

Sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet december 2002

Ett forskningsprojekt i samverkan mellan

*MDI, inst. för informationsteknologi, Uppsala universitet
Högskolan Dalarna
ÅF-Industri teknik AB
Banverket*

Rapportnamn	<i>Sammanfattande slutrapport</i>
Rapportnummer	<i>T11</i>
Revisionsdatum	<i>2003-05-05</i>
Status	<i>Slutrapport</i>



UPPSALA
UNIVERSITET

Förord

Denna rapport är en slutrapport inom projektet:

TOPSim Simulering inom planering, utbildning och drift
Banverkets FoU, dnr S00-3164/08

För ytterligare information om projektet hänvisas till projektplanerna samt till information på adressen <http://www.hci.uu.se/projects/>

Projektrapporterna tas fram med olika status: arbetsmaterial, remissversion resp. slutrapport.

Samverkan har skett med projektet CATD (Framtida tågtrafikstyrning. Beslutsstöd och användargränssnitt. Banverkets FoU, dnr S00-3165/08).

Denna rapport, T11, Sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet, beskriver det arbete som bedrivits inom TOPSim-projektet under projektperioden 2001-01-01 till 2002-12-31.

I TOPSim-projekten har följande personer deltagit

MDI, Uppsala universitet

Bengt Sandblad, projektledare
Arne W Andersson
Arvid Kauppi
Johan Wikström

Högskolan Dalarna

Thomas Kvist

ÅF-Industri teknik AB

Per Lindström
Karl-Einar Jonsson
Maria Berg
Roland Andersson
Anders Nyman
Magnus Löfsjögård
Johnny Rudolf
Joakim Storck

Banverket projektering

Peter Hellström

Banverket

Jan Byström (kontaktperson CATD)
Magnus Wahlborg (kontaktperson TOPSim)

Rapport T11
Sammanfattande slutrapport
från TOPSim-projektet
december 2002

Innehållsförteckning

1. Inledning
2. Genomförda projektaktiviteter
3. Sammanfattande beskrivning av framtagen programvara
4. Förteckning över delrapporter och vetenskaplig rapportering
5. Informationsspridning
6. Ekonomisk redovisning
7. Slutkommentar till CATD- och TOPSim-projekten

Projektet vill framföra sitt stora tack till Banverkets FoU-program för finansieringen av arbetet.

1. Inledning

Projektet TOPSim har under tidigare år beviljats forskningsstöd från Banverkets FoU-program, för perioden 990701-000630 (dnr S99-1021/08) samt för perioden 000701-001231 (dnr S00-830/08).

Denna preliminära slutrapport avser att beskriva det arbete som genomförts under projektperioden 010101-021231 (dnr S00-3164/08).

TOPSim-projektet långsiktiga mål är att med hjälp av simuleringsteknik utveckla produktivitetshöjande metoder och testsystem för planering, utbildning och drift samt koppla samman erfarenheter från några olika forskningsprojekt som pågår inom Banverket.

Projektet har nära samverkat med två andra projekt, för vilket medel också erhållits från Banverkets F&U-program: *FTTS – Framtida tågtrafikstyrning* samt *CATD - Beslutsstöd och användargränssnitt*.

Inom FTTS-projektet har man sedan flera år studerat och analyserat arbetet med den operativa trafikstyrningen, samt tagit fram visioner, förslag och prototyper till nya styrprinciper, användargränssnitt och beslutsstöd. De föreslagna nya styrprinciperna bygger på tanken att ”styra genom att planera”. De nya gränssnitts- och beslutsstöds-prototyperna är designade för att optimalt stödja det planerande arbetssättet. Arbetet med att ta fram förslag och att utvärdera prototyper stöds av en arbetsgrupp bestående främst av erfarna trafikledare.

CATD-projektet har haft som mål att dels arbeta med utformning och utveckling av beslutsstöd för datorstödd trafikledning, dels att implementera och utvärdera de nya användargränssnitt för trafikstyrning som utretts och utformats inom FTTS-projektet. CATD-projektet har utvecklat en programvara, SIMSON, som är denna implementation och som ska fungera i interaktion med den inom TOPSim utvecklade tågtrafiksimulatorn, TOPSim/TTS

Inom TOPSim-projektet, fas 3, har de krav som levereras från CATD-projektet implementerats. TOPSim har i sin tur utvecklat och levererat nya simulatorprototyper till CATD-projektet för att man där ska kunna genomföra nödvändiga tester och utvärderingar av de prototyper för nya styrprinciper, användargränssnitt och beslutsstöd som tas fram.

F&U-arbetet har även skett i samverkan med andra forskargrupper inom landet och internationellt.

Syftet med den genomförda projektfasen, TOPSim fas 3, har främst varit att arbeta vidare med att utveckla simulatorsystemet till en stabil och komplett försöksanläggning för tester och utvärdering av användargränssnitt och beslutsstöd för trafikstyrning. Den framtagna simulatormiljön ska möjliggöra styrning av tågtrafik i enlighet med dagens metoder, koppling till nya slags gränssnittsmoduler, styrning genom de nya gränssnitten samt kunna samverka med försöksmoduler för beslutsstöd.

Ansvarsfördelningen inom projektet har varit:

- MDI, Uppsala universitet ansvarar för projektledning, krav på experimentmiljö samt tester med avseende på gränssnittsdelarna.
- HD, Högskolan Dalarna och Banverket projektering, ansvarar för krav på experimentmiljö samt tester med avseende på beslutsstödsdelarna.
- ÅF-Industriteknik ansvarar för att från specificerade krav vidareutveckla simulatorsystemet.

Enligt planen skall projektet vid projektperiodens slut ha tagit fram:

- En vidareutvecklad TTS-simulator som uppfyller utvecklade krav. Simulatorens ska vara robust och effektiv för de tilltänkta användningarna. De utvecklade kraven ska preciseras utgående främst från de framtagna F&U-syftena inom gränssnitts- och beslutsstödsområdena.
- En fungerande experimentmiljö. Detta innebär att man ska kunna sätta upp försök med nya prototyper, kunna genomföra experimentserier, logga resultaten m.m. Detta arbete görs huvudsakligen inom CATD-projektet. CATD-projektet utvecklar också en programsystem SIMSON, vilket är implementationen av de prototyper av nya gränssnitt och beslutsstöd som experimenten ska genomföras med.
- En rapport som beskriver teori, metodik och kunskapsläget för simulering och simulatorer inom tågtrafikområdet.
- Utvecklade forskarkontakter internationellt med grupper som arbetar med simulatorutveckling och nationellt med grupper som bedriver relaterad forskning.

Enligt den tids- och aktivitetsplan som fastställts inom projektet ska följande arbetsmoment genomföras:

TIDPLAN TOPSIM, huvudaktiviteter

Huvudaktivitet
X1. Test och utvärdering av prototyp från fas 2.
X2. Förberedelser för arbete med kravspecifikation
X3. Utveckling av TTS för att skapa en stabil prototyp
A. Anpassning och vidareutveckling av TOPSim-systemet del 1.
B. Anpassning och vidareutveckling av TOPSim-systemet del 2.
C. Utarbetande av kunskapsbas
D. Rapportskrivning och presentationer
E. Forskarseminarium

TIDPLAN TOPSIM, delaktiviteter

Delaktivitet
A1. Mottagande av kravspecifikation 1, utarbetande av arbetsplaner.
A2. Deltagande i arbetet med utvecklingspecifikation
A3. Genomförande av utvecklingsarbete.
A4. Tester av prototyper.
B1. Mottagande av kravspecifikation 2, utarbetande av arbetsplaner
B2. Deltagande i arbetet med utvecklingspecifikation
B3. Genomförande av utvecklingsarbete.
B4. Tester av prototyper.

Under hösten 2002 genomfördes dessutom ett kompletterande projektarbete, under perioden 2002-10-01 - 2002-12-31. Medel för detta beviljande från Banverkets FoU-program. Arbetet under denna projektfas innebar en konsolidering och vidareutveckling den befintliga simulatormiljön, samt genomförande av nödvändiga tester och utvärderingar.

2. Genomförda projektaktiviteter

Här följer en kortfattad redovisning av hur arbetet inom de olika arbetsstegen har genomförts. För en mer detaljerad redovisning hänvisas till respektive delrapport.

X. Konsolidering av tidigare prototyp, från TOPSim fas 2.

X1. Test och utvärdering av prototyp från fas 2.

Den prototyp som levererades till projekten från den tidigare projektfasen, TopSim fas 2, hade vissa brister, främst när det gällde stabiliteten. För att få ytterligare underlag för kravspecifikationen för den vidare utvecklingen gjordes ett antal tester för att se vilka brister den då existerande prototypen hade.

X2. Förberedelser för arbete med kravspecifikation

ÅF genomförde ett förarbete för att skapa beredskap för att ta emot den nya kravspecifikationen.

X3. Utveckling av TTS för att skapa en stabil prototyp

ÅF genomförde ett visst utvecklingsarbete i avsikt att eliminera de upptäckta bristerna.

Arbetet med att utveckla simulatoren inom detta projekt har uppdelats i två cykler, där samma moment genomförts i två steg. Detta arbete redovisas här i en samlad beskrivning. Den utförliga beskrivningen av vad som gjorts i varje varv framgår av de olika projektrapporterna.

A och B. Anpassning och vidareutveckling av TOPSim-systemet del 1

A1, B1. Mottagande av kravspecifikation 1, utarbetande av arbetsplaner

CATD-projektet har levererat kravspecifikationer för den simulatorutveckling som fordras för att genomföra CATDs syfte. Dessa kravspecifikationer har omarbetats till krav på den nödvändiga simulatorutvecklingen i funktionella termer.

A2, B2. Deltagande i arbetet med utvecklingsspecifikation

Dessa arbetsmoment har främst utförts av ÅF, som tolkat kravspecifikationerna i termer av erforderliga utvecklingssteg. De framtagna utvecklingsplanerna har godkänts av projektet innan utvecklingsarbetet har påbörjats.

A3, B3. Genomförande av utvecklingsarbete.

ÅF har genomfört det överenskomna arbetet med simulatordelarna. Arbetet har också lagts ner på att få de utvecklade modulerna stabila.

A4, B4. Tester av prototyper

Den vidareutvecklade simulatoren har levererats till MDI, Uppsala universitet, som tillsammans med övriga projektmedarbetare har genomfört en serie tester i avsikt att undersöka dels om den levererade simulatoren har den överenskomna funktionaliteten, dels att den uppvisar en sådan stabilitet och kvalitet i övrigt att den kan användas för de planerade syftena.

C. Utarbetande av kunskapsbas

Under tidigare projektfaser har ett dokument kontinuerligt uppdaterats, vars syfte är att samla kunskaper och erfarenheter om simulering och simulatorer inom tågtrafikområdet. Framförallt har nu erfarenheterna från den kunskapsutveckling som kunnat ses på konferenserna WCRR 2001 och Comrail 2002 redovisats.

D. Rapportskrivning och presentationer

En omfattande projektdokumentation har genomförts, vilket redovisas i detalj nedan. Utöver projektrapporterna har ett antal vetenskapliga rapporter publicerats.

