

Effektiva tågssystem för godstransporter
- Underlagsrapport -

**- Intelligent
informationssystem för
godstransporter på järnväg**

Rapport 0509A

Rune Bergstedt
Järnvägsgruppen KTH
Avd för järnvägsteknik
2004-09-08

Förord

Denna rapport har utarbetats inom projektet ”Effektiva tågssystem för godstransporter” inom Järnvägsgruppen KTH. Rapporten behandlar olika former av informationssystem som kan effektivisera godstrafiken, såväl system som är baserade ombord på tåg som fasta placerade vid spåret och övervakningscentraler med system för utvärdering av insamlad information samt för distribution av informationen till berörda parter. En viktig del i informationssystemen utgörs av anordningar för positionsbestämning av tågets, enskilda vagnars eller en speciell försändelses läge. Intelligenta godståg kan förutom IT-teknik som beskrivs i denna rapport, utnyttja annan teknik som beskrivs i de tre delrapporterna Bromssystem, Fördelad dragkraft och Automatkoppel. Om teknik från alla eller flera av dessa områden införs kan den samlade effekten genom synergieffekter bli stor. Ombordbaserade informationssystem spelar en viktig roll vid det framtida europeiska trafiklednings- och säkerhetssystemet ERTMS/ETCS. Ett antal projekt studerar nya enklare och billigare trafiklednings- och säkerhetssystem för trafiksvaga banor för att ersätta nuvarande system som spårledningar, axelräknare, optiska signaler etc. med ombordbaserade system.

Rapporten grundar sig på litteraturstudier, främst underlag från konferenser, tidskriftsartiklar samt personlig kommunikation med personer verksamma de aktuella teknikområdena.

Förhoppningen är att rapporten skall visa på och väcka intresse för de möjligheter till effektivisering av godstrafiken som informationstekniken i samverkan med annan ny teknik erbjuder. För att få hög effekt inom godstrafiken, särskilt den med vagnslaster, behövs standardisering och för vissa system ett gemensamt införande i Europa.

Stockholm 2004-02-15

Rune Bergstedt

Sammanfattning

Informationssystem kan indelas i tre huvudtyper:

1. *Ombordbaserade system* som verkar på hela godståg eller på en enskild godsvagn
2. *Fasta system* vid eller i spåret för identifiering av och/eller övervakning av fordonen och i vissa fall för kommunikation med fordonen
3. *Lednings- eller övervakningscentraler* som samlar in och behandlar information från övervakning av typ 1 och/eller 2 ovan. I akuta lägen kan centralerna i vissa fall ingripa, annars vidarebefordras informationen till berörda intressenter som operatörer, speditörer, godskunder, underhållsinstanser etc.

De ombordbaserade informationssystemen kan i sin tur indelas i tre olika varianter:

- *Intelligenta godståg*
- Godsvagnar med *autonoma (oberoende) informationssystem* som fungerar oberoende av tåget i övrigt
- *Kombinerade system* där godsvagnar med oberoende system kan anslutas till det intelligenta godstågets system för att dra nytta av det när vagnen går i ett sådant tåg.

Intelligenta godståg utgör det ultimata informationssystemet för godståg. De är baserade på ECP-bromssystem eller liknande datorstyrda bromssystem och utnyttjar det kvalificerade och säkerhetsrelevanta dator- och kommunikationssystem som därmed finns på tåget vilket ger synergieffekter. Systemet möjliggör automatisering, övervakning och styrning av såväl enkla som säkerhetskritiska funktioner ombord. Automatiska processer kan användas för att effektivisera tågbildningen och stöda nya koncept som TSC (Train Sharing and Coupling). Nya effektivitetshöjande funktioner ska kunna utvecklas och läggas till i framtiden. Om fel trots allt uppstår ska systemet i kritiska lägen automatiskt ta hand om larret för snabba motåtgärder. Om situationen och tiden medger informeras först föraren så att denne kan ingripa. Det intelligenta godståget tar hand om information som fås från systemen ombord, kompletterad med information som kommer utifrån och fattar beslut så långt auktorisationen och omständigheterna tillåter. Systemet ombord kan alltså i hög grad fungera

självständigt vilket minskar den informationsmängd som behöver utväxlas med externa centraler och organ. Loket kommunicerar med fasta ledningscentraler för att på förfrågan eller enligt ett fastställt schema lämna information om tågets position, vagnarnas och godsets tillstånd samt för att ta emot information och order utifrån.

En gemensamma standard för intelligenta godstågssystem krävs inom det aktuella området för att lok och vagnar skall vara interoperabla, t ex inom AAR, UIC etc. Svårigheter att fatta beslut om normer samt om införandet kan försvåra och rent av förhindra ett allmänt införande.

Ett införande inom avgränsad systemtågstrafik kan gå lättare som erfarenheterna från de amerikanska ECP-bromssystemen visar.

I USA är intresset för kabelbaserade ECP-bromsar stort när det gäller tunga systemtåg för bulktransporter av kol, malm etc. Interesse för den radiobaserade ECP-bromsen tycks inte längre finnas. Det som man i första hand har behov av för de mycket långa och tunga tågen är de goda bromsegenskaperna, övervakningen av bromssystemet, de automatiska funktionerna för tågbildningen samt den integrerade DP-styrningen av lok fördelade i tåget. Möjligheterna till annan övervakning ses som en synergieffekt av ECP-systemet. Det finns reserverad kapacitet för övrig övervakning av fordon och last samt för fjärrstyrning och automatiserade funktioner. Det tänker man införa efter hand som det behövs och utvecklad teknik och lämpliga produkter finns att tillgå. Det finns ett intresse för ECP-bromsar vid vanlig vagnslasttrafik och framför allt vid intermodala transporter med doublestack train. Men de har inte provats i sådana sammanhang ännu. Förklaringarna är flera, bl a tveksamhet om lönsamheten, bristen på investeringsmedel, att tågen fortfarande kan klara sig med AAR konventionella P-broms samt inte minst införande- och omställningsproblematiken som fordrar ett gemensamt beslut i varje fall när det gäller den allmänna vagnslasttrafiken.

I Europa var intresset för intelligenta godståg stort för några år sedan med flera utvecklingsprojekt. Planer var i allmänhet inriktade på allmänna godstransporter av värdefullare godsslag som industrins hel- och halvprodukter. Projekten avsåg mer avancerade informationssystem än i USA. Följaktligen blev systemen komplicerade och dyra. Det visade sig senare att man inte skulle kunna uppnå målsättningen att inom UIC kunna köra långa godståg med minst 1000 m och helst 2250 m längd. Anledningen är att det krävs en dyrbar riskanalys och verifieringen av programvaran för den datorstyrda bromsen som medför högre utvecklingskostnader än berörda industrier kan acceptera. Projektet INTELRET syftade till att hitta och utvärdera effektiv ombordbaserad informationsteknik som förbättrar konkurrenskraften för godstransporter på järnväg med inriktning på de värdefullare godsslagen..

Autonoma (oberoende) övervakningssystem har egen utrustning på vagnen för kommunikation och positionsbestämning samt ett eget oberoende datorsystem för övervakning av vagnen och dess last. Autonoma system kan lätt införas eftersom de inte fordrar någon allmän standardisering och samordnat införande. Beslut om införande av önskad typ kan fattas av olika vagnägare individuellt och övervakningssystemen kan införas successivt i liten eller stor skala med början på de mest angelägna vagnarna. