som finner en optimal plassering av slepebåter i forhold til skip med en risiko for havari.

Dette temaet illustrerer på mange måter de spesielle egenskapene ved Virtuelle Møre som et forskningsverktøy. En vanlig metode er å beregne en posisjon ut fra en dynamisk modell med en statistisk usikkerhet. I Virtuelle Møre er denne usikkerheten redusert ved å legge inn stedbunden informasjon. Dette fører samtidig til at vi ikke lenger har en deterministisk modell, men et ikke-deterministisk modell eller et komplekst system. Slike modeller er vanskeligere å forholde seg til, men nærmere en modell av virkeligheten.

#### Kystsoner

I dette prosjektet har en valgt å knytte temaet kystsoner opp til modellering av oppdrettsanlegg. Begrunnelsen for valget er at en her har forholdsvis god tilgang til data. Det er langt mellom modeller for skip og modeller for fiskeoppdrett. Samtidig er det også mange likhetspunkter. Simulering av skipstrafikk er basert på en populasjon skipsagenter som posisjoneres seg i kystsoner.

Oppdrettsanleggene er på samme måte modellert som et sett med oppdrettsagenter som posisjoneres seg i kystsonen. Begge har en egendynamikk, basert på en dynamisk modell. Også her er det slik at modellene blir nærmere virkeligheten via lokale data. Typiske temaer her har vært modellering av optimal plassering, optimal tilpassing av data, og optimal drift. I dette tilfelle har usikkerhet vært tilknyttet endringer i klima, miljø og virusangrep.

Disse eksemplene viser av Virtuelle Møre kan videreutvikles til f.eks et maritimt rederiverktøy og et analyseverktøy i samfunnsplanlegging.

#### Klimamodell

Klimamodellen er basert på en astronomisk modell og en tidevannsmoell. Disse modellene danner grunnlaget for beregning av klimaindikatorer, som igjen påvirker landskap og agenter i Virtuelle Møre.

## Metodeutvikling

De store forskjellene i anvendelse, og samtidig de store likhetene i modellering, førte til at en begynte å søke etter en generisk metode for modellering av Virtuelle Møre som et komplekst dynamisk system. I forsøk på å redusere kompleksitet har en etter hvert valgt følgende prinsipper for modellering.

#### Agenter og landskap

Alt i Virtuelle Møre er enten agenter eller landskap. Landskap representerer all stedbunden informasjon. Agenter er målorienterte objekter i landskap. Eksempler på agenter er objekter som representerer industrielle systemer som skip, biler og oppdrett, biologiske systemer som virus, fisk eller personer.

#### Intelligente agenter

Begrepet intelligente agenter er basert flere konsepter eller perspektiver. I den individbaserte modellen er det agenten som individ, som har evne til å optimalisere sin egen yteevne i landskap funksjoner. Denne yteevne optimaliseres da gjerne via kjente kostnadsfunksjoner.

Alle agenter forvaltes i grupper. Begrepet Swarm intelligence er basert på ideen om at agenter kan lære av hverandre i gruppen, eller samarbeide om å optimalisere ressurser. Også her kan agentene en optimalisere egenskapene via kjente kostnadsfunksjoner.

I tidsvariante systemer kan kostnadsfunksjonen være ukjent, eller den kan variere over tid. En må da innføre en form for usikkerhet eller prøving og feiling i agent gruppen. Swarm evolution er et perspektiv der en agentene lærer ved ny kryssing og mutasjoner i nye livssykluser. Kostnadsfunksjonene kan da være et gen i en genetisk algoritme.

## 4 Diskusjon

#### Forskningsverktøy

Prosjektet har så langt fått utviklet en prototype til et forskningsverktøy i samsvar med planen. Dette verktøyet er til nå anvendt til studier av maritim skipstrafikk, og simulering av oppdrett. Vi ser nå for oss at verktøyer kan anvendes generelt innenfor samfunnsplanlegging. Noen eksempler er planlegging av logistikk, arealplanlegging, miljøanalyser og klimaanalyse.

Det som gjenstår, er å utprøve forskningsverktøyet på mer sammensatte oppgaver. Dette krever igjen at Virtuelle Møre må øke sin datakraft ved å innføre parallell dataprosessering.

#### Selvjusterende metoder

Det andre prosjektmålet var å utprøve AI-basert selvjusterende metoder som GA, Neurale Nettverk. Erfaringene fra prosjektet viste at dette var en nødvendig, men ikke tilstrekkelig metode til å modellere agenter for simulering. Dette førte at en måtte utvide begrepet intelligente agenter til å omfatte konsepter som swarm intelligense og evolution intelligense. Innføringen av disse konseptene representerer den viktigste nyskapingen

på metodesiden. Dypest sett har denne delen av prosjektet tilført oss et nytt syn på modellering og sammenhengen mellom årsak og virkning i komplekse systemer.