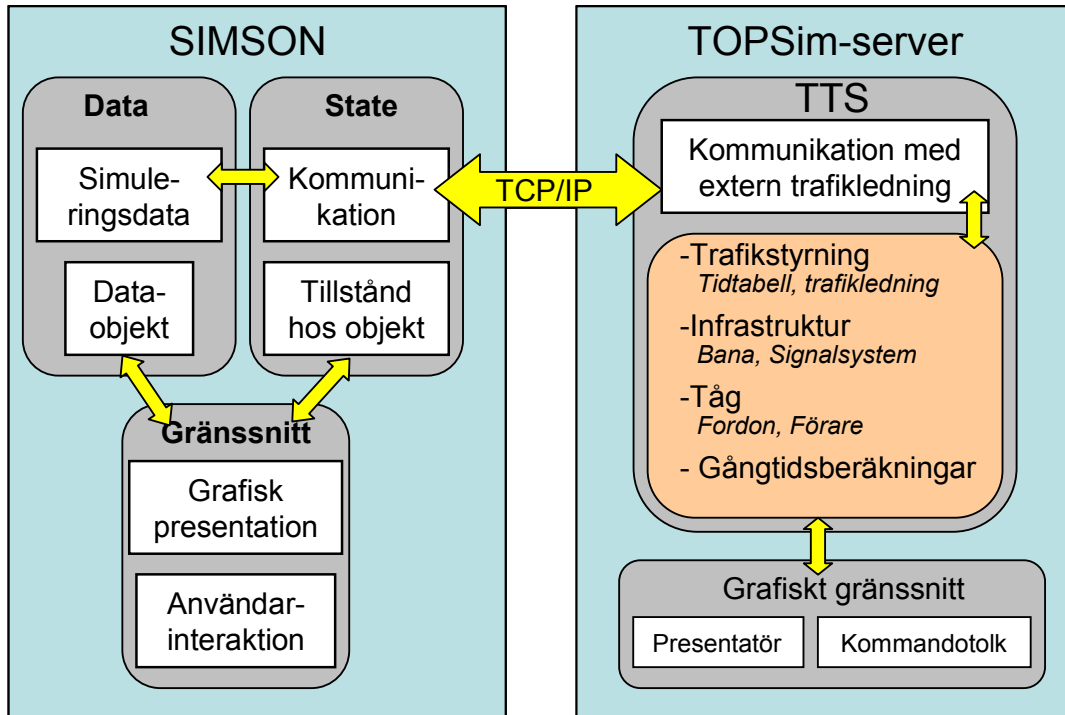
E. Forskarseminarium

I februari 2002 genomfördes ett forskarseminarium, där forskare från olika institutioner samt intressenter inom Banverket träffades. Seminariet var ett steg framåt i målsättning med att skapa utvidgade forskarkontakter mellan de grupper i Sverige som arbetar inom tågtrafikområdet. Vi vill med dessa seminarier också främja kontakterna mellan forskare och de avnämare av forskningen som finns inom Banverket.

Kompletterande utvecklingsinsatser och med detta sammanhängande tester genomfördes under perioden 2002-10-01 - 2002-12-31.

3. Sammanfattande beskrivning av framtagen programvara

Inom TOPSim och CATD-projekten har en programstruktur utvecklats som möjliggör simulerad trafikstyrning genom gränssnitts- och beslutsstödsmodulen SIMSON. TOPSim-servern innehåller bl a tågtrafiksimulatorn TTS som simulerar den styrda trafiken. Se figur.



Figur. TOPSim-servern består av den egentliga simulatorkärnan med sina delmoduler för infrastruktur (bana, signalsystem), tåg (fordons- och förarmodeller), samt trafikstyrning (tidtabell, trafikledningsmodul) samt den modul för gångtidsberäkningar som dynamiskt beräknar tågens rörelser under de simulerade betingelserna. SIMSON innehåller ett antal moduler som kommunicerar med TTS-simulator och håller reda på tillståndet hos alla simulerade objekt (State), inläsning av alla indata för simuleringen och skapande av alla nödvändiga simuleringsobjekt (Data) samt beräknar och presenterar all statisk och dynamisk information i trafikledarnas användargränssnitt och hanterar interaktionen med trafikledarna under simuleringen (Gränssnitt).

Inom TOPSim-projektet har ÅF/Industri teknik ansvarat för framtagande av simulatorprogramvaran. TOPSim-servern som utvecklats innehåller dels ett eget grafiskt gränssnitt för de fall att simulatören ska användas utan externa moduler, dels den egentliga simulatorkärnan, TTS (Tågtrafiksimulator). TTS kan kommunicera med externa moduler, vilket vi i projektet använder oss av genom att låta TTS samverka med de nya gränssnitt som implementeras i CATD-projektet (SIMSON-klienten). Genom denna struktur kan en trafikledare, via SIMSON-gränssnittet styra den av TTS simulerade trafiksituationen. Versionsnummer för programdelarna är för närvarande: TOPSim-server v4.51, TTS v4.38.

Mer specifikt har nedanstående programvara utvecklats inom ramen för TOPSim-projektet, vilket i mer detalj kan studeras i rapporten T6. *Systemspecifikation av*

simulatorprototyp, steg 2 (programvara utvecklad inom CATD-projektet presenteras i rapporterna C6 och C12).

TOPSim-servern

TOPSim-servern är byggd som ett skal utanpå en generell applikationsserver. Skalet är utvecklat inom ramen för TOPSim-projektet. Applikationsservern är utvecklad av ÅF och hanterar diverse databaser, kommunikationsprotokoll samt tågtrafiksimulatorn TTS. Protokollhanteraren som ingår i applikationsservern implementerar TOPSim:s protokoll för kommunikation mellan den externa trafikledningsklienten SIMSON och TTS. Applikationsservern hanterar uppkoppling, inloggning och behörigheter mm.

Tågtrafiksimulatorn TTS

TTS består huvudsakligen av ett yttre kommunikationsskal, ett antal interna moduler och en databas. Databasen innehåller de datamängder som simulatorn använder för sina beräkningar. De olika delmodellerna i simulatorn utgör parameterstyrda beskrivningar av trafikstyrning med tidtabell och trafikledning, infrastruktur med bana och signalsystem, tåg med fordon och förare samt omvärld med störningar och passagerare.

Trafikstyrningsmodulen hanterar datastrukturer och algoritmer för tidtabell och autonom trafikledning. Inom ramen för TOPSim-projektet har protokollfunktioner införts som via telegram övertider den interna trafikledningen och möjliggör interaktiva ändringar i tidtabellen.

Infrastrukturmodulen hanterar datastrukturer och tillståndsautomater för bana och signalsystem. Inom ramen för TOPSim-projektet har protokollfunktioner införts som gör det möjligt att från den externa trafikledningsmodulen SIMSON via telegram kommunicera med de tåg som trafikerar den simulerade infrastrukturen.

Tågmodulen hanterar datastrukturer och algoritmer för fordon och förare. Inom ramen för TOPSim-projektet har protokollfunktioner införts som gör det möjligt att från den externa trafikledningsmodulen SIMSON via telegram ändra på individuella fordons prestanda och förarens beteende.

Omvärldsmodulemodulen hanterar datastrukturer och statistiska funktioner för störningar av olika slag. Inom ramen för TOPSim-projektet har protokollfunktioner införts som gör det möjligt att via telegram introducera störningar av olika slag.

Gångtidskärnan utför alla beräkningar för fordonens rörelsedynamik med hjälp av data från infrastrukturmodulen och tågmodulen. Gångtidskärnan rapporterar alla tåglägen till de olika modulerna inklusive den administrativa modulen som vidarebefordrar dessa till protokollhanteraren.

Moduler för intern administration hanterar den interna kommunikationen mellan de protokollbaserade gränssnitten och den interna databasen med modeller och loggar.

Grafiskt gränssnitt

Det grafiska gränssnittet består i grundutförande av en grafisk presentatör för bana och tåg samt ett textbaserat gränssnitt för användarinteraktion. Inom ramen för TOPSim-projektet har presentatören kompletterats med visst stöd för trafikledning.

Protokoll

All kommunikation mellan TOPSim-servern och den externa trafikledningsklienten sker via ett protokoll. Protokollet är baserat på TCP/IP och servern kan användas via ett lokalt nätverk eller via Internet. De TOPSim-specifika delarna av protokollet har specificerats inom ramen för TOPSim-projektet. I TOPSim-rapport T6 redovisas protokollet och TOPSim-serverns funktioner i detalj.

Övrigt

En betydande del av utvecklingsarbetet har bestått i möten och samråd för att utarbeta arbetsplaner, kravspecifikationer och utvecklingsspecifikationer. Utvecklingen har skett i flera steg och iterationer. Tester har genomförts och nya prototyper har tagits fram för att utreda det effektivaste och stabilaste sättet att hantera kommunikation mellan TOPSim/TTS och externa klienter. Utvecklingen har huvudsakligen skett i C, C++, Tcl/tk och Java. TOPSim-servern är idag utvecklad för UNIX och kan om intresse finns utvecklas för andra plattformar. Klienterna kan köra på godtycklig plattform som hanterar TCP/IP. Den externa trafikledningsklienten SIMSON är utvecklad i Java.

4. Förteckning över delrapporter och vetenskaplig rapportering

Enligt projektplanen ska följande rapporter levereras från projektet:

- T1. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 0
- T2. Utvecklingsspecifikation av simulatorprototyp, steg 1
- T3. Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 1
- T4. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 1
- T5. Utvecklingsspecifikation av simulatorprototyp, steg 2
- T6. Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 2
- T7. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 2
- T8. Seminariedokumentation (Se CATD rapport C10)
- T9. Simulatorsystem inom tågtrafikstyrning, en kunskapsdokumentation
- T10. Prel. sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet
- T11. Sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet (dec. 2002)

Dessutom finns en rapport gemensam med CATD-projektet:

CT1. Studiebesök vid Railned, Utrecht, Holland, april 2002.

Status för dessa rapporter är idag som följer:

Nummer	Namn	Status
T1	Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 0	Klar
T2	Utvecklingsspecifikation av simulatorprototyp, steg 1	Klar
T3	Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 1	Klar
T4	Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 1	Klar
T5	Utvecklingsspecifikation av simulatorprototyp, steg 2	Klar
T6	Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 2	Klar
T7	Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 2	Pågår
T8	Seminariedokumentation (Gemensam med CATD)	Klar
T9	Simulatorsystem inom tågtrafikstyrning, en kunskapsdokumentation	Pågår
T10	Prel. sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet	Klar
T11	Sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet	Denna rapport
CT1	Studiebesök vid Railned, Utrecht, Holland, april 2002	Klar

Utöver denna projektrapportering har projektet tillsammans med CATD-projektet vetenskapligt redovisats på följande sätt:

Bengt Sandblad, Arne W Andersson, K-E Jonsson
Styrprinciper och användargränssnitt för morgondagens tågtrafikstyrning
Transportforum, Linköping, januari 2001

Bengt Sandblad, Arne W. Andersson
New control strategies and user interfaces for train traffic control
WCRR 2001, Köln, Tyskland

Bengt Sandblad, Peter Hellström
Framtida tågtrafikstyrning. Styrprinciper, användargränssnitt, beslutsstöd och simulatorhjälpmedel.
Tarnsportforum 2002, Linköping, januari 2002.

Bengt Sandblad, Arne W Andersson, Jan Byström, Arvid Kauppi
New control strategies and user interfaces for train traffic control
Comprail 2002, Limnos, Grekland, juni 2002

Bengt Sandblad
Nya styrsystem för framtida operativ trafikplanering
Transportforum 2003, Linköping, januari 2003.

Peter Hellström, Thomas Kvist et al.
Evaluation of Decision support modules and Human Interfaces using the TopSim simulator.
WCRR, Köln, november 2001.

Thomas Kvist, Peter Hellström, Bengt Sandblad, Jan Byström
Decision support in the train dispatching process.
COMPRAIL 2002, Lemnos, Grekland, juni 2002.

5. Informations-spridning

Information om projektet har spridits, utöver genom de ovan listade publikationerna, på ett antal sätt. De viktigaste tillfällena för detta har varit:

Forskarseminarium arrangerat vid Banverket, februari 2002. Antalet deltagare från Banverket, forskargrupper samt från Norge var c:a 35 personer.

Deltagande i forskarutbildningskurs vid KTH våren 2002.

Presentation av forskningsarbetet för representanter för Norska Jernbaneverket samt Institutet för Energiteknik, Halden, Norge.

Deltagande i studiebesök vid Railned, Utrecht, Holland, i april 2002.

6. Ekonomisk redovisning

För projektperioden 2001-01-01 – 2002-09-30 beviljades följande ekonomiska medel för projektet:

Personalkostnader

Uppsala universitet, inst för informationsteknologi,
avd. för människa-datorinteraktion (3.5 personmån.) 205 kkr

Högskolan Dalarna. (3 personmån.) 177 kkr

ÅF-Industri teknik AB (6 personmån.) 884 kkr

Övrigt

Övriga kostnader (utrustning, dokumentation, resor, seminarier) 60 kkr

Totalt 1320 kkr

För perioden 2002-10-01 - 2002-12-31 beviljades dessutom ytterligare 110 kkr (enligt beslut S02-897/AL50), vilket har förbrukats för beställd utveckling från ÅF-Industri teknik.

Den arbetsvolym som detta avsåg att räckas till är, tom sept 2002:

MDI, Uppsala	14 personveckor
Högskolan Dalarna	6 personveckor
Banverket Projektering	6 personveckor
<u>ÅF-Industri teknik AB</u>	<u>24.5 personveckor</u>
Summa	50.5 pv

Projektet har hållit sig inom de planerade ramarna, och budgeten har därmed kunnat följas.

7. Slutkommentar till CATD- och TOPSim-projekten

I detta avsnitt ger vi några sammanfattande kommentarer till de erfarenheter vi fått genom det hittillsvarande arbetet inom såväl CATD- som TOPSim-projekten. Avsikten med detta är att de två projekten delvis måste ses som en helhet, där det ena projektets resultat är beroende av det andras.

7.1 Genomförandet

Den ursprungliga projektansökan avsåg att genomföra projekten under kalenderåret 2001. I beslutet som följde om de beviljade medlen, ändrades dock tidplanen så att projektplanen omfattade ett och ett halvt år, dvs tom juni 2002. Under projekttiden reviderades dessutom tidplanen så att projektet förlängdes tom september 2002, dock utan att budgeten förändrades. Under hösten 2002 genomfördes ett kompletterande projektsteg, varför projekten avslutades först i december 2002. Dessa förändringar har varit nödvändiga för att kunna genomföra projektet med de tillgängliga resurserna.

Projektet har till allra största del kunnat genomföras enligt planerna. Vissa delar har dock fordrat mer arbete än ursprungligen planerat, vilket bl a medfört att den fullständiga funktionaliteten hos TOPSim-simulatorens kunnat åstadkommas först ganska sent under projektet. Inom CATD-projektet har ett ganska komplext och tidsödande utvecklings- och implementationsarbete av de nya styrprinciperna, gränssnitten och beslutsstöden genomförts. Därigenom har ibland arbetet med att ta fram nya krav på simulatorens försenats.

I slutändan har dock de allra flesta bitarna fallit på plats, och simulatoren fungerar i stort enligt specifikationerna. Dock har inte alla nödvändiga tekniska tester ännu kunnat slutföras. Inte heller har alla de planerade experimenten med de nya styrsystemen hunnits med inom CATD-projektet. Fortfarande återstår en del mer utförliga tester för att kunna dra slutsatser om användbarhet, nytta, effektivitet och acceptans för de nya lösningarna.

7.2 Kunskaper och erfarenheter från projekten

Som nämnts har ännu inte alla nödvändiga tester och experiment kunnat genomföras. En mer slutgiltig summering av erfarenheter och slutsatser måste därför vänta, men vissa preliminära saker kan vi redan se. Dessa slutsatser är mer utförligt redovisat i de separata slutrapporterna, vilka finns listade på sista sidan i denna rapport.

Utveckling av tågtrafiksimulatorens TOPSim/TTS

Tågtrafiksimulatorens TOPSim/TTS är det system som simulerar den tågtrafik som vi vill kunna styra med hjälp av de prototyper till nya styrsystem och gränssnitt som utvecklas och implementeras inom FTTS- och CATD-projekten. Inom projektet har ÅF/Industri teknik AB ansvarat för utvecklingen av detta delsystem.

TOPSim/TTS bygger till stor del på SIMON-modellen som sedan tidigare utvecklats i samarbete mellan Banverket och ÅF/Industri teknik AB. Den ursprungliga modellen var avsedd för s.k. batchvis simulering, varför den inte kunde användas för den typ av realtidslänkande simuleringar som ville kunna göras inom CATD-projektet. Av den anledningen byggdes SIMON-systemet under tidigare projektfaser om till en interaktiv realtidssimulator som tillåter mycket verklighetsnära trafikstyrning genom att trafikledare i realtid kan interagera med trafiksimuleringsmodellen.

TOPSim/TTS består nu av TOPSim-servern som innehåller ett eget grafisk gränssnitt för de fall att simulatoren ska användas utan externa moduler (har ej utnyttjats inom projektet), samt den egentliga simulatorkärnan, TTS (Tågtrafiksimulator). TTS kan kommunicera med externa moduler, vilket vi i projektet använder oss av genom att låta TTS samverka med de nya gränssnitt som implementeras i CATD-projektet (SIMSON-klienten). Genom denna struktur kan en trafikledare, via SIMSON-gränssnittet styra den av TTS simulerade trafiksituationen. TOPSim/TTS beskrivs utförligare i rapporten: *T6. Systemspecifikation av simulatorprototyp*.

All kommunikation mellan TOPSim-servern och den externa trafikledningsklienten sker via ett kommunikationsprotokoll. Protokollet är baserat på TCP/IP och servern kan därför användas via ett lokalt nätverk eller via Internet. Denna kommunikation separerar TOPSim-servern och de externa modulerna på ett effektivt sätt.

Det har visat sig att det är möjligt att skapa ett fungerande simulatorsystem baserat på den vidareutvecklade versionen av SIMON. Idag kan vi simulera tågtrafik samt interagera med styrkommandon under pågående exekvering. En stor fördel med systemet är att de grundmodeller som TOPSim/TTS baserar sig på är validerade och testade sedan länge. Dessutom är systemet så utformat att det finns goda förutsättningar för att skapa ett stabilt system med hög kvalitet. Tester av simulatorsystemet finns redovisade i rapporten: *T7. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 2*

Då SIMON-systemet ursprungligen inte var utvecklat för dessa syften, och dagens teknik kan medföra att nya lösningar kan övervägas, finns anledning att ytterligare utreda hur framtida vidareutveckling av simulatorsystemet kan se ut. Några aspekter att beakta i detta avseende är:

- Modellen kan i vissa avseenden vara väl omfattande, och en mer begränsad version skulle kunna uppfylla de aktuella kraven på ett mer lätthanterligt sätt.
- Det sätt vi idag arbetat på leder ofta till en långsam förändringstakt.
- De tekniska lösningarna är inte i alla delar de mest moderna, varför det ibland uppstår problem med den tekniska implementationen. Bl a är systemet idag inte utformat så att man kan köra SIMSON och simulatoren TTS på samma dator, något som skulle kunna åtgärdas i framtiden.
- Det kommer i framtiden att uppstå behov av att kunna arbeta med trafiksystem som de nuvarande modellerna inte primärt är utvecklade för, t ex om man vill simulera bansträckor med helt nya slags signalsystem. Då detta blir aktuellt kommer det förmodligen att leda till ett behov av mer omfattande modellutveckling.

Utveckling av den nya gränssnittsmodulen SIMSON

SIMSON-modulen är idag så pass färdig att den kan användas tillsammans med simulatoren för att genomföra enklare trafikstyrningsexperiment. Användaren har möjlighet att reservera och återta tågväg, göra enklare omplanering i grafen samt få olika typer av information såsom planerad spår användning och utförlig tåginformation. Utvecklingsarbetet har i huvudsak riktats in på att lägga till funktioner i tidtabellgrafen vilket i sin tur lett till att nya funktioner från simulatoren efterfrågats. Dessa nya funktioner har implementerats i simulatoren tillsammans med ett nytt protokoll för kommunikation mellan simulator och SIMSON. Detta protokoll följs idag av SIMSON och leder till en rakare och mindre krånglig kommunikation utan det mellanlager som

tidigare fanns. Under arbetets gång har nya förslag på funktioner tagits fram. Många av dessa har realiserats medan andra mer omfattande fått vänta för att systemet ska vara körbart. Två omfattande och viktiga förändringar återstår dock att genomföra inom den kommande projektfasen under 2003: en automatisk tågvägsexekverare (tågvägsslav) samt en mer detaljerad spårplan. När dessa ändringar är gjorda kommer SIMSON att vara ett tillräckligt kraftigt verktyg för att genomföra mer omfattande tester och experiment med de nya styrprinciperna. All programkod kommenteras efter gängse standard och kan användas för att generera en elektronisk dokumentation av SIMSON. Detta kommer markant att underlätta framtida utveckling och öka förståelsen för hur gränssnittet är uppbyggt.

Beslutsstöd för tågtrafikledare

Ett utredningsarbete har genomförts för att få underlag för hur praktiskt fungerande beslutsstöd bör utformas, utvecklas och införas. Olika teoretiska ansatser har prövats och viktiga insikter har uppnåtts. Detta har gjort det möjligt för oss att kunna tillfoga ytterligare viktiga pusselbitar när det gäller hur ett beslutsstöd i grunden bör vara utformat för att bli nyttigt, effektivt och accepterat i operativ verksamhet. Dessutom har de under projektets gång framväxande kunskaperna när det gäller hur framtida användargränssnitt bör vara utformade givit nya perspektiv på beslutsstödsfrågorna.

Resultatet är att vi idag ser det som nödvändigt att dels integrera enkla beslutsstödjande funktioner direkt i trafikledarnas gränssnitt (stöd för tidig upptäckt av konflikter och störningar, identifiera handlingsalternativ etc.) och dels ser ett utrymme för att integrera något mer avancerade beslutsstödsmoduler som en del av gränssnittsprototypen (stödfunktioner i samband med omplanering, utvärdering av effekterna av möjliga alternativ etc.). När det gäller de mer avancerade beslutsstödsmodulerna kanske det bör ytterligare understrykas att fokus är och kommer att vara på att utforma beslutsstöd som ger trafikledaren stöd i den arbetsprocess som en omplanering av gällande tidtabell innebär och *inte* på algoritmer för en helt "automatiserad omplanering". Vi ser för närvarande en iterativ utvecklingsprocess som den snabbaste vägen att ta fram ett praktiskt fungerande gränssnitt inkluderande bra, och åtminstone till en början, enkla beslutsstöd. I framtiden kan man tänka sig andra lösningar, vilket också beskrivs i en av delrapporterna. Idag arbetar vi alltså med enklare stöd för trafikledarna, och man kan säga att det nu finns en flytande övergång mellan vad vi här kallar beslutsstöd och vad som kanske snarare är effektiva sätt att presentera bearbetad information som stödjer trafikledarnas beslutsfattande.

Beslutsstöden var ursprungligen tänkta att utvecklas som fristående moduler inom ramen för Högskolan Dalarnas arbete i projektet. Ett flertal faktorer har förändrat denna utgångspunkt.

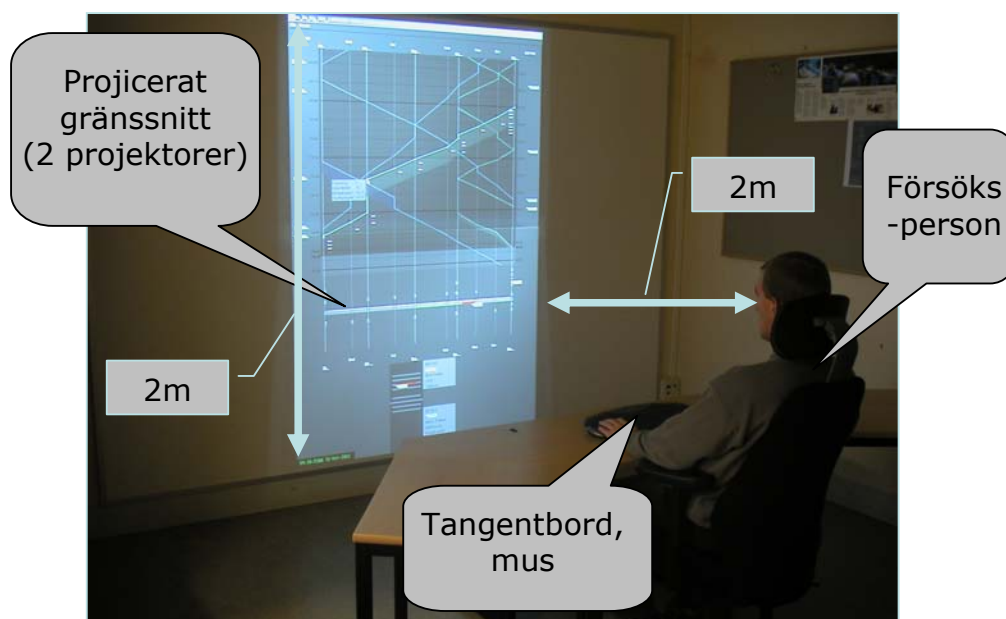
Förutom vad som nämnts under ovan har SIMSONs komplexitet, svårigheten att genomföra programutveckling på två orter, en uttunning av projektets resurser, förändrade perspektiv etc. lett fram till att all programvaruutveckling bör koncentreras till MDI, Uppsala Universitet, där man för tillfället kan detta bäst.

I enlighet med vad som sagts ovan har redan vissa enkla beslutsstödjande funktioner utformats som en del av användargränssnittet och mer avancerade är planerade att integreras i kommande versioner av SIMSON.

Vi kan konstatera att arbetet med beslutsstöd inte nått riktigt ända fram jämfört med den ursprungliga målsättningen. Det beror bl a på att inriktningen på arbetet delvis förändrats under projektet, enligt vad som sagts ovan. Det beror också på de förseningar som drabbat utvecklingen av gränssnittsmodulen (SIMSON) samt gränssnittet mellan SIMSON och TOPSim. Beslutsstöden ligger sist i ”kedjan”.

Utformning av en försöksarbetsplats

Försöksarbetsplatsen har utformats enligt de riktlinjer som hittills tagits fram inom projektet och med de resurser som funnits. Resultatet av detta har blivit en försöksarbetsplats där användaren sitter framför en stor duk på vilken gränssnittet projiceras med hjälp av två takmonterade videoprojektorer. Projektorens begränsning när det gäller upplösning gör att antalet stationer som kan visas är begränsat till ungefär 12 stycken, vilket ger begränsningar på vilka banområden som idag kan genereras. Utöver detta fungerar arbetsplatsen bra och gränssnittet upplevs som en sammanhängande bild där detaljer är enkla och tydliga att urskilja. Intressant blir att se hur man ska lösa problemet med den detaljerade spårplan, som skall visas under tidtabellgrafan, då denna kommer att kräva betydligt högre upplösning än vad som idag finns tillgänglig. Idag sparas varje genomfört försök vid arbetsplatsen på två olika sätt: inspelning av operationerna i gränssnittet samt digital inspelning av ljud och bild av försökspersonens arbete. Detta gör det möjligt att i efterhand utvärdera och kontrollera experimenten på ett effektivt sätt.



Figur. Den uppbyggda försöksarbetsplatsen, men projicerad bild och försöksperson.

Experiment med styrprinciper, gränssnitt och beslutsstöd

Kontinuerligt under utvecklingen av gränssnittsprototypen SIMSON och Tågtrafiksimulatorn TOPSim/TTS har det bedrivits tester och försök för att utvärdera och upptäcka möjliga förbättringar. I huvudsak har dessa tester genomförts av de som arbetar inom projekten FTTS, CATD och TOPSIM. Speciellt värdefulla är de förförsök som gjorts med medlemmar från arbetsgruppen som har en bakgrund inom den operativa tågtrafikledningen. Vanligtvis har dessa tillfällen utmynnat i listor med

kommentarer och förslag på eventuella förändringar av större eller mindre betydelse. Dessa förslag rör i huvudsak SIMSON, men har även påverkat eller kommer att påverka experimentmiljöns utformning och även i en förlängning leda till nya krav på tågtrafiksimulatorn TTS. Arbetsgruppen har även använts i syfte att stämna av realismen i olika problemsituationer (störningsscenarier) som sedan kan komma att introduceras i framtida experiment.

