

VAHID MOJTAHED, MARTIN EKLÖF, HIRAD ASADI – FOI
JELENA ZDRAVKOVIC, ERIC-OLUF SVEE – DSV/SU



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Vahid Mojtahed, Martin Eklöf, Hiran Asadi – FOI
Jelena Zdravkovic, Eric-Oluf Svee – DSV/SU

Slutrapport för projektet DCMF

Defence Conceptual Modelling Framework, 2008-2010

Titel Slutrapport för projektet DCMF, 2008-2010

Title Final report for project DCMF, 2008-2010

Rapportnr/Report no FOI-R--3059--SE

Rapporttyp Användarrapport
Report Type User Report

Månad/Month December

Utgivningsår/Year 2010

Antal sidor/Pages 62 p

ISSN ISSN 1650-1942

Kund/Customer FM

Projektnr/Project no E7141

Godkänd av/Approved by Anders Törne

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut

FOI, Swedish Defence Research Agency

Avdelningen för Informationssystem

Information Systems

164 90 Stockholm

SE-164 90 Stockholm

Sammanfattning

DCMF - Defence Conceptual Modelling Framework - är ett försvarsmaktsfinansierat projekt som har sitt ursprung i det amerikanska försvarets satsningar på distribuerad simulering, från mitten av 90-talet. Den ursprungliga amerikanska satsningen benämndes CMMS - "Conceptual Models of Mission Space". DCMF är också namnet på ett svenskt ramverk för framtagning och användning av konceptuella modeller, som har potentialen att stödja utveckling av simuleringsmodeller. Processen att ta fram kunskapsunderlag, inför utveckling av en simuleringsmodell, är en tidskrävande och kostsam process. Ofta bevaras dessutom inte den kunskapsmängd som en modell representerar för framtida återbruk. I de fall som det trots allt sker är det ofta svårt att återanvända kunskapsmängden i en ny kontext. Detta beror främst på att kunskap om hur en modell tas fram inte dokumenteras i den utsträckning som krävs. Med andra ord saknas, inför potentiell återanvändning av en modell, relevanta fakta om kunskapsinhämtningen i sig och därmed även spårbarhet till kunskapskällan.

Det ramverk som DCMF representerar, inkluderar en process vars huvudmål är att adressera hur kunskap kan anskaffas för en viss tillämpning, eller syfte, samt hur den kan struktureras, modelleras och formateras enligt fördefinierade krav. Vidare även hur kunskapen kan användas, eller återbrukas, givet skilda tillämpningar. Processen består av fyra huvudfaser enligt följande: kunskapsanskaffning (KA), kunskapsrepresentation (KR), kunskapsmodellering (KM) och kunskapsutnyttjande (KU).

DCMF-processens fyra faser har tidigare utforskats och beskrivits i olika utsträckning. Medan förståelsen och därmed kartläggningen av de första stegen är godtagbar var läget inte detsamma när det gäller senare faser, primärt KU, vid DCMF-projektets början. Uppdraget för DCMF-projektet under 2008 – 2010 har således varit att fokusera arbetet på undersökning av hur ett bibliotek som kan understödja lagring, sökning, sammansättning och visualisering av DCMF-produkter (exempelvis konceptuella modeller) bör utformas. Målet för projektet under 2010 har varit att ta fram en fungerande prototyp som kan demonstrera DCMF-biblioteket, främst med avseende på sammansättningen av delar av en

större kunskapsmängd (vilka benämns kunskapskomponenter), till efterfrågade konceptuella modeller.

Som underlag för prototyputvecklingsarbetet togs ett scenario fram som bygger på aktuella händelser för den, i Afghanistan stationerade, svenska ISAF-styrkan. Scenariot bygger på en händelse som inträffade i november 2009, då en svensk patrull utsattes för en attack med hjälp av en så kallad IED (Improvised Explosive Device). Ett antal soldater skadades och en afghansk tolk omkom vid händelsen. Utifrån scenariot skapades DCMF-produkter (kunskapskomponenter) som används som exempel i prototypen. Genom prototypen kan processen att sätta samman kunskapskomponenter till konceptuella modeller illustreras, med hänsyn tagen till både syntaktiska och semantiska aspekter.

Vid sidan av prototyputvecklingsarbetet har projektet även haft till uppgift att aktivt delta i en NATO-grupp (NMSG-058), vars huvudsakliga uppgift var att hitta en användbar definition av konceptet "konceptuell modellering för militär M&S", samt rekommendera en process för framtagande av sådana konceptuella modeller. Resultatet från gruppens arbete är tänkt att paketeras som en uppsättning vägledande dokument (Guidelines) och levereras till SISO¹ som underlag för standardiseringsarbete.

Sammanfattningsvis anses konceptuell modellering inom ramen för militär M&S kunna bidra till:

- En kostnadseffektiv utvecklingsprocess – Genom att standardisera metod för insamling, representationssätt för kunskap, samt genom en gemensam infrastruktur för lagring, kan återbruk realiseras i större skala, dvs. samma kunskapsmängd kan användas i flera utvecklingssammanhang.
- Kvalitetssäkrad kunskap – DCMF-metoden utgår från att auktoriserade källor nyttjas för att inhämta kunskap, dvs. vem som helst med åsikter kring en fråga/verksamhet kan ej användas. Vidare bygger metoden på strikt formalisering av kunskap i form av modeller, vilket kan underlätta kvalitetssäkring och återbruk.
- Stöd i tidiga faser - genom att använda konceptuell modellering i tidiga faser av utvecklingscykeln (exempelvis då en simuleringsmodell tas fram) skapas en gemensam förståelse/bild av det problem som ska adresseras som kan kommuniceras till samtliga intressenter till ett projekt. Den konceptuella modellen är även avgörande för att den kravspecifikation som tas fram för systemet speglar frågeställningen som ska studeras.

Rapporten avslutas med ett avsnitt om diskussion kring framtida utveckling av DCMF. I detta avsnitt analyseras DCMF-konceptet från ett antal olika perspektiv och ett antal rekommendationer och framtidsvisioner presenteras.

¹ Simulation Interoperability Standards Organisation

Nyckelord: Konceptuell modellering, Kunskapshantering, DCMF, DCMF-Process, DCMF-produkt, Kunskapskomponent, BOM, OWL, Semantik, Återanvändning, Interoperabilitet.

Summary

DCMF (Defence Conceptual Modelling Framework) is a FOI project, financed by the Swedish Armed Forces, which has its foundation in the US military's efforts on distributed simulation which were begun in the mid-1990s. The attempt was called CMMS or Conceptual Models of Mission Space. DCMF is also the name of a Swedish framework for the development and use of conceptual models, which itself has the potential to support the development of simulation models.

The process to develop a knowledge base, prior to the development of a simulation model, is a time-consuming and costly process. Moreover, the knowledge that a model represents is often not properly saved for future reuse. Even if the model is accurately stored it is difficult to reuse it in other context. This is primarily because knowledge of how a model was created is not documented to the extent necessary. In other words, for potential reuse of a model, relevant facts about knowledge acquisition are missing and hence so is their traceability to a knowledge source.

The DCMF framework includes a process whose main objective is to address how knowledge can be acquired for just such a particular purpose, as well as how it can be structured, modelled and formatted according to predefined criteria. It also addresses how knowledge can be used, or reused, given diverse applications. The process consists of four main phases: Knowledge Acquisition (KA), Knowledge Representation (KR), Knowledge Modelling (KM) and Knowledge Use (KU).

The DCMF process's four phases have not been explored to the same extent. While simply understanding and identifying the first steps is acceptable, this is not the case in the later stages, primarily KU. The mission of DCMF project in 2008-2010 has been to focus work on these later stages, specifically to study how a repository that can support the storage, retrieval, composition and visualisation of DCMF-products (e.g. conceptual models) should be designed. The objective of the project for 2010 has been to develop a working prototype that can

demonstrate a DCMF repository, focused toward composing smaller knowledge components into a larger conceptual model.

As a basis for prototype development work, a scenario was created that builds on current events in Afghanistan, where Swedish ISAF forces are stationed. The scenario is based on an event that occurred in November, 2009, when a patrol was attacked with an IED (Improvised Explosive Device). A number of soldiers were injured and an Afghan interpreter was killed during the event. DCMF-products (knowledge components) based on the scenario were created and were used as examples in the prototype. The process that assembles knowledge components into conceptual models, taking into account both syntactic and semantic aspects, was illustrated then by the prototype.

In addition to work to develop the prototype, the project was also tasked to actively participate in a NATO team (NMSG-058) whose main task was to find a workable definition for the concept of "conceptual modelling for military modelling and simulation (M&S)", and in addition, recommend a process for the creation of just such models. The result of the taskforce is supposed to be packaged as a set of guidelines and will be delivered to SISO as a basis for a standardisation effort.

In summary, conceptual modelling in the context of military M&S is considered to be able to contribute to:

- A cost-effective development process – By standardising methods for the collection and representation of knowledge, as well as creating a common infrastructure for its storage, knowledge reuse can be realised on a larger scale, i.e. the same knowledge can be used in several development contexts.
- High-quality knowledge – The DCMF method assumes that authorised sources will be used to acquire knowledge, i.e. just anyone who has ideas about an activity may not be used. Furthermore, using methods for strict formalisation of knowledge in the form of models, quality assurance and reuse can be facilitated.
- Support in the early stages – Using conceptual modelling in the early phases of the development cycle (for example, for constructing a simulation model) creates a common understanding of the problems to be addressed that can be communicated to all stakeholders for a project. The conceptual model, an artefact that is crucial for the specifications that are developed for this system, reflects the question that should be studied.

The report ends with a section discussing the future development of DCMF. In this section the DCMF as a concept will be analyzed from a number of different perspectives and a number of recommendations and future visions for DCMF will be offered.

Keywords: Conceptual Modelling, Knowledge Management, DCMF, DCMF Process, DCMF product, Knowledge Component, BOM, OWL, Semantics, Reuse, Interoperability.

Innehållsförteckning

1	Inledning	12
1.1	Kort om DCMF och DCMF-Processen.....	13
1.2	Uppdraget 2008 - 2010	14
1.3	Läsanvisning	15
2	Behov och krav inför prototyputveckling	17
2.1	Tjänster & produkter.....	17
2.2	Användare	18
2.3	Processer (Krav utifrån DCMF-användarnas perspektiv)	20
2.4	Krav utifrån ett M&S-perspektiv	22
2.5	Avgränsningar	24
3	Design av prototyp	25
3.1	Lämplig mall för DCMF-produkter	25
3.2	Grundbultarna i designförslaget.....	26
3.2.1	BOM	26
3.2.2	OWL	27
3.3	Designförslag	27
3.3.1	Krav på DCMF Repository	27
3.3.2	Krav på kunskapsanvändning i DCMF.....	28
3.3.3	Metoden	29
4	Scenario & produkter	31
4.1	Mål och syfte med scenario	31
4.2	Genererade produkter	35
4.2.1	Ontologi.....	35
4.2.2	Regler.....	36
4.2.3	Kunskapskomponenter	37
5	Prototyputveckling	38
5.1	Prototypbeskrivning.....	38

5.1.1	Arkitektur	40
5.2	Test av prototypen	43
5.3	Resultat	47
6	NATO-samarbetet	48
6.1	NATO MSG-058 / RTG-038 "Conceptual Modelling for M&S"	48
6.2	Arbetsätt och genomförandeplan	49
6.3	Uppnått resultat	49
6.4	Fortsatt arbete och resultatöverföring	51
6.5	Nytta	52
7	Avslutning	53
7.1	Koppling till MBFU	53
7.2	Generell nytta inom FM	55
7.3	Diskussion och framtidsvision	56
8	Akronymer	59
9	Referenser	61

1 Inledning

DCMF - Defence Conceptual Modelling Framework - är ett försvarsmaktsfinansierat projekt som har sitt ursprung i det amerikanska försvarets satsningar på distribuerad simulering, från mitten av 90-talet. Den ursprungliga amerikanska satsningen benämndes CMMS - "Conceptual Models of Mission Space". DCMF är också namnet på ett svenskt ramverk för utveckling av konceptuella modeller. Ramverket beskriver på ett metodiskt sätt hur kunskap från militära operationer och givna scenarier tas fram, behandlas och sätts samman för att återanvändas för olika ändamål i olika simuleringar. Enligt DCMF utgör konceptuella modeller beskrivningar över vad som ska simuleras och fungerar därmed som en brygga mellan militära experter och utvecklare av simuleringsmodeller.

Processen att ta fram kunskapsunderlag som är konsistent, användbart och relevant är tidskrävande. Fel i kunskapsmängden, eller i tolkningen av denna, leder direkt till fel vid dess användning. Den kunskap om verkligheten som representeras i form av en modell sätter gränser för vad modellen kan användas till och användningen bestämmer vilka förenklingar som är rimliga att göra under modelleringen. Dessvärre bevaras inte alltid den kunskapsmängd som en modell representerar och även om så sker, är det ofta svårt att återanvända den. Detta beror främst på att kunskapen om hur en modell tas fram inte dokumenteras i den utsträckning som krävs. Med andra ord saknas, inför potentiell återanvändning av en modell, relevanta fakta om kunskapsinhämtningen i sig och därmed spårbarhet till kunskapskällan.

Ovanstående kan sammanfattas i tre problemsituationer, nämligen då auktoriserad information om militära förlopp inte finns tillgänglig, då den erhållna kunskapen inte är fullständig, samt då den erhållna kunskapen inte bevaras för framtida återbruk. Att komma till rätta med dessa tre problem är DCMFs primära mål.

DCMFs vision är att varje ny modellutveckling inte nödvändigtvis behöver inledas med framtagning av en konceptuell modell från grunden, utan att tidigare modellarbete kan återvinnas så långt som möjligt. Tanken är att då ett nytt behov uppstår sätts en skraddarsydd konceptuell modell ihop, främst genom återanvändning av befintliga konceptuella grundmodeller (kunskapskomponenter) som finns tillgängliga i ett DCMF-bibliotek (Repository). Genom återanvändning av befintliga kunskapskomponenter, eller konceptuella modeller, kan nya behovsanpassade modeller snabbt sättas samman i ett nytt sammanhang. Tidigare gjord verifiering och validering av delmodeller underlättar validering av nya sammansatta modeller. Återanvändning av redan gjorda avvägningar och förenklingar sparar i allmänhet både tid och resurser.

En förutsättning för att DCMF skall fungera i praktiken är dock en relativt stor arbetsinsats initialt för att bygga upp ett komponentbibliotek. Den stora insatsen kan dock motiveras av en stor mängd framtida vinster och förbättringar varav den viktigaste är en gemensam kunskapsbank som förväntas ge en entydig, gemensam och djupare kunskap kring militära verksamheter för samtliga intressenter. Den i sig medför att framtida simuleringsmodeller inte bara blir snabbare och billigare att utveckla och underhålla, utan också att de håller högre kvalitet. Till en högre kvalitet bidrar också versions- och varianthantering såväl som validering som visar att modeller är lämpliga för sina syften.

1.1 Kort om DCMF och DCMF-Processen

DCMF är ett ramverk som i första hand är framtaget för att kunna förstå och beskriva aktiviteter och processer i militära operationer, med syftet att skapa konceptuella modeller i samband med utveckling av simuleringsmodeller. Ramverket består av ett antal komponenter och delprocesser som samverkar för att stödja modellerare då konceptuella modeller skall tas fram från ostrukturerade data. Det innebär att DCMF erbjuder en metod med vars hjälp formella och maskinellt bearbetningsbara konceptuella modeller kan tas fram. Det formella angreppssättet skall främst bidra till framställningen av återanvändbara och interoperabla konceptuella modeller.

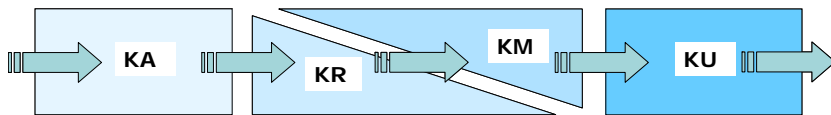
Den viktigaste frågeställningen som DCMF-projektet försöker besvara är hur konceptuella modeller av militära operationer bör utvecklas och underhållas för att leva upp till ovanstående målbild, dvs. möjliggöra en praktisk återanvändning av, samt en verklig samverkan mellan, framtida simuleringsmodeller. DCMF består inte enbart av konceptuella modeller utan även av verktyg för utveckling och återanvändning, samt gemensamt bibliotek för förvaring, av dessa. Den viktigaste komponenten är dock processen för att skapa och bevara kunskapsunderlag.

DCMF-Processens huvudmål är att för en viss tillämpning, eller syfte, anskaffa och framställa kunskap, samt strukturera, modellera och formatera denna enligt fördefinierade krav. Processen består av fyra huvudfaser:

- KA — Kunskapsanskaffning,
- KR — Kunskapsrepresentation,
- KM — Kunskapsmodellering och
- KU — Kunskapsutnyttjande (eller Kunskapsanvändning).

Varje fas består i sin tur av flera steg som resulterar i en eller flera produkter. Flera olika roller är inblandade genom hela processen. Inom processen finns flera avstämningpunkter (beslutspunkter) där det avgörs om det är nödvändigt att

återvända till en tidigare fas och iterera över ett eller flera steg för att komplettera med ny information, eller om det går att fortsätta till nästa steg i processen.



Figur 1-1: De fyra huvudfaserna i DCMF-processen.

Den första fasen, KA, består av två huvuddelar. Den första syftar till att ta fram en fokuserad kontext och en målbild med krav på slutprodukten. Den andra delen i KA är själva anskaffningen av data och information som sedan kommer att bli till kunskap. Det inhämtade materialet analyseras och struktureras upp i den andra fasen, KR, så att modellering enligt efterfrågat format kan ske i nästa fas – KM.

I KM sker modellering och anpassning av den strukturerade informationen till den slutprodukt som efterfrågas. Här sker även generalisering av kunskapen så att den inte längre är scenariospecifik (beroende av det sammanhang den är hämtad ifrån), utan även går att återanvända i andra sammanhang. Den generaliserade och strukturerade kunskapsmängden representeras i form av kunskapskomponenter, vilka i slutsteget, KU, sätts samman för att bygga den efterfrågade konceptuella modellen. Här sker även förberedelser för användning av slutprodukten, eller återanvändning av tidigare införskaffad kunskap.

För en detaljerad beskrivning av DCMF-processen se [1] samt [2].

1.2 Uppdraget 2008 - 2010

DCMF-processens fyra faser har tidigare utforskats och beskrivits i olika utsträckning. Medan förståelsen och därmed kartläggningen av de första stegen är godtagbar är läget inte detsamma när det gäller senare faser, primärt KU. När den inhämtade informationen struktureras, modelleras och generaliseras skapas en av de viktigaste produkterna i DCMF-processen, nämligen kunskapskomponenter. Kunskapskomponenter, som representerar en generaliserad beskrivning av en militär aktivitet användbar för flera syften, utgör i sig, eller sammansatta, den slutgiltiga konceptuella modellen. Uppdraget för DCMF-projektet under 2008 – 2010 har varit att fokusera arbetet på undersökning av hur ett bibliotek som kan understödja lagring, sökning, sammansättning och visualisering av ovan nämnda produkter bör utformas och organiseras. Målet för projektet i år har varit att ta fram en fungerande prototyp som kan demonstrera DCMF-biblioteket, främst med avseende på sammansättningen av kunskapskomponenter till önskade konceptuella modeller.

Utöver ovanstående huvuduppdrag så har projektet haft ytterligare två uppdrag. Det första har utgjorts av aktivt deltagande i en NATO-arbetsgrupp vars mål var att bemästra samma ämne, d.v.s. konceptuell modellering inom militär modellering och simulering för NATO:s räkning. Sverige, med representanter från DCMF-projektet, har haft en ledande roll inom denna arbetsgrupp. Det andra var att projektet skulle undersöka om DCMF, som modelleringsramverk och arbetssätt, skulle kunna bidra till den utveckling som sker inom Försvarsmakten mot en modellbaserad förmågeutveckling, bl.a. genom tillämpning av arkitekturramverket MODAF. Både dessa uppdrag har genomförts med gott resultat och beskrivs längre fram i rapporten.

1.3 Läsanvisning

Efter denna inledning, som gav en introduktion och bakgrund till DCMF-koncept och –projekt, samt en kort beskrivning av uppdraget, beskrivs i kapitel 2 de behov och krav som har legat till grund för projektets prototyputveckling under 2010.

I kapitel 3 presenteras ett designförslag, baserat på krav identifierad i kapitel 2, för kunskapsanvändning inom ramen för DCMF. Lösningen baseras på användning av ett semantiskt repository som möjliggör strukturerad lagring, sökning, sammanställning och visualisering av DCMF-produkter, i enlighet med uppsatta krav.

Det fjärde kapitlet introducerar ett aktuellt militärt scenario med vars hjälp funktionaliteten hos prototypen senare illustreras. Scenariot som har valts är baserad på en incident i Afghanistan i november 2009 då en svensk patrull utsattes för en IED (Improvised Explosive Device).

I kapitel 5 presenteras det prototyputvecklingsarbete som har genomförts i enlighet med designförslaget i kapitel tre och som baseras på det scenario som redovisas i kapitel 4. Huvudsyftet med prototypen är att undersöka om mindre kunskapsmängder ur scenariot kan struktureras, modelleras, samt matchas i syfte att skapa en konceptuell modell.

I kapitel 6 redovisas det NATO-samarbete som projektet har deltagit i, samt de resultat som denna gruppering uppnått. Såväl resultatöverföring som potential till eventuell standardisering av resultatet inom SISO diskuteras. Kapitlet avslutas genom att peka på vilken nytta deltagandet i det internationella samarbetet har haft för FM respektive FOI.

I det avslutande kapitlet redovisas kopplingar och möjliga avtappningar till andra verksamheter inom FM, exempelvis modellbaserad förmågeutveckling (MBFU). Två huvudsakliga områden, där DCMF anses kunna bidra till MBFU, identifieras och diskuteras. Vidare argumenteras för nyttan av DCMF inom FM och en

framtidsvision samt rekommendationer avseende konceptuell modellering, redovisas.

2 Behov och krav inför prototyputveckling

I detta kapitel beskrivs identifierade behov och krav som ligger till grund för projektets prototyputveckling under 2010. Dels beskrivs generella behov och krav kopplade till framtagning och användning av konceptuella modeller. Vidare beskrivs även mer specifika krav kopplat till hur konceptuella modeller stödjer utveckling av HLA-baserade, distribuerade simuleringar inom ramen för Federation Execution & Development Process (FEDEP).

2.1 Tjänster & produkter

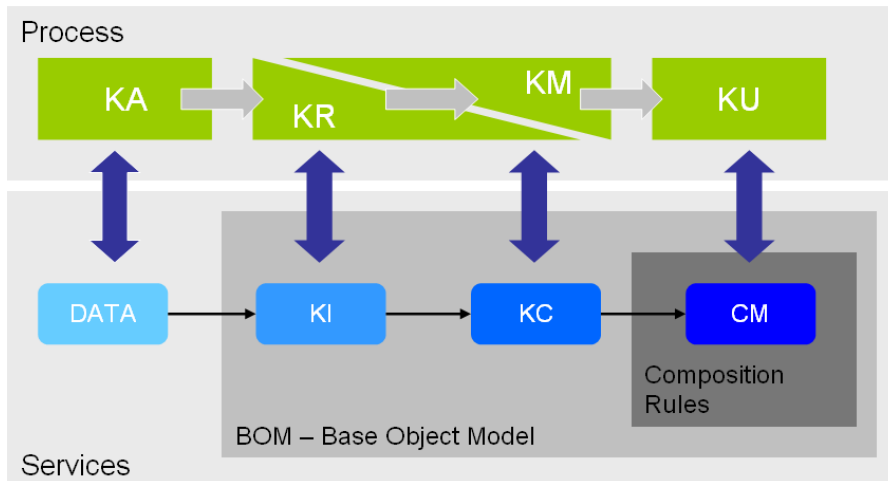
Framtagning av konceptuella modeller, enligt DCMF, stöds av ett antal tjänster som hanterar samtliga produkttyper som genereras under processen. Dessa tjänster och produkter har beskrivits utförligt i föregående års rapporter [1 och 3].

Sammanfattningsvis skapas och konsumeras följande kunskapsrelaterade produkter inom ramen för DCMF-processen; kunskapsinstanser (Knowledge Instances - KI), kunskapskomponenter (Knowledge Components - KC) och konceptuella modeller (Conceptual Models - CM). Därutöver finns andra produkter såsom ontologier, rapporter av skilda slag etc. I figur 2.1 illustreras de val av specifikationer som ligger till grund för de kunskapsrelaterade produkterna inom DCMF enligt tidigare beslut, se [4]. Vidare illustreras kopplingen till de faser inom DCMF-processen som respektive produkt primärt relaterar till. Som framgår av figuren utgör Base Object Models – BOM ett signifikant bidrag i sammanhanget.

Vad gäller de tjänster som stödjer DCMF-processen, kan fyra övergripande tjänster beskrivas som utgör kärnan i KU-fasen, dessa är:

1. Lagring – det finns behov av att kunna lagra utkast till produkter såväl som all relevant dokumentation/data kopplat till aktuella produkter. Det finns behov av att kunna tillgängliggöra färdigställda produkter så att dessa kan återbrukas.
2. Sökning – det finns behov av att kunna lokalisera produkter utifrån den typ av verksamhet som produkten beskriver och i sammanhanget även kunna ta del av all relaterad dokumentation/data beträffande produkten i fråga.
3. Sammansättning – det finns behov av att kunna sätta samman enskilda produkter med andra produkter (exempelvis sammansättning av KC) i syfte att skapa en modell som representerar den verksamhet som står i fokus (skapande av en CM). Vidare finns behov av stöd i denna process i syfte att försäkra sig om att sammansättningen är giltig.

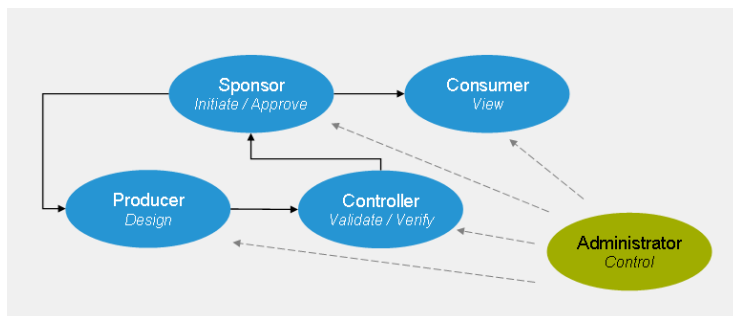
4. Visualisering – det finns behov av att kunna visualisera en produkt så att den verksamhet som den representerar kan förmedlas och förstås av samtliga aktörer.



Figur 2-1: Produkter inom ramen för DCMF, samt deras respektive koppling till faserna inom DCMF-processen.

2.2 Användare

För att tydliggöra de behov som finns kopplat till framtagning och användning av konceptuella modeller, samt i slutändan de krav som verktyg och metodik för DCMF bör realisera, identifierades 5 typanvändare (roller). I Figur 2-2 visas dessa typanvändare med respektive huvudsakliga ansvarsområde, samt inbördes relationer. Nedan beskrivs typanvändarna översiktligt.



Figur 2-2: Användare och dess inbördes relationer inom ramen för DCMF.

Beställare (Sponsor)

En beställare initierar arbetet med att ta fram en konceptuell modell. I rollen ligger ansvar för att godkänna kunskapsrelaterade produkter som genereras i DCMF-processen, exempelvis kunskapskomponenter (KC), eller konceptuella modeller (CM). När en produkt godkänns av en beställare görs den tillgänglig för användning av en konsument. Beslut beträffande godkännande av en produkt, bygger till stor del på de resultat och rekommendationer som kvalitetsansvariges arbete genererar.

Kvalitetsansvarig (Controller)

En kvalitetsansvarig ansvarar för att verifiering, validering och ackreditering (VV&A) genomförs för de produkter som tas fram. Verifiering avser kontroll av att en produkt följer uppsatta modelleringsregler och modellformat. Validering inbegriper kontroll av att en produkt (modell) representerar den del av verkligheten, eller en verksamhet, som beställaren efterfrågar på ett adekvat sätt. Ackreditering är ett bemyndigande av en instans hos användaren att använda modellen, simuleringen eller data från simuleringen. Beslutet tas utifrån genomförd V&V och specifik användning. Samtliga analyser dokumenteras och associeras till berörd produkt.

Producent (Producer)

En producent ansvarar för framtagning av produkter, såsom KC, CM, dess metadata och tillhörande ontologier. Till sin hjälp har producenten ämnesexperter (SME:er) som bidrar med den domänkompetens som krävs för ett framgångsrikt arbete. Producenten kan ses som en modelleringsledare och expert på DCMF-relaterade metodiker och verktyg.

Konsument (Consumer)

En konsument är den primära användaren av kunskapsrelaterade produkter, samt associerade produkter såsom ontologier, scenarier etc. I samband med utveckling av en simuleringsmodell kan delar av utvecklingsteamet utgöra potentiella användare av konceptuella modeller. Det är viktigt att den konceptuella modellen förmedlar förståelsen av hur realiseringen av en modell möter det aktuella behovet. Man kan säga att den konceptuella modellen hjälper till att omsätta verksamhetsbehov till en konkret kravspecifikation.

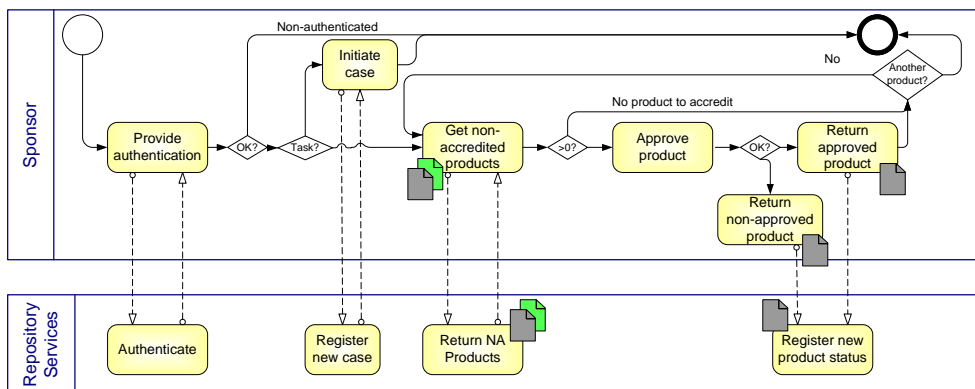
Administratör (Administrator)

En administratör ansvarar för administration av ett DCMF-system, inkluderande både repository/bibliotek och verktyg. Rollen innefattar bland annat delegering av rättigheter i systemet för att hantera att rätt personer har tillgång till rätt produkter vid rätt tidpunkter.

2.3 Processer (Krav utifrån DCMF-användarnas perspektiv)

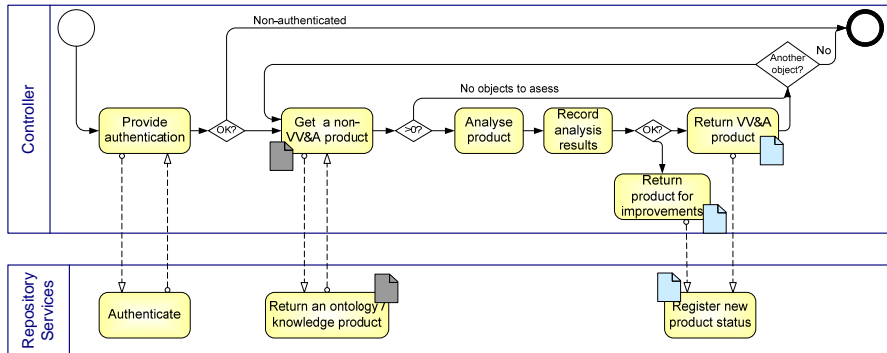
Nedan beskrivs, från ett övergripande perspektiv, hur ovan beskrivna användare interagerar med ett tänkt "DCMF-system". För en utförligare beskrivning hänvisas läsaren till [3].

I Figur 2-3 beskrivs hur en beställare interagerar med DCMF-systemet (i figuren benämnd sponsor). Beställaren har två huvudsakliga uppgifter i sammanhanget; att initiera ny kunskapsinhämtning, och att se över och godkänna produkter. I det första fallet avslutas processen då kunskapsinhämtningen har initierats. I det andra fallet kan beställaren, för varje ny produkt, ta ett beslut kring dess användning. Godkänns en produkt ändras dess status så att den blir tillgänglig för relevanta konsumenter. Godkänns inte produkten ändras dess status så att ansvarig producent underrättas om att produkten måste förbättras.



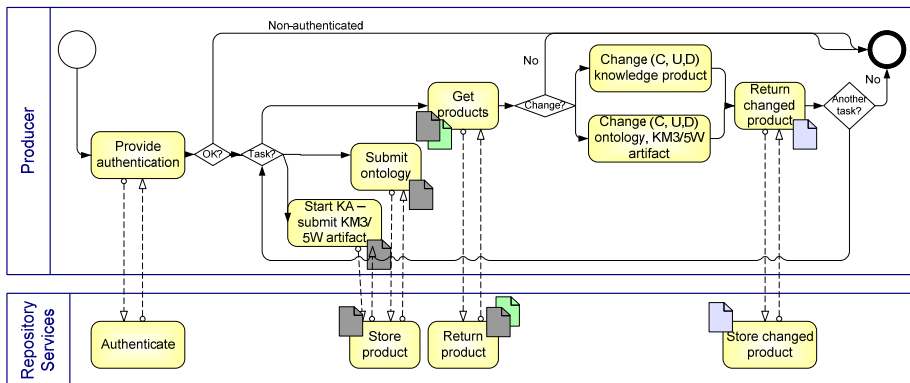
Figur 2-3: Beställarens process.

I Figur 2-4 illustreras den kvalitetsansvariges process (i figuren benämnd controller). Efter autentisering får den kvalitetsansvarige en lista med arbetsuppgifter, i princip en lista med ej verifierade och validerade produkter. För varje produkt i listan genomför den kvalitetsansvarige en analys, vilken även dokumenteras. Analysen resulterar antingen i att produkten returneras tillbaka till producenten för förbättring/revidering, eller så är produkten godkänd ur ett VV&A-perspektiv, vilket medför att beställaren får i uppgift att godkänna dess användning.



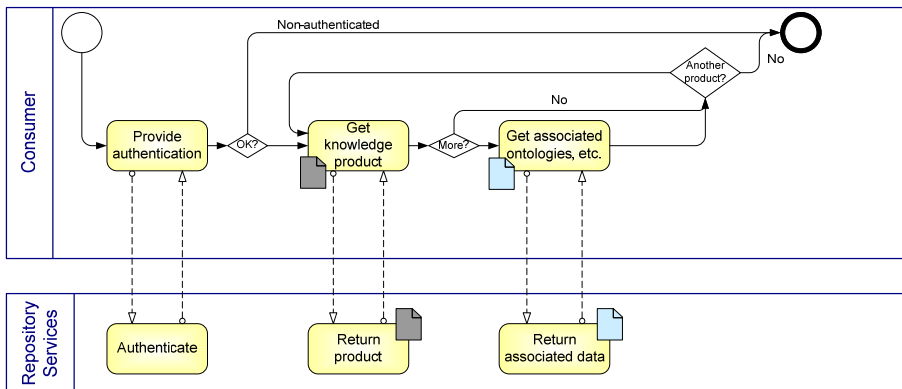
Figur 2-4: Kvalitetsansvariges process.

Figur 2.5 illustrerar en producents process inom ramen för DCMF (i figuren benämnd producer). Efter autentisering står en producent inför tre huvudsakliga uppgifter; påbörja en ny kunskapsinhämtning, bidra med en ny ontologi, eller inhämta redan existerande produkter för vidare bearbetning. Det förstnämnda inbegriper framtagning av KI, generalisering av dessa till KC, eller sammansättning av KC till en CM (konceptuell modell). Det kan även vara aktuellt att modifiera, eller ta bort, befintliga KI, KC eller CM.



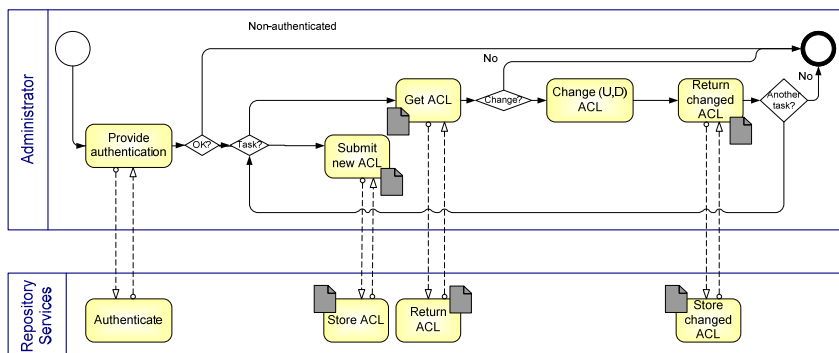
Figur 2-5: Producentens process.

Figur 2-6 visar konsumentens process relaterat till användning av DCMF-produkter (i figuren benämnd consumer). Efter autentisering kan konsumenten söka efter tillgängliga kunskapsprodukter. DCMF-systemet levererar eftersökt produkt i önskvärt format, exempelvis i form av ett UML-diagram. Konsumenten kan även inhämta de data som är associerade till aktuell kunskapsprodukt, såsom ontologier, metadata, etc.



Figur 2-6: Konsumentens process.

Figur 2-7 visar administratörens process (i figuren benämnd administrator). Efter autentisering kan administratören skapa en ny ACL (Access Control List) för en produkt, eller välja att ta fram en befintlig ACL. I det senare fallet kan administratören ändra eller ta bort en befintlig ACL. En ACL styr accessrättigheter för en specifik produkt, dvs. vilka användare som har rätt att läsa, skriva och/eller exekvera en produkt. I administratörens ansvar ligger även att administrera användare (skapa och ta bort användarkonton), samt tilldela dessa en roll, dvs. som beställare, kvalitetsansvarig, producent, konsument, eller administratör.



Figur 2-7: Administratörens process.

2.4 Krav utifrån ett M&S-perspektiv

DCMF är tänkt att på ett generellt plan stödja M&S-relaterad utveckling inom Försvarsmakten. Ett område som specifikt pekar på betydelsen av konceptuella modeller är distribuerad simulering, närmare bestämt High Level Architecture

[5]. Därav är det intressant att närmare se på vilka specifika krav HLA ställer på konceptuella modeller och dess användning. Kopplat till HLA finns en standardiserad process som på ett övergripande plan styr utveckling och exekvering av HLA-baserade simuleringar (federationer). Denna process benämns FEDEP – Federation Execution & Development Process. FEDEP definierar en konceptuell modell enligt följande:

“An abstraction of the real world that serves as a frame of reference for federation development by documenting simulation-neutral views of important entities and their key actions and interactions. The federation conceptual model describes what the federation will represent, the assumptions limiting those representations, and other capabilities needed to satisfy the user’s requirements. Federation conceptual models are bridges between the real world, requirements, and design.” [5]

Givet specifikationen av FEDEP och hur denna standard ger uttryck för användningen av konceptuella modeller, listas nedan de direkta och indirekta krav som ställs på konceptuella modeller i denna kontext.

Den konceptuella modellen ska:

1. representera “problemrymden” (konceptuellt) baserat på utvecklingsteamets tolkning av mål (med federationen) och användarens behov.
2. utgöra en implementeringsoberoende representation som stödjer omsättning av mål (federation objectives) till beskrivningar av funktioner och beteende (functional and behavioural aspects) ämnade för system- och mjukvarudesigners.
3. utgöra länken mellan mål (federation objectives) och design (för implementering), dvs. stödja spårbarhet.
4. möjliggöra minimering av “fel” tidigt i utvecklingsprocessen genom review (ex. av användare/sponsor).
5. inkludera en beskrivning av samtliga entiteter och aktiviteter/aktioner som krävs för att uppnå federationens mål (federation objectives).
6. representera entiteter och aktiviteter/aktioner utan referenser till specifika simuleringsmodeller, dvs. oberoende av tänkt implementering.
7. inkludera en listning av antaganden och begränsningar som sätter “scope” för modellen.
8. förfinas/förbättras i senare faser av processen (FEDEP) till en produkt som lägger grunden för design av federationen.
9. representera statiska relationer mellan entiteter, genom exempelvis association, generalisering eller aggregering.

10. representera dynamiska relationer mellan entiteter genom temporalt ordnade sekvenser av interaktioner mellan entiteter (med relaterade “trigger-conditions”).
11. representera entiteters och interaktioners karaktäristik.
12. förmedla insikt kring “den verkliga världen” (real world domain).
13. granskas av användare/sponsor för att tillse en korrekt representation av aktuell domän.
14. revideras utifrån feedback erhållen från granskning.
15. transformeras från en generell beskrivning till en mer specifik artikulering av federationens “förmågor”.
16. utgöra en grund för utvecklingsrelaterade aktiviteter såsom urval av federater, design, implementering, test, evaluering och validering.

2.5 Avgränsningar

Ovanstående användares behov, kopplat till framtagning och användning av konceptuella modeller, är omfattande och allt ryms naturligtvis inte inom ramen för projektets arbete. Fokus för uppdraget under 2010 var kunskapsutnyttjande (KU), vilket ledde fram till identifieringen av de 4 centrala tjänster som beskrivs i avsnitt 2.1, som utgångspunkt för projektets prototyputveckling. Av dessa tjänster fokuserades en huvuddel av utvecklingsarbetet mot sammansättning av kunskapskomponenter (KC) då detta ansågs utgöra den mest komplexa frågeställningen där signifikanta bidrag skulle kunna göras från projektets sida. Lagring, sökning och visualisering av DCMF-relaterade produkter hanterades mer översiktligt. I kapitel 3 beskrivs ett lösningsförslag (design) avseende projektets prototyp, med utgångspunkt i de fyra tjänsterna, men med fokus på matchning.

3 Design av prototyp

I detta kapitel presenteras ett lösningsförslag som ligger till grund för årets prototyputveckling avseende kunskapsanvändningsfasen i DCMF-processen. Lösningen är baserad på användning av ett *repository*, som möjliggör lagring och användning av DCMF-relaterade produkter. I enlighet med de krav som redovisas i kapitel 2, måste detta repository vara "semantic aware", dvs. underlätta såväl gemensam förståelse av begrepp som ligger till grund beskrivningen av produkter, som automatiserade resonemang kring dessa begrepp.

3.1 Lämplig mall för DCMF-produkter

För att möjliggöra en effektiv användning av domänkunskap, kräver DCMF att konceptuella modeller uttrycks i ett formellt språk med explicit semantik. I syfte att underlätta återanvändning av konceptuella modeller och övriga DCMF-relaterade produkter, är det även önskvärt att utgå från ett standardiserat representationssätt. I sammanhanget har Base Object Model (BOM) ansetts utgöra den bästa kandidaten för att uppfylla ovan beskrivna krav. En översiktlig beskrivning av BOM-specifikationens struktur och innehåll redovisas i nästa avsnitt. Nedan diskuteras BOM-specifikationens lämplighet för DCMF i det kontext som är fokus för årets arbete.

BOM är skapat av Simulation Interoperability Standards Organization (SISO) som en standard och ett format för beskrivning av simuleringskomponenter. BOM är framtagen för att möjliggöra sammansättning och återanvändning av simuleringsmodeller (federater) som ligger till grund för skapande av sammansatta distribuerade simuleringar (federationer). När BOM används för att skapa DCMF-produkter kan konceptet ses som en väl definierad strategi för utformningen av steg 2 i FEDEP-processen, dvs för att utveckla konceptuella modeller inför utveckling av en federation (se avsnitt 2.4).

Då projektet under tidigare år beaktade BOM [6 och 7] som en mekanism för att representera DCMF-produkter, identifierades ett behov av att hitta ett sätt att berika BOM-specifikationen med semantik, utöver det som kan uttryckas i standardrepresentationen (XML). Detta är särskilt viktigt för att kunna realisera återanvändning i större skala. Flera relaterade metoder har beskrivits som kan användas för att berika BOM med semantik, bland annat vårt tidigare förslag BOM++ [8]. Gemensam för dessa är att de utvidgar BOM:ens grundstruktur med nya delar, vilket resulterar i en BOM-specifikation som skiljer sig från standarden. Ansatsen i årets arbete var således att representera BOM-strukturen i Web Ontology Language (OWL) [9], samtidigt som den ursprungliga strukturen bevaras.

3.2 Grundbultarna i designförslaget

I detta avsnitt går vi igenom den teoretiska grunden för designarbetet. Detta omfattar främst beskrivning av två grundpelare i förslaget, nämligen BOM och OWL.

3.2.1 BOM

På en hög abstraktionsnivå kan BOM:ar ses som återanvändbara komponenter med information som representerar samverkansmönster mellan olika aktörer. Dessa kan användas som byggstenar i utvecklingen av större och mer komplexa modeller. Det är detta synsätt som gör BOM till en lämplig kandidat för utveckling av konceptuella modeller enligt steg 2 i FEDEP.

En BOM är ett XML-dokument, strukturerad i fem huvudsakliga delar, som innehåller den information som behövs för att beskriva en simuleringskomponent. Ur ett DCMF-perspektiv är den delen av BOM:en som benämns konceptuell modell av störst intresse. Denna del omfattar aktörer och händelser kopplat till en viss verksamhet. När dessa två delar, aktörer och händelser, sätts samman till en process skapas en "Pattern of Interplay", eller ett interaktionsmönster. Vidare omfattar BOM:en en tillståndsmaskin som beskriver de olika tillstånd varje enskild aktör kan befinna sig i. Mer specifikt:

- Pattern of Interplay beskriver det beteendemönster som används för att uppnå ett gemensamt mål. Den innehåller också alternativa flöden (sekvenser av händelser) och undantag som beskriver avvikelser från det normala flödet. För varje handling ("Action") specificeras namn på mottagare och sändare samt relaterad händelse (Event Type).
- Tillståndsmaskinen är en mekanism för att beskriva hur aktörer byter tillstånd som en effekt av handlingar. Tillståndsmaskiner är relaterade till en specifik aktör och omfattar aktörens olika tillstånd, samt de villkor som måste uppfyllas för att en tillståndsförändring ska ske.
- Entity types - aktörer - representerar verkliga objekt. De används i interaktionsmönstren (Pattern of Interplay) för att identifiera sändare och mottagare av handlingar. Aktörstyper kan, utöver koppling till sändare och mottagare av handlingar, användas för att beskriva konceptuella enheter, till vilka även olika egenskaper kan förknippas.
- Event types – händelser - används för att beskriva handlingar inom ett Pattern of Interplay. Det finns två typer av händelse: Triggers (utlösare) och Meddelanden. Triggers sänds av vissa aktörer utan att peka ut en specifik mottagare, medan meddelanden alltid har en specifik mottagare.

3.2.2 OWL

Med ontologi avses en teknisk produkt, i form av en specifik vokabulär, som används för att beskriva en viss del av verkligheten. Betydelsen av ontologier har länge varit känd inom ett antal forsknings- och applikationsområden, inklusive kunskapshantering och -representation, informationssökning, etc. Inom dessa områden har ontologier huvudsakligen använts för att skapa en semantisk kontrollerad vokabulär för begrepp, samt för att möjliggöra automatiserade resonemang kring och slutsatsdragningar om dessa begrepp, deras relationer och instanser.

Web Ontology Language (OWL) är ett språk för representation av ontologier. Det används för att beskriva klasser, instanser (individer) och relationer (egenskaper) mellan dem. Genom explicit semantik och högre grad av uttrycksfullhet ger OWL bättre förutsättningar för entydig tolkning av begrepp relativt andra språk såsom XML (Extensible Markup Language) eller RDF (Resource Description Framework). En ontologi skiljer sig från ett XML-schema främst i avseendet att det är en kunskapsrepresentation och inte ett meddelandeformat.

OWL bygger i grunden på Description Logic (DL) vilket möjliggör automatiserat resonemang och härledning. Resonemang kan i sammanhanget beskrivas som aktiviteten att göra implicit kunskap explicit. Till exempel kan resonemang kring en OWL-kunskapsbas som innehåller beskrivningar av elever och deras föräldrar dra slutsatsen att två studenter, som både är män och delar en eller flera föräldrar, är bröder. Ingen explicit beskrivning för att påvisa syskonrelationen behöver således deklarerars. För att kunna utföra dessa slutsatser krävs en inferensmotor (inference engine). En inferensmotor är en mjukvara som använder dels det fakta som finns deklarerad i kunskapsbasen, men även ett antal, på förhand kända, regler för att främst avgöra om ett påstående är sant eller falskt. Den kan även användas till bestämmande av klasstillhörighet, klasslikvärdighet, klassificering, konsistens, underordning, etc.

3.3 Designförslag

3.3.1 Krav på DCMF Repository

Produkter som skapas under tidiga faser av DCMF-processen, såsom kunskapskomponenter och kunskapsinstanser, måste lagras i ett repository för att användas under kunskapsanvändningsfasen (då konceptuella modeller ska genereras). Repositoryt bedöms som den mest centrala komponenten i DCMFs kunskapsanvändningsfas, eftersom den lagrar och hanterar alla DCMF-produkter för användning och återanvändning. De huvudsakliga funktioner som repositoryt måste realisera är:

- Lagring – stöd för smidig skapande, åtkomst, modifiering och lagring av DCMF-produkter (KI, KC eller CM), deras metadata och andra tillhörande dokument.
- Sökning – för att hitta DCMF-produkter av intresse, baserat på deras semantiska egenskaper, till exempel förmågor, relationer till begrepp, eller ramen för användning.
- Sammansättning – stöd för att kunna fastställa om kunskapskomponenter kan sättas samman för att skapa konceptuella modeller.
- Visualisering – representation av en uppsättning utvalda DCMF-produkter i grafisk form för att visualisera deras egenskaper och relationer.

I samband med konceptualisering (modellering) av DCMF-produkter med BOM som grund, ansågs ett aktivitetscentrerat angreppssätt som mer lämpligt framför ett traditionellt objektorienterat angreppssätt. Anledningen är att man enklare kan uppnå en direkt anpassning av problemet (typfallet) och informationsmodellen (strukturen av ontologin). För mer information kring detta hänvisas den intresserade läsaren till [10].

För att möjliggöra återanvändning av DCMF-produkter föreslogs modellering av BOM:ar på "aktör-process-nivå" – dvs. varje BOM beskriver enbart en process hos en aktör, där aktören kan ha flera alternativa processer som delar ett och samma mål. Till exempel, en kund kan göra en betalning på flera alternativa sätt; med kontanter, kreditkort eller mot faktura. Vart och ett av alternativen beskrivs enligt ovanstående angreppssätt i en separat BOM.

3.3.2 Krav på kunskapsanvändning i DCMF

Som även nämns i kapitel 2, fokuserades en huvuddel av utvecklingsarbetet, givet ovan beskrivna tjänster, mot sammansättning av kunskapskomponenter, då detta ansågs vara av central betydelse för att kunna skapa konceptuella modeller för användning i KU-fasen. De andra tre tjänsterna, lagring, sökning och visualisering av DCMF-relaterade produkter, hanterades mer översiktligt. Det tänkta angreppssättet är att en DCMF-användare skall kunna söka, matcha och sätta samman ett antal kunskapskomponenter genom att följa kraven från exempelvis ett visst scenario som beskriver en militär verksamhet. Användaren ska således få stöd i processen att sätta samman en konceptuell modell som representerar den verksamhet som står i fokus.

Resterande del av detta kapitel fokuserar på att redovisa hur matchning och sammansättning av kunskapskomponenter går till.

3.3.3 Metoden

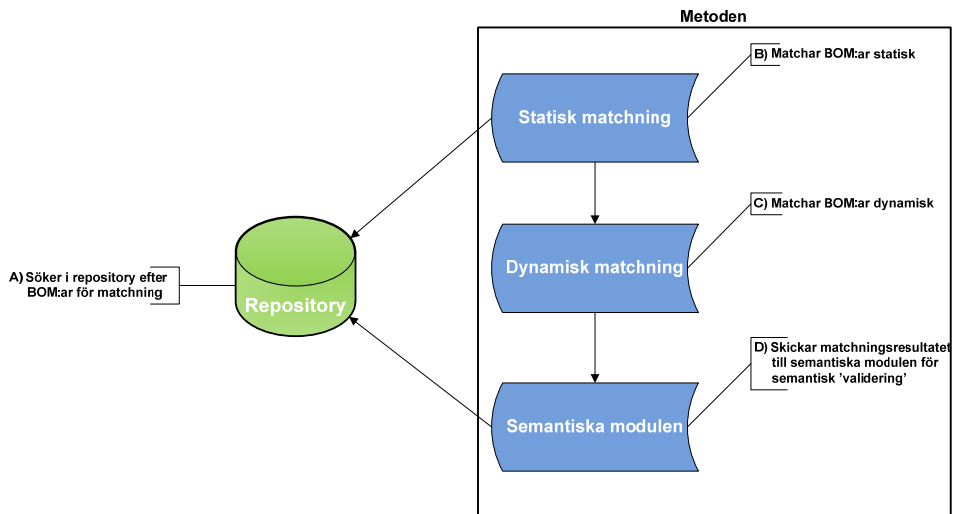
När enkla komponenter (modeller) sätts samman till större och mer omfattande sådana, bör två aspekter beaktas:

1. Syntaktisk korrekthet – dvs. om komponenter kan kopplas samman från ett implementationsperspektiv, med hänsyn tagen till faktorer som parameteröverföringsmekanismer, tidssynkronisering och åtkomst till extern data. [11]
2. Semantisk korrekthet – dvs. om komponenter kan fungera tillsammans på ett meningsfullt sätt. [12]

I enlighet med detta sker sammansättningen av kunskapskomponenter, utformade som BOM:ar, genom nedanstående fyra steg:

- Steg a: repositoryt genomsöks för att identifiera BOM:ar som är komponeringsbara.
- Steg b: syntaktisk matchning av BOM:ar genomförs i två delsteg. Först undersöks om att BOM:arnas syntax överrensstämmer (kallas för statisk matchning). Detta innebär att om en BOM skickar ett meddelande så ska det finnas en BOM som tar emot just den typen av meddelande.
- Steg c: den andra delen av syntaktisk matchning utför en kontroll av den dynamiska aspekten, vilket innebär att en simulering av skickande samt mottagande av meddelanden genomförs (kallas för dynamisk matchning). Detta görs för att kunna observera eventuella problem som kan uppstå vid exekvering av den sammansatta modellen (såsom dead-lock).
- Steg d: handlar om semantisk matchning av BOM:ar och innebär att BOM:arna valideras ur ett semantiskt perspektiv. Flera metoder är tillgängliga för att utnyttja den möjlighet som skapas genom användning av ontologier, bl.a. kontroll av den semantiska innebörden av termer. Vår metod utnyttjar SWRL (Semantic Rule Web Language) [13] för att skapa regler i anslutning till en OWL-ontologi. För varje element i en BOM, som har en motsvarande semantisk "individ" i OWL-ontologin, kontrolleras om vissa regler som skall gälla för användandet av den aktuella BOM:en är uppfyllda (såsom egenskaper, begränsningar, etc.). Till exempel, om en helikopter ska användas för en viss verksamhet, genomförs kontroll för att bestämma om helikoptern har de rätta egenskaperna för sammanhanget. Exempelvis om helikoptern endast kan flyga under dagtid, men kontexten kräver flygning nattetid, identifieras en mismatch automatiskt. Dessa kontroller görs i ontologin genom nyttjande av resoneringsverktyg.

Ovan beskrivna metod illustreras i Figur 3-1. När samtliga ovanstående delsteg är godkända så betraktas BOM-kombinationen (kombinationen av kunskapskomponenter) som giltig.



Figur 3-1: Sammansättnings processen i DCMF-repository.

I nästa kapitel beskrivs ett aktuellt militärt scenario med vars hjälp DCMF-produkter genererats, i syfte att kunna illustrera funktionaliteten hos prototypen. I nästföljande kapitel, ges en detaljerad beskrivning av den lösning som tagits fram baserat på ovan beskrivna design.

4 Scenario & produkter

Detta kapitel beskriver scenariot som ligger till grund för de DCMF-relaterade produkter som används som exempel i prototypen. Generering av produkterna, som utgörs av ontologi, regler och kunskapskomponenter, beskrivs även översiktligt.

4.1 Mål och syfte med scenario

Ett scenario behövdes som grund för att på ett konkret sätt kunna visa på användning av kunskapsrelaterade produkter i prototypsystemet. För att hitta ett scenario som uppfyllde projektets syfte och mål och som dessutom var relevant för Försvarmakten, identifierades ett antal breda kriterier.

Enligt det första kriteriet skulle scenariot utgå från den militära domänen. Det var även önskvärt att scenariot skulle behandla en för FM aktuell och intressant operation. Slutligen skulle scenariot innehålla såväl mekaniska som mänskliga komponenter.

Ett vanligt förekommande uppgift inom ramen för en militär operation är "recovery", vilket antingen handlar om att skadad eller förstörd materiel ska återställas, eller att skadade soldater ska tas omhand. Uppgiftens generella karaktär låg till grund för beslutet att undersöka hur detta skulle kunna modelleras enligt DCMFs principer.

För närvarande är svenska styrkor stationerade i Afghanistan, som del av den NATO-ledda ISAF-missionen. Sverige är sedan 2006 ansvariga för ett Provincial Reconstruction Team (PRT) i Mazar-e-Sharif i norra Afghanistan. I november 2009 inträffade en incident nära den primära svenska basen, Camp Northern Lights, som valdes som grund för projektets fokusområde (scenario).

Scenarioanskaffningsprocessen

Kontakt inleddes med HKV i syfte att identifiera en ämnesexpert (SME) med kunskap relaterat till aktiviteten "recovery" i detta sammanhang. Kunskap kring hur skadade soldater behandlas och tas omhand, samt hur skadad utrustning hanteras i anslutning till en stridsituation bedömdes som särskilt intressant.

Som SME utsågs en läkare inom Försvarmakten (J4 logistik och sjukvårdsdivisionen). Information av generell karaktär kopplat till terminologi och struktur för Försvarmaktens medicinska enheter samlades in och ett möte med den aktuella läkaren planerades.

Vid mötet presenterade läkaren (på en djupare nivå) hur strukturen hos svenska medicinska enheter är beskaffad, liksom vilka allmänna medicinska utbildningar Försvarmaktens personal genomgår. Fyra dokument som redogjorde för processer och rutiner kopplat till en "recovery"-insats erhöles. Slutligen beskrev

läkaren ovan nämnda incident (under 2009), vilken hade en utformning som passade projektets scenariokrav.

Grundmaterialet kompletterades med uppgifter från nyhetsmedia, email-korrespondens mellan personal på plats och FM, samt andra erhållna dokument. En delmängd av scenariot redovisas i nedanstående avsnitt.

Scenario överblick

I november 2009 utsattes en svensk patrull för en attack med hjälp av en så kallad IED (Improvised Explosive Device). Ett antal soldater skadades och en afghansk tolk omkom. Genom den utbildning som soldaterna genomgått, lyckades de svårt skadade få rätt hjälp i rätt tid och kunde på så sätt räddas.

Det var på förhand känt att det förekom oroligheter i det område som skulle patrulleras. Två veckor tidigare hade minst fyra vägbomber detonerat i området. Genom att hotbilden bedömdes som hög ökades den medicinska beredskapen i form av avdelning av en sjukvårdsgrupp med ambulanspersonal till truppen.

Bombdådet inträffade runt 40 kilometer väster om Mazar-e-Sharif, där svenska basen Camp Northern Lights är lokaliserad. Det fanns inga rapporter om skottlossning i samband med explosionen. Vägbomben exploderade strax efter klockan 10.30 svensk tid (13.30 lokal tid) under det bepansrade, fem ton tunga fordonet Galten (eller personterrängbil 6), se Figur 4-1. Försvarsmakten ville inte uppge vad operationen gick ut på, men sa att det svenska skyttekompaniet agerade stöd åt afghanska säkerhetsstyrkor.



Figur 4-1: Ett fordon av typen Galten.

Vid attacken färdades, i Bil 1, fyra soldater och i det bakre attackerade fordonet, Bil 2, fyra soldater och en afghansk tolk (en man i 20-årsåldern). Vid explosionen skadades kulspruteskytten i Bil 1 lindrigt (slungades ut ur sin

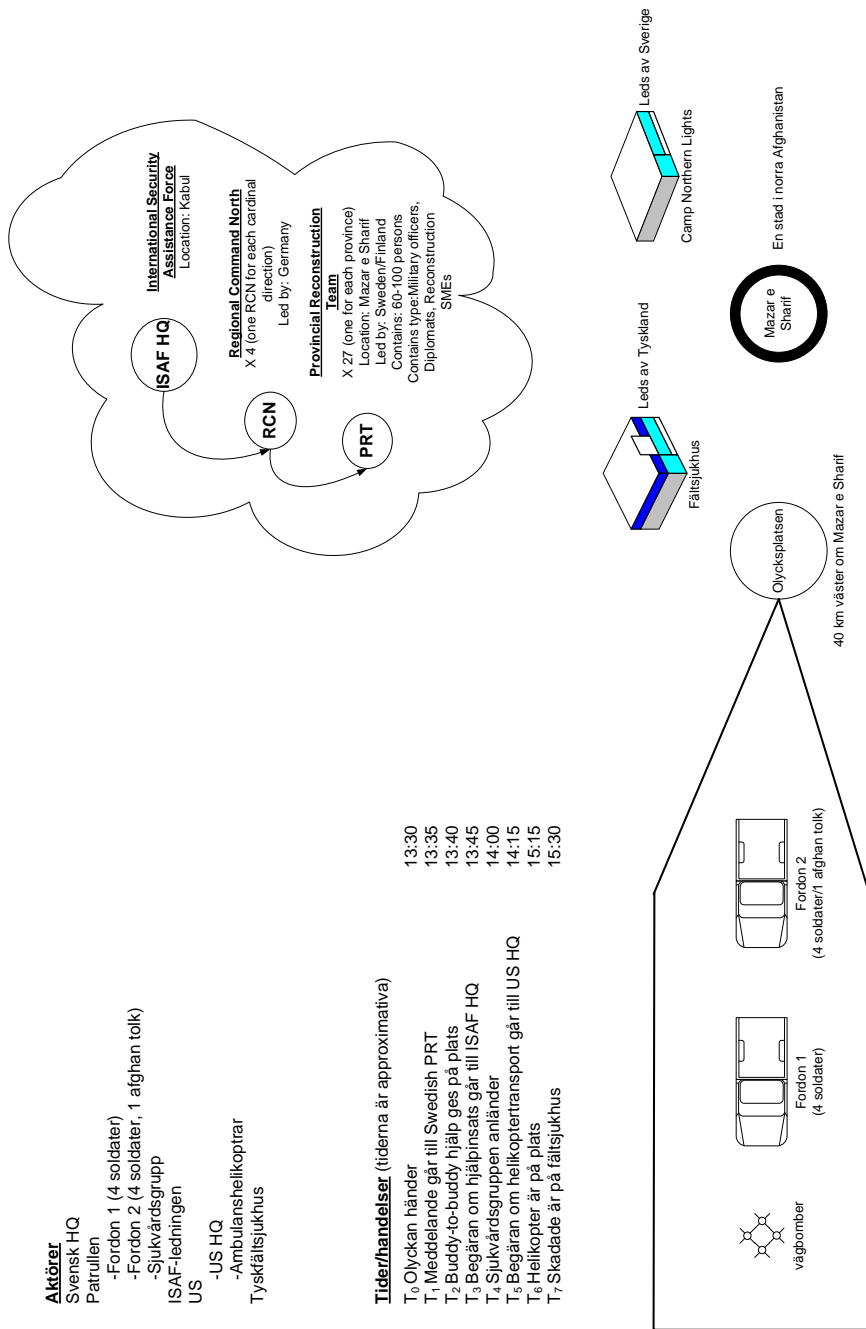
position mot marken). De övriga tre soldaterna satte omedelbart igång att hjälpa sina skadade kamrater i Bil 2. Från Bil 2 hade också en soldat slungats ut och kamraterna tog direkt hand om honom och lyckades sedan få ut ytterligare en soldat. Den afghanske tolken konstaterades avliden men kamraterna hörde att ytterligare två soldater var vid liv inne i bilen. De två svårast skadade soldaterna fick åtsnörande förband, rengjorda sår och täckande förband. Efter 5-10 min kom sjukvårdsteamet till skadeplatsen. Då sattes dropp in och smärtstillande gavs till dem som behövde. De två något mindre skadade soldaterna i framsätet på Bil 2 fick man ut och stabiliserande behandling kunde inledas.