Inledande förförsök har visat att det med begränsad tid till träning kan vara svårt att genomföra experiment som fokuserar på de nya styrprinciperna. Fjärrtågklarare är vana vid att arbeta i spårplanen, och som en följd av detta fokuserar man för mycket av arbetsinsatsen på denna del av arbetet. För att undvika längre inlärningstid och för att i experiment kunna fokusera på det vi är mest intresserade av, nämligen den nya styrprincipen att styra genom att planera, måste vi implementera den tågvägsexekverare (tågvägsslav) som är en huvuddel av det utvecklade nya styrsättet. Tågvägsexekveraren ska ta över mycket av det manuella tekniska styrarbete som operatören idag måste utföra själv.

Ett kommande planerat experiment fokuserar på omplanering i statisk datorbaserad graf. Det vill säga en graf som inte rör sig dynamiskt med tiden. Syftet blir i huvudsak att utvärdera probemscenarier och skapa ett referensunderlag inför framtida tyngre experiment men även för att testa interaktionen i den datorbaserade grafen (planeringsvyn).

Därefter bör en serie med experiment genomföras där det i huvudsak finns två delar av det nya arbetsättet som måste undersökas, både separat och i kombination med varandra:

- Att styra genom att planera, dvs omplanering i den datorbaserade grafen (planeringsvyn) med en tågvägsexekverare (tågvägsslav) som avvecklar trafiken enligt operatörens plan.
- Att styra genom att exekvera, dvs hantera problem som ligger så nära i tiden att omplanering i grafen inte är möjlig. Detta görs i spårplanen (exekveringsvyn)

Båda dessa arbetssätt kräver omfattande utvecklings- och implementationsarbete i SIMSON. Generellt kan det sägas att tankarna om de nya styrprinciperna ser mycket lovande ut och mottagits med stort intresse vid flertalet presentationer.

Simulatorsystem för utbildning och träning

Inom ramen för projektet har vi genomfört en mindre förstudie när det gäller krav och villkor för utveckling av simulatorhjälpmedel för utbildning och träning för trafikledare. Idag finns bara delvis sådana hjälpmedel tillgängliga.

De flesta trafikledningscentraler har någon form av simulatorfunktion kopplad till sitt ordinarie trafikledningssystem, men detta har oftast en mycket begränsad funktionalitet. I princip tillåter simulatorerna att man tränar det tekniska handhavandet av systemet, dvs att ge kommandon och att se och tolka effekterna av vidtagna styråtgärder. Dessa simulatorer har en viss nytta för de rena nybörjarna, men uppfyller inte krav på att ge ett bra stöd i träningen i att styra trafik. Speciellt har de mycket begränsad nytta för den mer erfarna trafikledaren.

Förstudien har resulterat i en mindre kartläggning av hur simulatorer används inom andra branscher. Dessutom har vi listat och utvecklat olika tänkbara användningsområden för simulatorstöd för utbildning och träning av trafikledare, samt några mer överordnade krav på sådana simulatorer.

Exempel på tillämpningsområden vari simulatorsystem skulle kunna vara nyttiga är:

- Grundutbildning av nya tågledare.
- Träning på handhavande av kritiska och sällan förekommande händelser.
- Rekapitulera och utvärdera ett inträffat skeende.
- Skapa ökad förståelse för säkerhetsreglers tillämpning i praktiken.
- Testa, öva och dokumentera strategier för agerande i speciella situationer
- Träna på speciella planerade händelser (banarbeten, nya bansträckor etc.) i förväg
- Kunskapsöverföring till kollegor m fl.
- Identifiera ”mönster”, t ex hur erfarna tågledare tänker och agerar i relation till regler och principer.
- Ev. användning vid test och urval av nya kandidater till arbetet som trafikledare.

Kunskaper om simulering inom tågtrafikstyrning

Som en del av TOPSim-projektet har vi samlat information och kunskaper om hur simulering används inom trafikstyrningsområdet, samt lite om vilka erfarenheter som finns från sådana projekt. I en separat rapport beskrivs grundläggande fakta om simulerings- och simulorteknik. En del olika projekt, mest internationellt, av intresse refereras. Dessutom ger vi några korta referat från de internationella konferenser som deltagit i (WCRR och COMPRAIL).

Projekten är till stora delar unika, och har väckt uppmärksamhet i de sammanhang det presenterats både nationellt och vid internationella konferenser.

Vi vill tacka alla som bidragit till genomförandet och till det lyckade resultatet. Speciellt vill projektet framföra sitt stora tack till Banverkets FoU-program för finansieringen av arbetet.

Rapportförteckning - översikt

CATD

- C1. Kravspecifikation CATD, steg 1
- C2. Kravspecifikation CATD, steg 2
- C3. Kravspecifikation TOPSim, steg 1
- C4. Systemdokumentation för beslutsstöd, DSS
- C5. Utvärdering av DSS-moduler
- C6. Systemdokumentation av gränssnittsmoduler
- C7. Utvärdering av gränssnittsmoduler
- C8. Kravspecifikation TOPSim, steg 2
- C9. Kravbeskrivning för utbildnings- och träningssimulator
- C10. Seminariedokumentation
- C11. Prel. sammanfattande slutrapport från CATD-projektet
- C12. Sammanfattande slutrapport från CATD-projektet (dec. 2002)

TOPSim

- T1. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 0
- T2. Utvecklingsspecifikation av simulatorprototyp, steg 1
- T3. Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 1
- T4. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 1
- T5. Utvecklingsspecifikation av simulatorprototyp, steg 2
- T6. Systemspecifikation av simulatorprototyp, steg 2
- T7. Testdokumentation av simulatorprototyp, steg 2
- T8. Seminariedokumentation (Se CATD rapport C10)
- T9. Simulatorsystem inom tågtrafikstyrning, en kunskapsdokumentation
- T10. Prel. sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet
- T11. Sammanfattande slutrapport från TOPSim-projektet (dec. 2002)

Gemensamma rapporter

- CT1. Studiebesök vid Railned, Utrecht, april 2002.