Således blev alla skadade soldater omhändertagna, behandlade och medicinskt stabiliserade inom 30 minuter. När amerikanska helikoptrar så småningom anlände var patienterna fortfarande medicinskt stabila och kunde transporteras till det tyska fältsjukhuset i Marmal, vilket tog 10 min.

Den amerikanska helikopterbesättningen, samt den svenska ortopederna på plats i Marmal, konstaterade att det initiala omhändertagandet hade varit skolboksmässigt livsavgörande och att inga ytterligare stabiliserande åtgärder behövde sättas in, vare sig inför helikoptertransporten eller initialt vid ankomsten. Den svenska styrkan har inte några egna helikoptrar på plats utan tvingades förlita sig på andra nationers helikoptrar, i första hand de tyska.

Helt avgörande för de skadade svenska soldaternas överlevnadsförmåga var dock det rådiga agerandet av de oskadade soldaterna på skadeplatsen - inte tillgången på helikoptrar. Om helikoptrarna anlät efter 1 eller 2 timmar saknade i det aktuella fallet betydelse för de skadades överlevnad.

En illustration över händelseförloppet, de berörda aktörerna, samt det gällande sambandet hos den aktuella ISAF-ledningen framgår av Figur 4-2.



Figur 4-2: En illustration över det aktuella händelseförloppet.

4.2 Genererade produkter

Utifrån ovan beskrivna scenario skapades ett flertal DCMF-relaterade produkter i syfte att agera som exempel i prototypen. Produkterna som genererades inkluderar ontologi, regler och kunskapskomponenter. Dessa beskrivs översiktligt nedan.

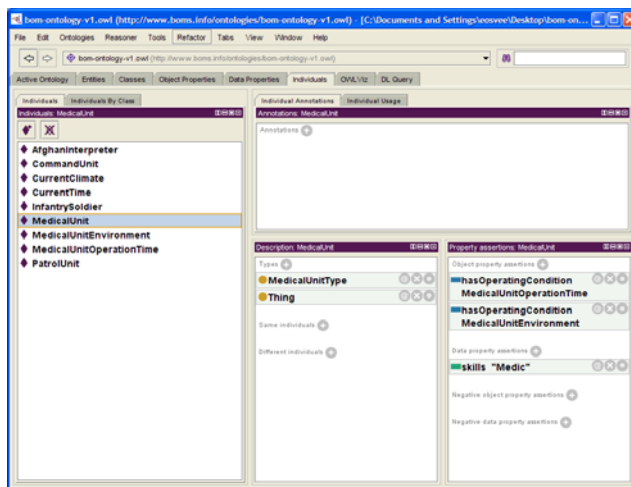
4.2.1 Ontologi

En ontologi för den del av världen som scenariot representerar skapades i Protégé 4 [14]. Ontologin beskriver de koncept och relationer mellan koncept som scenariot ger uttryck för. Tabell 1 listar en delmängd av de klasser, samt instanser av dessa klasser, som den aktuella ontologin representerar.

Tabell 1: Instanser och relaterade klasser i ontologin.

Class	Instance
CommandUnitType	CommandUnit
EnvironmentType	CurrentClimate MedicalUnitEnvironment
MedicalUnitType	MedicalUnit
PatrolUnitType	PatrolUnit
Soldier	AfghanInterpreter InfantrySoldier
TimeType	CurrentTime MedicalUnitOperationTime
Thing	CommandUnit MedicalUnit PatrolUnit

Figur 4-3 illustrerar hur en instans av typen `MedicalUnitType` presenteras i ontologi-editorn Protégé. Här framgår att instansen `MedicalUnit` är av typen `MedicalUnitType` och den generella klassen `Thing`. Vidare har instansen egenskaper som beskriver under vilka miljö- och tidsförhållanden som en `MedicalUnit` kan operera. Slutligen beskrivs vilken kompetens som en `MedicalUnit` måste inneha för att den ska vara operationell. I detta fall finns regler i ontologin som säger att en instans av typen `MedicalUnitType` måste inneha kompetensen "Medic". Detta är bara exempel på vilka egenskaper en `MedicalUnit` kan tilldelas och är alltså ej en komplett beskrivning.



Figur 4-3: Medical Unit individual as shown in Protégé.

4.2.2 Regler

En styrka med att representera kunskap i form av en ontologi, i detta fall enligt OWL, är att regler kan beskrivas och representeras i anslutning till ontologin. Dessa regler är centrala för prototypen då de används för att avgöra om en sammansättning av kunskapskomponenter är korrekt ur ett semantiskt perspektiv. En uppsättning regler togs fram för prototyparbetet som representerades i SWRL, allt i enlighet med designförslaget redovisat i kapitel 3.

Nedan beskrivs några exempel på regler som kan användas i prototypen:

Regel 1:

En `MedicalUnit` kan enbart fungera under en specifik del av dagen (t.ex. under dagsljus), samt under vissa klimatförhållanden (t.ex. samtliga klimat förutom arktiska betingelser).

Regel 2:

En `PatrolUnit` innehar per definition alltid kompetenserna spaning (Recon) och tolk (Interpreter).

Regel 3:

Vid förhöjd hotbild måste den medicinska beredskapen höjas så att `MedicalUnit` alltid medföljer en `PatrolUnit`.

4.2.3 Kunskapskomponenter

En central produkt inom ramen för DCMF är kunskapskomponenter (KC), vilka representeras, såsom tidigare beskrivits, enligt BOM-specifikationen. För att skapa KC för det aktuella scenariot användes BOMWorks (XREF), vilket är ett verktyg för utveckling av BOM:ar. Tre BOM:ar skapades som representerar CommandUnit, MedicalUnit samt PatrolUnit.

Givet en viss typ av aktivitet, eller händelse, kan en mängd olika detaljer utgöra grund för en modellering enligt BOM-specifikationen. Vissa aspekter kan viktas upp eller ner, dvs. ges mer eller mindre betydelse, beroende på det syfte modellen skapas för. I samband med skapandet av ovanstående BOM:ar låg fokus på aktiviteten "Recovery", vilket medförde att flera andra aspekter abstraherades bort. Med andra ord, syftet var inte att skapa en fullständig beskrivning av samtliga "förmågor" en CommandUnit har, utan i detta specifika fall fokusera på dess egenskaper i samband med aktiviteten "Recovery". I Figur 4-4 visas en delmängd av den XML-kod som beskriver CommandUnit.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!--Created by BOMworks version 1.3--><BOM
xmlns="http://www.sisostds.org/schemas/bom"
xmlns:omt="http://www.sisostds.org/schemas/IEEE1516.2-2006"
xmlns:modelID="http://www.sisostds.org/schemas/modelID"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:bw="http://www.simventions.com/schemas/bomworks"
xsi:schemaLocation="http://www.sisostds.org/schemas/bom BOM_v2006_FINAL.xsd
http://www.simventions.com/schemas/bomworks bomworks.xsd">
<modelIdentification>
  <modelID:name>CommandUnit</modelID:name>
  <modelID:type>BOM</modelID:type>
  <modelID:version>0.1</modelID:version>
.....
<conceptualModelDefinition>
<patternInterplay>
<name>CommandPOI</name>
<action idtag="id8">
<sequence>1</sequence>
<name>EmergencyHumanCallAction</name>
<event>EmergencyHumanCallEvent</event>
<sender>PatrolUnit</sender>
<receiver>CommandUnit</receiver>
</action>
```

Figur 4-4: Delmängd av den XML-kod som beskriver CommandUnit.

Detta mycket aktuella och verklighetsbaserade scenario, samt de DCMF-relaterade produkter som har genererats ur detta scenario, har legat till grund för årets prototyputveckling. Scenariots främsta syfte i detta sammanhang har varit att illustrera funktionaliteten hos prototypen, vars tekniska realisering, i enlighet med de designaspekter som beskrivs i kapitel 3, redovisas i nästa kapitel.

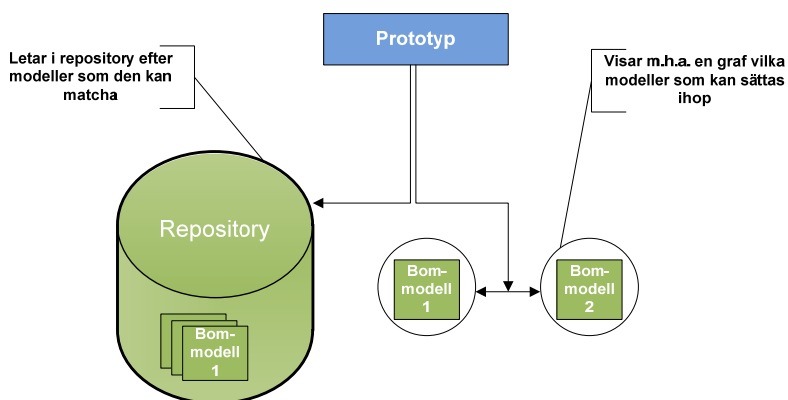
5 Prototyputveckling

Afghanistansscenariot från föregående kapitel gav en grund för utveckling av DCMF-produkter till prototypen. Huvudsyftet med prototypen är att undersöka om BOM-modeller, som representerar mindre kunskapsmängder fångade ur scenariot (kunskapskomponenter), kan matchas inför en sammansättning, samt hur detta kan ske och visualiseras.

Med hjälp av prototypen kan en användare/operatör snabbare se vilka modeller som passar ihop, jämfört med om personen hade gjort arbetet för hand. Observera att en matchning mellan två modeller betyder att modellerna kan kombineras till en större modell på ett entydigt sätt. Kombinationen av modeller medför att användaren får en större, samt mer komplicerad modell, som beskriver ett beteende på ett djupare plan.

5.1 Prototypbeskrivning

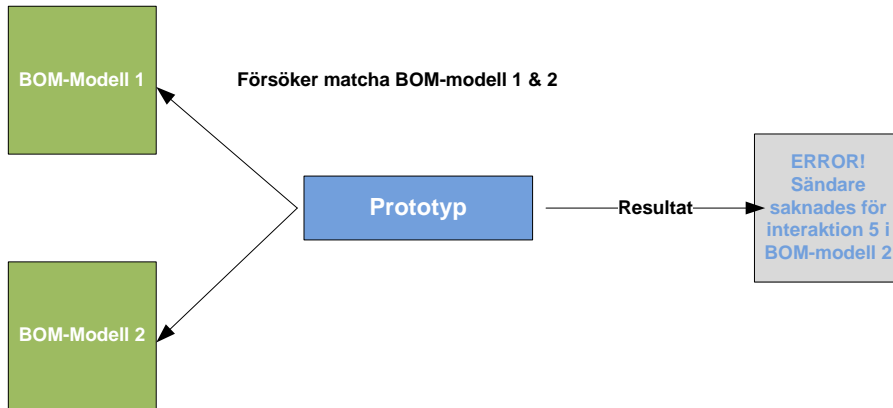
Prototypen har som uppgift att givet ett "repository", söka igenom de BOM:ar som potentiellt kan sättas samman. Det som sker är att prototypen går igenom varje modell och försöker avgöra om modellen kan kopplas samman med övriga modeller. Sammansättningen (matchningen) görs med hjälp av en komponeringsalgoritm där även kontroll av att vissa externa regler för modellerna uppfylls. Om prototypen lyckas hitta matchningar mellan olika modeller redovisas resultatet för användaren. Figur 5-1 visar hur en lyckad matchning kan se ut.



Figur 5-1: Exempel på en lyckad matchning.

När en matchning misslyckas kan det bero på flera olika faktorer (vi kommer att beskriva detta senare). På ett konceptuellt plan beror en misslyckad matchning på

att viktig information saknas i någon modell. Det kan t.ex. handla om en interaktion som inte har en mottagare (eller sändare), om hela modeller som saknas, eller att en regel inte uppfylls. Se 5-2 för ett exempel på en misslyckad matchning.

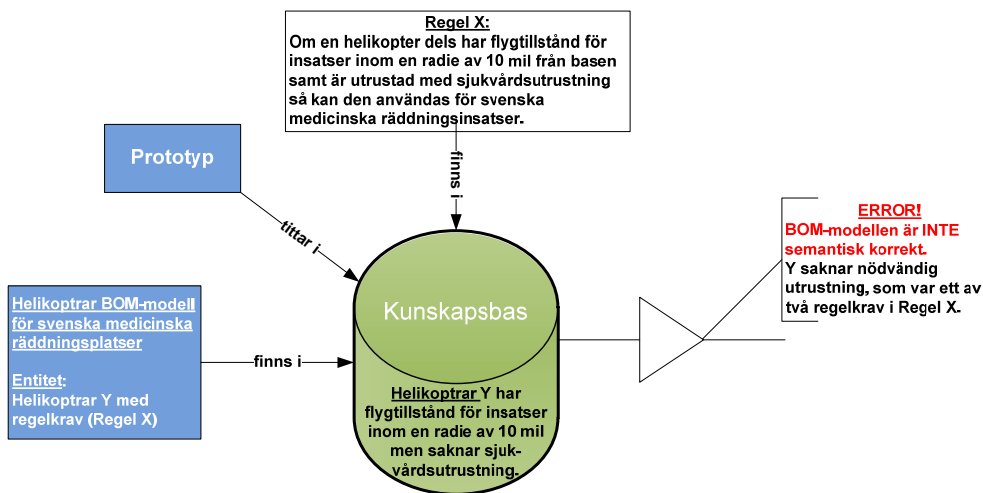


Figur 5-2: Exempel på en misslyckad matchning.

Regelkontrollen är lite speciell, se Figur 5-3 för ett enkelt exempel. I Figur 5-3 säger regel X att det finns två krav för helikoptrar som ska användas för svenska medicinska räddningsinsatser; helikoptrarna måste dels ha flygtillstånd för insatser inom en radie av 10 mil från basen, samt vara utrustad med sjukvårdsutrustning. Om vi studerar Helikopter Y (från BOM-modellen) i Figur 3 så ser vi att den också finns beskriven i kunskapsbasen, men där ser vi att den klarar av första kravet men inte det andra, vilket skapar en konflikt. Prototypen kommer därför att upptäcka detta samt meddela användaren att en s.k.

“semantisk matchning” inte är möjlig pga. regelbrott. För test av prototypen använde vi oss av tre regler (en för varje BOM). Exempel på en sådan regel är:

“En speciell medicinsk enhet kan samtidigt som max ta hand om tre skadade, varav max en med behov av akut intensivvård”.



Figur 5-3: Exempel på en misslyckad regelkontroll.

Matchningen, som tidigare nämnts, görs av komponeringsalgoritmen [15] och består av tre olika delar. Den första delen tar hänsyn till att BOM:arnas syntax är korrekt matchande, dvs. om ett element i en BOM skickar ett meddelande så ska även en mottagare finnas som tar emot just den typen av meddelande. I den andra delen simuleras sändning samt mottagning av meddelanden i syfte att kunna upptäcka eventuella “deadlocks” eller andra typer av problem som enbart uppstår vid exekvering. I den sista delen sker en “semantisk validering”, dvs. för varje element i en BOM som har en motsvarande semantisk “individ” i en ontologi, så kontrolleras om vissa regler uppfylls. När samtliga delar blir godkända så betraktas BOM-kombinationen som komponeringsbar.

5.1.1 Arkitektur

Arkitekturen för prototypen består av tre moduler:

- Matchningsmodul
- Grafmodul
- Semantisk modul

Matchningsmodulen realiserar själva komponeringsalgoritmen. I samband med matchningen identifieras potentiella BOM:ar som eventuellt kan sättas samman (detta är dock inte verifierat ännu). Matchningsmodulen utför i praktiken fyra viktiga steg:

1. Parsing
2. Statisk matchning

3. Transformerering

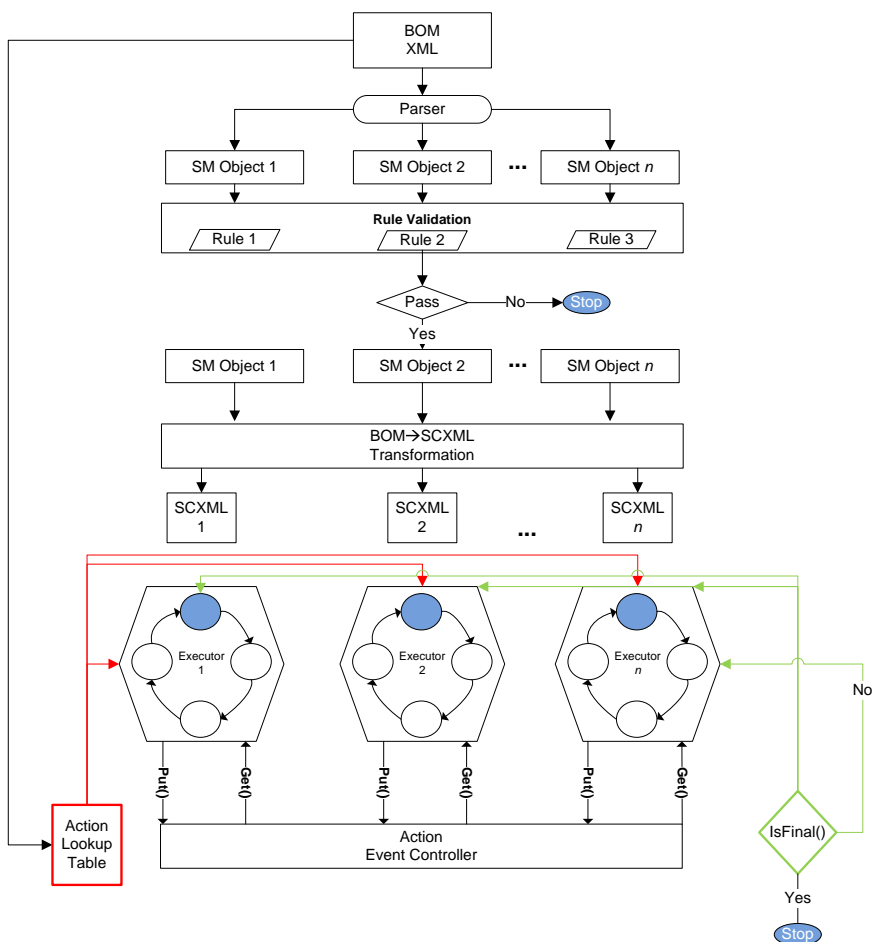
4. Dynamisk matchning

- I steg 1 läses BOM:arna in av programmet genom att motsvarande datorobjekt genereras i datorminnet.
- Steg 2 utför en s.k. "statisk matchning". Här kontrolleras att tre regler är uppfyllda. Den första regeln anger att det för varje tillstånd i tillståndsmaskinerna (som lästs in i steg 1) ska finnas ett exitkriterium, dvs. ett kriterium som säkerställer att man inte kan låsas fast i ett enskilt tillstånd. Den andra regeln anger att för varje sändare av ett meddelande (action) ska det även finnas en mottagare. Den sista regeln anger att det ska finnas minst ett sluttillstånd bland tillståndsmaskinerna, detta för att undvika oändliga loopar. När alla regler är uppfyllda så är den statiska matchningen klar och programmet kan gå vidare till nästa steg.
- Steg 3 utför en transformation, dvs. BOM-informationen (tillstånden samt meddelandena) transformeras till SCXML², ett speciellt XML³-baserat format, för att kunna exekveras.
- Steg 4 utför den dynamiska matchningen. Här exekveras modellerna parallellt i separata trådar i datorminnet för att kunna testa hur den dynamiska interaktionen sker mellan ingående modeller. Interaktionen sker i form av meddelanden som skickas fram och tillbaka mellan modellerna. Här identifieras potentiella deadlocks och slutligen om tillståndsmaskinerna matchar varandra, dvs. om de genom interaktion når sina sluttillstånd.

Ovan beskrivna steg illustreras i Figur 5-4:

² State Chart XML: <http://en.wikipedia.org/wiki/SCXML>

³ Extensible Markup Language: <http://en.wikipedia.org/wiki/XML>



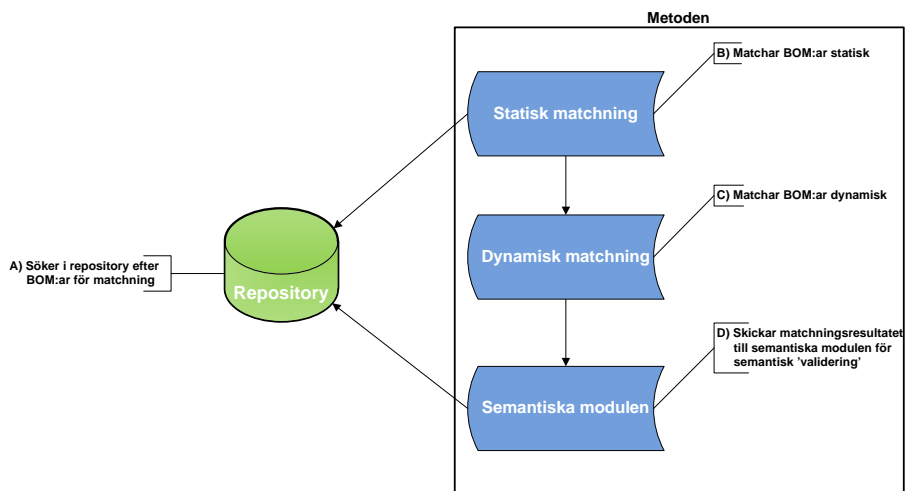
Figur 5-4: Matchningsprocessen.

I Figur 5-4 finns några komponenter som kräver närmare förklaring: SM står för “State Machine”, vilket är tillståndsmaskinen för en BOM. “Action Lookup Table” innehåller en tabell över de aktioner som är aktuella. Den används även av programmet för att kontrollera vilka aktioner är tillgängliga. Varje “Executor”, vilket motsvarar en exekverbar BOM, interagerar med andra “Executors” genom “Events” som förekommer i “Action Event Controller”. Genom att man stegar fram olika Events så kan man upptäcka om dessa kommer i rätt sekvens och på så sätt kan man kontrollera att deadlock inte uppstår.

Grafmodulen tar emot den matchning som gjordes mellan BOM:arna, dvs. input till grafmodulen blir den data som anger vilka BOM:ar som är relaterade till varandra (skickar och tar emot meddelanden sinsemellan). Grafmodulen konstruerar sedan en graf som används för visualisering.

Den semantiska modulen är den komponent som i slutändan tar emot de BOM:ar som måste "valideras" semantiskt, observera dock att den statiska och dynamiska matchningen måste ha blivit godkända innan detta steg kan ske. En "entitet" i BOM-modellen motsvarar en "individ" i en ontologimodell. En entitet kan peka ut sin motsvarande individ i en ontologi m.h.a. en URI. URI:n innehåller även information om vilken mängd som en individ ska hamna i för att den ska räknas som "valid". Denna information anges i URI:n (i modellen), istället för att hårdkoda in informationen i prototypen. På det här sättet förstår datorn hur den ska hitta validerade individer samt matcha dem med respektive entitet.

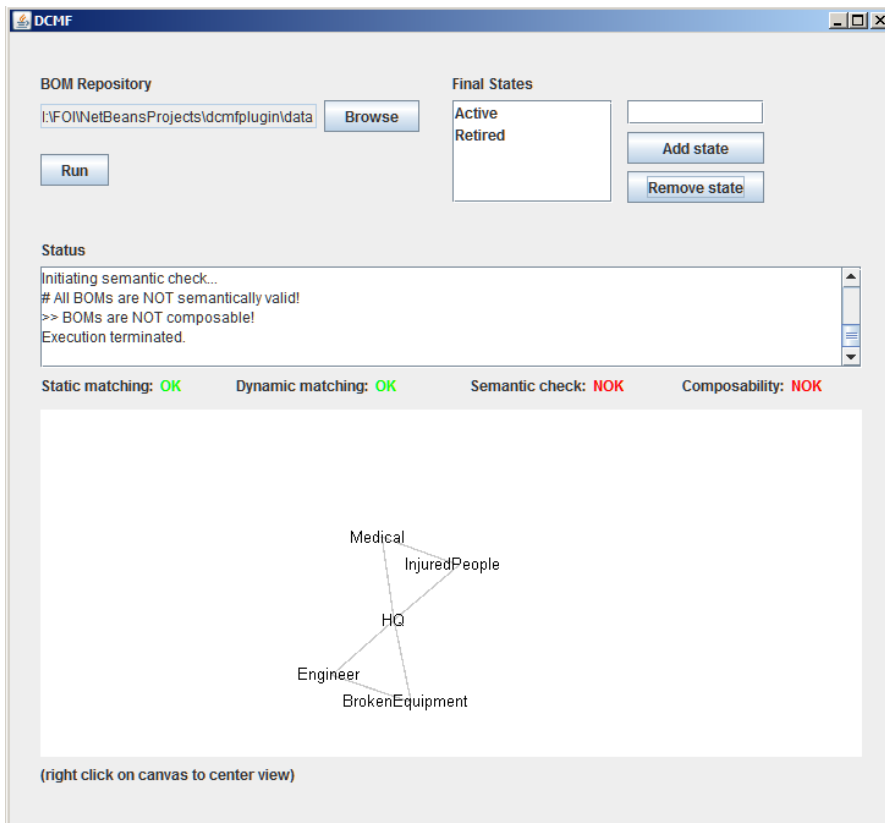
Sambandet mellan modulerna illustreras i Figur 5-5:



Figur 5-5: DCMF prototyp.

5.2 Test av prototypen

Tre BOM:ar skapades för Afghanistansscenariot (vi nöjde oss med tre i testsyfte). BOM:arna motsvarade den medicinska enheten, patrullen och ledningsstaben. Dessa placerades i ett repository där bland annat andra liknande modeller fanns lagrade, dvs. liknande insatsenheter med andra förutsättningar. Prototypen som testet utfördes med visas i Figur 5-6.

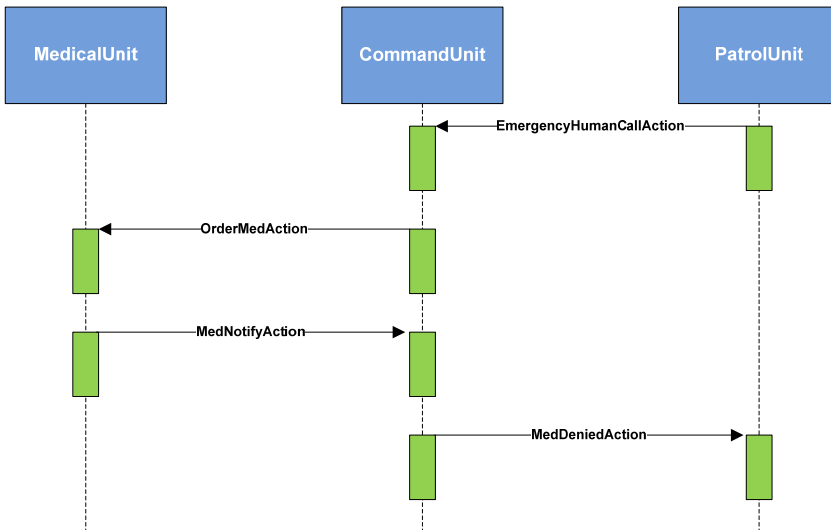


Figur 5-6: Användargränssnittet.

Prototypen kunde efter exekvering sätta ihop modellerna. I praktiken skedde detta genom att följande interaktioner skickades i rätt sekvens och till rätt modell:

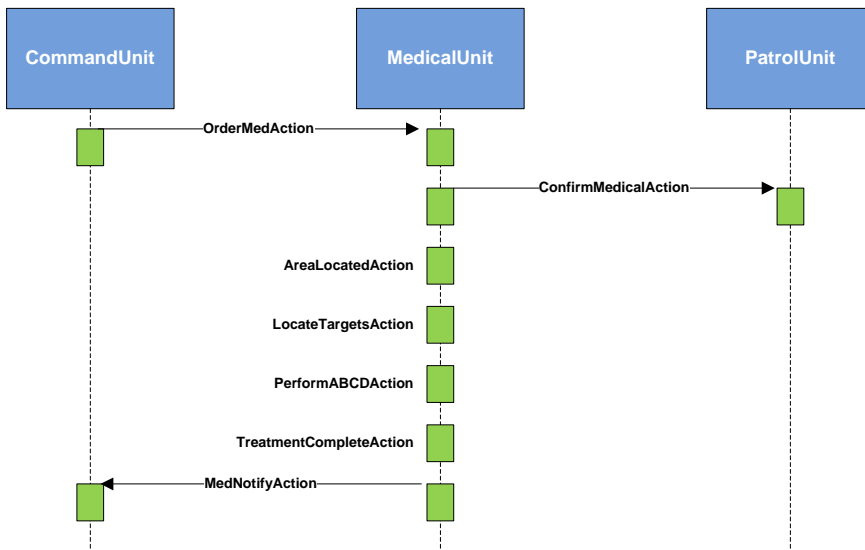
1. PatrolUnit skickar EmergencyHumanCallAction till CommandUnit
2. CommandUnit skickar OrderMedAction till MedicalUnit eller MedDeniedAction till PatrolUnit (om ansökan avslås)
3. Om OrderMedAction sker så skickar MedicalUnit. ConfirmMedicalAction tillbaka till PatrolUnit
4. När det medicinska arbetet är slutfört skickar MedicalUnit. MedNotifyAction tillbaka till CommandUnit

De olika interaktionerna kan ses i Figur 5-7, Figur 5-8, och Figur 5-9.



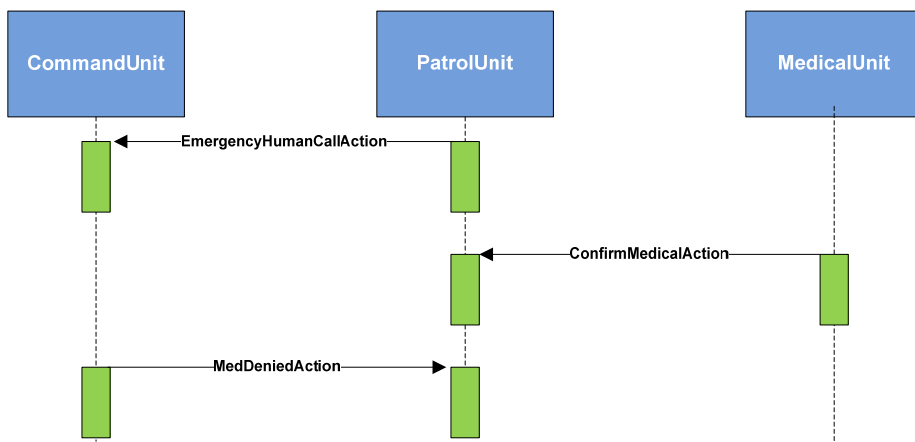
Figur 5-7: CommandUnit sekvensdiagram.

En patrullenhet råkar ut för en olycka (t.ex. olyckan från Afghanistansscenarioet) och kan då skicka interaktionen `EmergencyHumanCallAction` (hjälpbegäran) till en ledningsstab. Dessa gör en snabbanalys av situationen och skickar antingen interaktionen `MedDeniedAction` (avslag) till patrullenheten, eller beordrar utryckning av en medicinsk enhet (`OrderMedAction`).



Figur 5-8: MedicalUnit sekvensdiagram.

När den medicinska enheten tar emot ordern från ledningsstaben så skickar den en interaktion till patrullenheten om att "hjälpen är påväg" (`ConfirmMedicalAction`). När sedan den medicinska enheten kommer till platsen så kollar den (med interaktionen `LocateTargetsAction`) efter de personer som den måste hjälpa i första hands. Därefter utförs själva hjälpen med interaktionen `PerformABCDAction` och slutligen när behandlingen är klar så meddelar man ledningsstaben med interaktionen `MedNotifyAction`.



Figur 5-9: PatrolUnit sekvensdiagram.

Figur 5-9 visar interaktionerna från patrullenhetens synvinkel. BOM:arna i sin grund kunde matchas, men vi valde även att studera hur de inte kunde matchas.

Det viktigt att komma ihåg att interaktionerna i modellerna måste ske i rätt sekvens, annars uppstår synkroniseringsproblem i form av deadlocks under den dynamiska matchningen. T.ex. kan en `ConfirmMedicalAction` inte skickas ut om det tidigare inte hade skickats en `EmergencyHumanCallAction`. Just i vårt fall testade vi att ändra ordningen på hur signalerna skickades vilket resulterade i att ingen BOM kunde matchas. Bortsett från den dynamiska matchningen testade vi också den statiska matchningen genom att ta bort vissa sändare och mottagare från olika interaktioner. Detta resulterade givetvis till att BOM:arna inte kunde matchas heller.

Det slutliga steget i matchningsprocessen var den semantiska matchningen. Här hade vi skapat tre olika regler för resp. BOM. Vi såg att när vi ändrade på ontologidatan så kunde man få utfallet att BOM:arna inte matchades. T.ex. såg vi att när vi ändrade väderförhållandet för när en individuell medicinsk enhet kunde rycka ut så gick inte vår grundregel ("En speciell medicinsk enhet kan endast vara verksam under eftermiddagen samt under goda väderförhållanden") igenom.

5.3 Resultat

Resultatet var att vi fick en matchning mellan de tre modellerna (`MedicalUnit`, `PatrolUnit` och `CommandUnit`), dvs. de var komponeringsbara. Vi såg också att genom att ändra förutsättningen för BOM:arna samt olika individer i ontologin så påverkade detta hur pass komponeringsbara modellerna var, dvs. i vissa fall kunde modeller som tidigare varit komponeringsbara bli icke-komponeringsbara.

6 NATO-samarbetet

6.1 NATO MSG-058 / RTG-038 “Conceptual Modelling for M&S”

Under sina tre år har DCMF-projektet, som en av sina huvuduppgifter, haft ett samarbete med NATO genom att aktivt delta i den av NATO skapade forskargruppen MSG-058 “Conceptual Modelling for M&S”. Arbetsgruppen var av typen RTG⁴ och koordinerades av NMSG⁵ under NATO – RTO⁶:s paraply. Arbetet initierades hösten 2006 och arbetsgruppen startade officiellt våren 2007 sitt arbete med att studera kunskapsområdet konceptuell modellering, med fokus på militär modellering och simulering. Arbetet inom gruppen avslutades sommaren 2010.

Gruppen, förutom FOI från Sverige som en Pfp⁷-medlem, bestod av representanter från sju NATO-nationer; Kanada – DRDC, Nederländerna – TNO, Norge – FFI, Rumänien – Romania Ministry of Defense, Turkiet – Middle East Technical University, Spanien – ISDEFE samt USA som ledde gruppen med två representanter, en från US AMRDEC och en från AEGIS Technologies. Säkerhetsnivån hölls till “NATO unclassified” bl.a. för att Sverige som Pfp-medlem utan några problem skulle kunna ta del av resultatet.

Huvuduppdraget för NMSG-058 var att hitta en användbar definition av konceptet “konceptuell modellering för militär M&S”, samt rekommendera en process för framtagande av sådana konceptuella modeller. Resultatet skulle sedan paketeras som en uppsättning vägledande dokument (Guidelines) och levereras till SISO⁸ som underlag för senare standardiseringsarbete. Viktigt att påpeka är att syftet med dessa Guidelines var att försöka harmonisera de olika möjliga sätten att göra konceptuell modellering på, till ett mer förutsägbart, för att i framtiden kunna användas som ett rekommenderat och enhetligt sätt att genomföra konceptuell modellering. Gruppens mål var alltså varken att påstå att det finns, eller att föreslå, ett enda sätt att utföra konceptuell modellering enligt.

Officiellt formulerades följande mål för arbetsgruppen:

- Kartlägga konceptet “konceptuell modellering”, diskutera terminologin, betona nyttan och användbarheten av formaliserade konceptuella modeller -

⁴ Research and Technology Group

⁵ NATO Modelling and Simulation Group

⁶ Research and Technology Organisation

⁷ Partnership for Peace

⁸ Simulation Interoperability Standards Organisation

KM, samt beskriva relationen mellan konceptuell modellering och relaterade koncept,

- Undersöka olika metodologier, simulerings- och mjukvaruutvecklingsprocesser, samt andra initiativ och metoder, användbara för upprättande av KM,
- Ta fram ett utkast till ett vägledande dokument om konceptuell modellering som kan användas av olika presumtiva användare (Sponsorer, projektledare, militära experter, V&V-agenter, utvecklare, användare, etc.),
- Befrämja etablerandet av detta vägledande dokument som en SISO-standard.

6.2 Arbetssätt och genomförandeplan

När det gäller artefakten och processen för konceptuell modellering så är det viktigt att återigen nämna att gruppens arbete inte handlade om att föreslå ett sätt som det enda rätta. Det handlade snarare om att nå en konsensus inom gruppen avseende processen och föreslå den som en rekommendation eller "best practice" inom området. Därmed har arbetsgången inom gruppen varit att inför varje ämne (t.ex. process) identifiera medlemslänternas respektive arbetssätt, försöka diskutera var och en av dessa, kombinera de bästa delarna, samt nå en konsensus kring slutförslaget.

Nyckelord för att framgångsrikt kunna producera resultat i en sådan internationell arbetsgrupp är att nå samförstånd och kompromissa. Möten med hela gruppen skedde tre till fyra gånger om året för att nå samförstånd, dra upp riktlinjer och fördela arbetet. Självständigt arbete och arbete i mindre grupper kunde genomföras när viktiga ämnesområden hade identifierats, överenskommit och bestämts i den stora gruppen. Styrning och avstämning av arbetet gjordes sedan dels under de gemensamma mötena och dels via telekonferenser.

Arbetsgruppen har haft tillgång till ett flexibelt och effektivt verktyg, installerat hos AEGIS i USA, i form av en "Collaborative Workspace". Allt relevant material, såsom arbetspapper, producerade dokument, presenterat material, kalendarium, uppställda uppgifter och aktiviteter, samt uppföljning och resultat, lades upp på denna kollaborativa arbetsplats med möjlighet att följa upp och ladda ner.

6.3 Uppnått resultat

Ett tidigt analysarbete identifierade över trettio områden som viktiga för NMSG-058 att studera. Efter genomförd förstudie och vidare analysarbete prioriterades fem av de identifierade områden som i särklass viktigast att fokusera arbetet på:

1. Stakeholder analysis and context

2. Scope and definition
3. Relationship to standards
4. Specification of conceptual model management process
5. Specification of conceptual model artefact

Av ovanstående prioriteringslista framgår tydligt att huvuduppgiften för gruppen var att slutligen leverera de två sista punkterna, vilka handlar om att specificera såväl artefakten, en konceptuell modell, som den process med vars hjälp artefakten produceras. Samtidigt var det uppenbart att detta inte var möjligt innan punkterna 1 till 3 hade kartlagts. Dessa tre punkter skapar tillsammans en karta över vad en konceptuell modell för militär M&S är, vilka som behöver den och för vilka tillämpningar, samt vilka standarder som påverkar den eller kan bli påverkade av den.

Ett urval av genomförda uppgifter och producerade delresultat beträffande ovanstående prioriteringslista, där Sverige har haft en betydande roll, följer nedan:

- Sverige har varit ansvarig för större delen av definitionsarbetet (punkt 2). Bland annat har Sverige bidragit med ett 30-sidigt dokument innehållande grundläggande definitioner inom området konceptuell modellering.
- Ett antal standarder och produkter identifierades och utreddes för att bedöma deras användbarhet och relevans för NMSG-058-arbetet (punkt 3). Exempel på sådana är BOM, TopicMaps, KM3, DCMF, JC3IEDM, etc.
- Arbetet kring "Stakeholder Analysis" har i stort sett genomförts som ett bilateralt samarbete mellan Norge och Sverige (punkt 1).
- Den av NMSG-058 föreslagna processen följer, gällande de viktigaste aspekterna, den process som DCMF-konceptet har arbetat fram och förfinat under de senaste 5-6 åren (punkt 4).
- När det gäller artefakten (den konceptuella modellen), har Sverige bidragit i stor utsträckning genom KM3⁹, BOM++¹⁰, samt det förslag på mall för en generell konceptuell modell som är dokumenterat i FOI-rapport [3] från 2008.
- Genom att gå igenom alla för oss (DCMF-projektet) kända mallar/metoder för konceptuell modell/konceptuell modellering, identifierades en uppsättning element som kunde fånga det semantiska innehåll som var nödvändigt och tillräckligt för en konceptuell modell. För att hitta en gemensam nämnare bland alla dessa mallar/metoder gjordes sedan en förteckning över deras

⁹ Knowledge Meta Meta Model

¹⁰ BOM++, En vidare utveckling av BOM (Base Object Model)

viktiga egenskaper, viktigaste informationselement, parametrar, etc. (punkt 4 och 5).

6.4 Fortsatt arbete och resultatöverföring

NMSG-058 avslutade officiellt sitt arbete vid halvårsskiftet 2010, men den slutrapport som ska utgöra arbetets viktigaste resultat har ännu (i skrivande stund) inte levererats. Ett utkast av rapporten har dock färdigställts under våren 2010 och överlämnats till SISO som underlag för standardisering. NMSG-058 anser att slutrapporten redan vid leverans kan användas av olika presumtiva användare (sponsorer, projektledare, militära experter, V&V-agenter och utvecklare, etc.) som ett vägledande dokument. Därför är uppfattningen hos NMSG-058 att gruppen har genomfört nödvändigt grundarbete och skapat underlag i en omfattning som är lämpligt givet aktuellt sammanhang (forskargrupp inom NATO). Vidare bedöms att det levererade underlaget lämpar sig för fortsatt standardiseringsarbete inom SISO och IEEE.

Mot ovanstående bakgrund hade NATO-gruppen under vår-SIW¹¹ 2010 ett officiellt möte (Hand Over Meeting) med SISO, under vilket ett utkast av underlaget lämnades över. Planen var det att SISO skulle analysera arbetet och bedöma om underlaget var tillräckligt för att kunna skapa en så kallad PDG (Product Development Group). PDG:ens uppgift är att utifrån vårt underlag arbeta fram ett ännu mer detaljerat och genomarbetat underlag för en eventuell SISO- eller IEEE-standard. Tydligt har SISO under höst-SIW:en, september 2010 beslutat att skapa den aktuella PDG:en (vi har ännu inte fått en officiell bekräftelse). Det är sannolikt att Sverige får en inbjudan att delta i PDG:en då Sverige har haft en central roll i framtagande av dokumentationen.

NMSG-058 tycker att uppnått resultat skall överföras till det internationella M&S-samfundet även under andra former än enbart formell rapportering. Såväl "Lecture Series" enligt NATOs praxis som andra seminarieformer, som till exempel en serie av presentationer på SIW eller motsvarande konferenser, kan därför bli aktuella. Gruppens mål, arbetets upplägg, aktuella status vid olika tillfällen, samt delar av uppnådda resultat har dock successivt presenterats och diskuterats i flera forum och under olika former, bl.a. genom flertalet föredragningar på olika SIW:ar mellan 2007-2010, i form av poster på IITSEC'07, i form av panelpresentation på SpringSim'08, i form av papper på Fall SIW'08, etc.

¹¹ Simulation Interoperability Workshop

6.5 Nytt

Det största nyttan deltagandet i det internationella samarbetet har haft för forskningen på FOI, är att det har gett oss en utomordentlig möjlighet att få internationell feedback på vår fleråriga forskning inom området, samt även få hjälp och förslag på hur vi kan föra den teori vi har tagit fram närmare en praktisk användning och produktifiering.

Den största nyttan för FM har dock varit att Sverige, i stor utsträckning, har kunnat påverka och till en viss del styra arbetet och dess resultat. NMSG-058 representerar ett internationellt samarbete med en långsiktig nytta för Försvarmakten och i och med att gruppens främsta mål är att bereda en internationell standard för "Konceptuell modellering för M&S inom den militära domänen", så har FM haft en ovärderlig möjlighet att påverka den kommande internationella standarden.

7 Avslutning

7.1 Koppling till MBFU

Förmågeutveckling inom Försvarsmakten har sedan länge bedrivits utifrån ett dokumentbaserat angreppssätt, där dokument som TOEM¹² och TTEM¹³ är centrala produkter. För att hantera den komplexitet, vad gäller kravställning av förband och materiel, som Försvarsmakten som organisation betraktat uppvisar, anses det dokumentbaserade angreppssättet inte vara tillräckligt. Detta gäller exempelvis krav på spårbarhet i förmågeutvecklingens samtliga faser, där krav på förmågor (på högsta nivå) har en koppling till krav på organisationsdelar, materielsystem etc. (på lägre nivå). Vidare är det önskvärt att kunna se på Försvarsmakten ur förmågesperspektiv och inte ur den strikt organisatoriska indelningen (förbandsstrukturen) som gör sig gällande idag. Vid internationella insatser är det vanligtvis så att delar av förband kombineras till en styrka som uppfyller de krav som ställs. Givet detta är det viktigt att ha en förbandsutvecklingsprocess som tillåter en flexibel sammansättning av förbandskomponenter.

För att tackla begränsningarna med det dokumentbaserade angreppssättet planerar Försvarsmakten för införande av modellbaserad förmågeutveckling. I modellbaserad förmågeutveckling ges modeller en central och styrande roll. Istället för att uttrycka kunskap i form av "skriven text", uttrycks densamma i form av modeller. Som grund för hur dessa modeller ska tas fram har Försvarsmakten beslutat sig för att använda MODAF¹⁴ som beskrivningsramverk. Dvs. MODAF anger hur de modeller som tas fram under ett målsättningsarbete ska struktureras, samt vilka vyer som kan tillämpas i syfte att "se" på kunskapsmängden.

För att ta välgrundade beslut krävs naturligtvis att den kunskap som representeras av en modell är korrekt. DCMF är en process som syftar till att skapa kvalitativa modeller avseende militär verksamhet. Givet detta fanns ett uttalat intresse från flera håll, bl.a. från vår uppdragsgivare, att se vad DCMF kunde bidra med i sammanhanget. Två huvudsakliga områden identifierades där DCMF ansågs kunna bidra till MBFU:

1. Kunskapsanskaffning – Processen att ta fram kunskapsunderlag som är konsistent, användbart och relevant är tidskrävande och en viktig del av ett modelleringsarbete. Fel i kunskapsmängden leder direkt till fel vid användningen av modellen. Den kunskap om verkligheten som modelleras

¹² TOEM – Taktisk, Organisatorisk, Ekonomisk Målsättning

¹³ TTEM – Taktisk, Teknisk, Ekonomisk Målsättning

¹⁴ MODAF – Ministry of Defence Architecture Framework

och det syfte för vilket kunskap inhämtas, sätter också gränser för vad modellen kan användas till och vilka förenklingar som är rimliga att göra vid modelleringstillfället. Det är därmed viktigt att sådana val görs metodiskt, då konsekvensen av varje val som förs in i systemet (i tidiga faser) kommer att ligga kvar som grund för framtida avgöranden. En åtgärd är att inte tillåta vem (eller vilken litteratur) som helst uttala sig om en frågeställning, även om vederbörande uppfattar sig själv som expert inom området. Identifiering av auktoritativa kunskapskällor, certifiering av dessa kunskapskällor, fokusering på rätt kontext, inhämtning av kunskap, etc. är därmed viktiga aktiviteter i en metod för kunskapsanskaffning. En väl genomförd kunskapsanskaffning ökar chansen att felaktigheter och missförstånd upptäcks tidigt. En formell metod minimerar risken (och i optimala fall hindrar) att sådana fel införs redan i konceptbeskrivningsskedet. Därmed är MBFU, som alla andra modellbaserade utvecklingsarbeten, i allra högsta grad beroende av korrekt och pålitlig (auktoriserad) kunskap som inhämtas m.h.a. en solid kunskapsanskaffningsmetod. I detta sammanhang finns således en hel del att hämta från DCMF.

2. Terminologi – I syfte att skapa arkitekturer för avgränsade delar av Försvarsmaktens verksamhet, som tillsammans bidrar till en övergripande förståelse för förmågor och hur dessa hänger samman, behövs en gemensam terminologi som är accepterad av samtliga berörda parter. En terminologi är dock dynamisk till sin karaktär och måste förändras i takt med sin omvärld för att vara användbar, dvs. rutiner och processer för hantering av terminologin över tiden behövs också. En gemensam terminologi krävs för att en sammanhållen syn på Försvarsmaktens förmågor ska kunna realiseras utifrån etablerade arkitekturer. Genom att "standardisera" terminologin som tillämpas för att beskriva verksamheter underlättas förståelsen för de arkitekturella artefakter som produceras i olika sammanhang. Genom en väl genomtänkt process för hur terminologin ska hanteras, för att reflektera förändringar i omvärlden, säkras acceptans för tolkningen av olika termer, samt att bakåtkompabilitet med redan etablerade arkitekturer vidmakthålls. I ovan beskrivna kontext är det av intresse att analysera hur DCMF kan bidra till att föra in den semantiska aspekten avseende den vokabulär/terminologi som används vid beskrivning av en arkitektur (MODAF Ontology). Exempelvis hur DCMF kan bidra till utveckling av en ontologi som är tillämpbar vid arkitekturutveckling.

Från och med 2011 kommer ett nytt FoT-projekt (inom FoT – Modellering & Simulering) att pågå vars huvudsakliga frågeställning berör hur metoder och tekniker från M&S-området kan stödja modellbaserad förmågeutveckling. Projektet har ännu inte planerats i detalj, men två huvudsakliga inriktningar går att urskönja. För det första avser projektet att se hur kunskapsanskaffning och modelleringsverksamhet kan stödjas med metod och teknik i syfte att underlätta framtagning av arkitekturer, samt för att generera kvalitativa modeller. Vidare

kommer projektet att se närmare på hur tillämpning av simulering kan stödja modellbaserad förmågeutveckling. Däribland hur simulering kan användas för att validera modeller, eller stödja beslutsfattande i förmågeutvecklingsarbetet. Ett ingångsvärde i sammanhanget är således DCMF.

7.2 Generell nytta inom FM

FM har tagit fram övergripande strategi och handlingsplan för M&S-området. Dessa dokument redovisar försvarsmaktens syn på behovet av M&S inom olika verksamhetsdelar. En del som särskilt pekas ut i sammanhanget, som fundament för ett effektivt och rationellt bruk av M&S, är försvarsmaktens M&S-infrastruktur.

För att bedriva kostnadseffektiv utveckling av simuleringsmodeller bör konceptuell modellering ses som en grundbult i detta sammanhang. Genom att införa en gemensam infrastruktur och metodik för konceptuell modellering erhålls förmåga till återbruk av kunskap och andra närbesläktade tjänster, såsom VV&A, kan lättare understödjas. Mer specifikt kan följande uppnås:

- Kostnadseffektiv utvecklingsprocess – inhämtning av verksamhetsspecifik kunskap som utgör underlag för modellering och senare utveckling av en simuleringsmodell, är en kostsam process. Genom att standardisera metod för insamling, representationssätt för kunskap, samt genom en gemensam infrastruktur för lagring, kan återbruk realiseras i större skala, dvs. samma kunskapsmängd kan användas i flera utvecklingssammanhang.
- Kvalitetssäkrad kunskap – DCMF-metoden utgår från att auktoriserade källor nyttjas för att inhämta kunskap, dvs. vem som helst med åsikter kring en fråga/verksamhet kan ej användas. Vidare bygger metoden på strikt formalisering av kunskap i form av modeller. Sammantaget ger detta en viss, förhoppningsvis tillräcklig, nivå av kvalitet på den kunskap som lagras och som potentiellt kan återbrukas. Viktigt i sammanhanget är också att spårbarhet, från konceptuell modell till ursprunglig kunskapskälla, kan bibehållas.
- Stöd i tidiga faser - genom att använda konceptuell modellering i tidiga faser av utvecklingscykeln (exempelvis då en simuleringsmodell tas fram) skapas en gemensam förståelse/bild av det problem som ska adresseras som kan kommuniceras till samtliga intressenter till ett projekt. Den konceptuella modellen är även avgörande för att den kravspecifikation som tas fram för systemet speglar frågeställningen som ska studeras. Här är även spårbarheten av betydelse för att vidmakthålla kopplingen från krav till kunskapskälla.

7.3 Diskussion och framtidsvision

Detta är sista året för FoT-projektet DCMF och rapporten i handen är en slutrapport för den verksamhet som har pågått inom området konceptuell modellering på FOI i ett antal år. Därför anses lämpligt att i detta avslutande avsnitt föra en diskussion kring ämnet samt ge ett antal rekommendationer och framtidsvisioner. Diskussionen börjar genom att rikta uppmärksamhet åt de viktigaste faktorerna som har motiverat denna verksamhet.

Den snabba konvergensen mellan informations- och kommunikationsteknologi har lett till att det blir allt svårare att anta att kommunicerad information är den samma som användbar information och ännu mindre som användbar kunskap. Kunskap definieras här som förståelse av informationen i ett aktuellt sammanhang och är en förutsättning för dess användning. Detta innebär att det krävs beskrivning och formalisering av olika sammanhang som olika aktörer kan komma överens om, använda som gemensam referens och agera efter. Ett av syftena med DCMF har varit att skapa dessa gemensamma, formella referensmodeller.

Försvaret har under lång tid haft möjlighet att skaffa skraddarsydda lösningar ämnade att lösa de särskilda problem som rör just militär verksamhet. Dessa lösningar har dessutom ofta varit mycket avancerade och dyra. De ekonomiska ramarna för försvarsverksamheten har ändrats under senaste decenniet. Det finns nya krav från försvarets uppdragsgivare att dels dra ner kostnader och dels effektivisera verksamheten. Det finns under dessa förhållanden behov av att, i så hög grad som möjligt, förstå den aktuella situation i vilket en särskild lösning är tänkt att användas och att kommunicera denna förståelse till andra berörda intressenter för att skapa en samsyn. En förutsättning för detta är att försvaret besitter kompetens för att kunna identifiera, beskriva och analysera de situationer inom vilket det verkar. En sådan källa till kompetens har skapats inom projektet DCMF.

Konceptuell modellering handlar om att identifiera, analysera och beskriva koncept och avgränsningar i en specifik domän med hjälp av ett modelleringsspråk. Man brukar också säga att en konceptuell modell skall vara ett verktyg för kommunikation mellan modellerare, systemutvecklare, domänspecialister och slutanvändare. Det främsta motivet för konceptuell modellering är att i ett tidigt skede av ett projekt fånga upp eventuella missförstånd. Med den konceptuella modellen bör man också kunna underlätta modifieringar, underhåll och återanvändning av en programvara. Detta innebär att givet att formaliserade och strukturerade konceptuella modeller existerar så sänks modellunderhållskostnaden avsevärt. Såväl versions- och varianthanteringen som valideringen och verifieringen av simuleringsmodeller skulle i så fall också underlättas påtagligt.

För att ge en mer balanserad bild av DCMF bör även den kritik som kan riktas mot konceptet tas upp i sammanhanget. DCMF är en tung process. En av flera orsaker till detta är att det mesta av arbetet då en produkt skapas genom DCMF's faser görs för hand, då ett riktigt verktygsstöd saknas. En annan orsak är det höga kravet på kvalitetssäkring. En tung process som DCMF får sitt genombrott först då större delar av den är så automatiserad att den kan genomlöpas utan alltför stora investeringar i form av tid och resurser. Detta medför att DCMF kanske inte är optimal för alla typer av modelleringsituationer. Om situationen kräver att snabbt få fram en modell utan högre krav på återanvändbarhet eller spårbarhet blir DCMF-processen, som den ser ut idag, alltför omfattande. Ledtiden för att skapa modeller kommer dock successivt att minska ju mer processen används och desto större bibliotek med färdiga kunskapskomponenter som erhålls.

Erfarenhet från tillämpning av DCMF är ej omfattande. DCMF-processen har under sin livslängd inom projektet tillämpats på ett fåtal, relativt små, fallstudier. Dessa fallstudier är långt ifrån tillräckliga för att dra några säkra slutsatser om processens tillämplighet under skilda förhållanden. För att samla erfarenhet måste processen genomlöpas ett stort antal gånger och först därefter kan säkra slutsatser dras. Vidare gäller att skapa bättre verktygsstöd för att kunna använda processen fullt ut. Processen kan betraktas som krävande i meningen att den ställer stora krav på kontinuerlig verifiering och validering av processad information. Den innehåller således ett stort antal kontrollpunkter. Förutom den successiva valideringen och verifieringen kräver varje steg i sig verktygsstöd för att genomföras. En förutsättning för att skapa ett bättre verktygsstöd är att en bättre formalisering av DCMF-processen i sig genomförs.

DCMF syftar till att skapa återanvändbara modeller. Detta kan uppfattas som ett problem i en modelleringsituation där inget krav på återanvändbarhet av modeller finns. Viss typ av kunskap blir snabbt inaktuell och DCMF:s syfte att skapa återanvändbara modeller kan bli ett felriktat kvalitetskrav i dessa fall. Konsekvensen är att generella modeller riskerar samlas på hög utan att någonsin återanvändas. Lösningen på detta problem kan vara att sträva efter att skapa mindre och väl avgränsade kunskapskomponenter som sammansätts efter behov, vilket demonstreras i denna rapport.

Modellering av militära koncept gör det möjligt att förpacka unik kunskap om såväl tekniska hotsystem som egen materiel och arbetssätt. Dessa modeller kan bland annat användas vid taktiska studier, träning och operationsanalys. Samtidigt har behov av att kunna studera händelseförlopp i riktigt stora scenarier, där många enheter är inblandade, ökat. Vidare ökar behovet inom försvaret av att snabbt och effektivt kunna prova idéer, skaffa en uppfattning om en viss situation, eller minska osäkerheten vid generering av beslutsunderlag. Detta innebär att avancerade och komplexa simuleringar blir allt viktigare. Samtidigt ägnas större delen av resurserna ofta åt att hämta in, paketera och modellera den kunskap som ska simuleras. En grundläggande förutsättning för att kunna bemöta

dessa tid- och komplexitetskrav är att det finns metoder som gör att modell-utvecklingsarbete inte nödvändigtvis behöver göras varje gång ett sådant behov uppstår. För att spara på tid och resurser kan återanvändning och eventuell anpassning av befintliga modeller istället utföras. Återanvändbarhet, i syfte att vara kostnadseffektiv och hålla hög kvalitet, har varit ett av de långsiktiga målen med DCMF.

En vision för DCMF är att konceptet kan utvecklas till en standard för framtagning av simuleringsmodeller inom det svenska försvaret. Om DCMF, i någon form, kan fortsätta att utvecklas vidare för att praktiskt kunna leverera det som teoretiskt är möjligt, finns det en mängd potentiella användare både inom försvarsmakten och i det civila.

8 Akronymer

Förkortning	Beskrivning
ACL	Access Control Lists
AMRDEC	The US Army Aviation and Missile Research, Development, and Engineering Center
BOM	Base Object Model
BOM++	A semantically enriched BOM
CM	Conceptual Model
CMMS	Conceptual Models of the Mission Space
DCMF	Defence Conceptual Modelling Framework
DL	Description Logic
DRDC	Defence Research and Development Canada
FEDEP	Federation Development and Execution Process
FFI	Norske Forsvarets forskningsinstitutt, Norwegian Defence Research Establishment
FM	Försvarsmakten
FOI	Totalförsvarets forskningsinstitut, Swedish Defence Research Agency
FoT	Forskning och teknikutveckling
HLA	High Level Architecture
ISDEFE	Systems Engineering for the Defence of Spain, S.A.
IED	Improvised Explosive Device
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IITSEC	Interservice/Industry Training, Simulation and Education Conference
ISAF	International Security Assistance Force
JC3EIDM	Joint Consultation, Command and Control Information Exchange Data Model
KA	Knowledge Acquisition
KC	Knowledge Component
KI	Knowledge Instance
KM	Knowledge Modelling
KM3	Knowledge Meta Meta Model
KR	Knowledge Representation
KU	Knowledge Use
M&S	Modelling and Simulation
MBFU	Modellbaserad förmågeutveckling
MODAF	Ministry of Defence Architecture Framework
NATO	North Atlantic Treaty Organization

NMSG	NATO Modelling and Simulation Group
OWL	Web Ontology Language
PDG	Product Development Group
PFP	Partnership for Peace
RDF	Resource Description Framework
RTG	Research and Technology Group
RTO	Research and Technology Organisation
SCXML	SCXML State Chart extensible Markup Language
SISO	Simulation Interoperability Standards Organization
SIW	SImulation Interoperability Workshop
SM	State Machine
SME	Subject Matter Expert
SPO	Subject, Predicate, Object
SWRL	Semantic Web Rule Language
TNO	Netherlands Organisation for Applied Scientific Research
TOEM	Taktisk Organisatorisk Ekonomisk Målsättning
TTEM	Taktisk Teknisk Ekonomisk Målsättning
UML	Unified Modeling Language
V&V	Verification and Validation
VV&A	Verification, Validation & Accreditation
XML	eXtensible Markup Language
URI	Uniform Resource Identifier

9 Referenser

1. V. Mojtahed, M. Garcia-Lozano, P. Svan, B. Andersson: "DCMF – Defence Conceptual Modeling Framework. Methodology Report" FOI-R--1754—SE, ISSN 1650-1942, 2005.
2. M. Garcia-Lozano, V. Mojtahed, P. Svan, B. Andersson, V. Kabilan: "Konceptuell Modellering inom det Svenska Försvart-DCMF" Swedish Defence Research Agency, FOI-R--2115—SE, ISSN 1650-1942, 2008.
3. V. Mojtahed, E. Tjörnhammar, J. Zdravkovic, A. Khan: "The Knowledge Use in DCMF, Repository, Processes and Products" FOI-R—2606—SE, ISSN 1650-1942, 2008.
4. V. Mojtahed, M. Eklöf, E. Tjörnhammar, J. Zdravkovic: "Statusrapport för DCMF-2009" FOI-R—2847—SE, ISSN 1650-1942, 2009.
5. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE): "Recommended Practice for High Level Architecture (HLA) Federation Development and Execution Process (FEDEP)" IEEE Std 1516.3-2003, 2003.
6. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO): "SISO Base Object Model (BOM) Template Specification." SISO-STD-003-2006, 31 March 2006.
7. Simulation Interoperability Standards Organization (SISO): "Guide for Base Object Model (BOM) Use and Implementation" SISO-STD-003.1-2006, 31 March 2006.
8. V. Mojtahed, B. Andersson, V. Kabilan, J. Zdravkovic: "BOM++, a semantically enriched BOM" Spring Simulation Interoperability Workshop, 2008.
9. World Wide Web Consortium (W3C): "OWL Web Ontology Language Overview" W3C recommendation 10th February 2004. Available online at <http://www.w3.org/TR/owl-features/> Last accessed 2010-11-10.
10. V. Mojtahed, E. Svee, and J. Zdravkovic: "Semantic Enhancements when Designing BOM-based Conceptual Model Repositories" EURO SIW 2010, Ottawa, Canada, 2010.
11. M. D. Petty, E. W. Weisel and R. R. Mielke: "Overview of Theory of Composability" Virginia Modeling Analysis & Simulation Center, Old Dominion University, 2004.
12. Y. Teo, C. Szabo: "CODES: An Integrated Approach to Composable Modeling and Simulation" 41st Annual Simulation Symposium, Ottawa Canada, 2008.

13. World Wide Web Consortium (W3C): "SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML" W3C Member Submission 21 May 2004. Available online at <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>. Last accessed 2010-11-10.
14. Protégé Ontology Editor. Open source tool hosted by Stanford University. Available online at <http://protege.stanford.edu/>, Last accessed on 2010-11-10.
15. I. Mahmood, R. Ayani, V. Vlassov, F. Moradi: "Statemachine Matching in BOM based model Composition" 13th IEEE/ACM International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications, 2009.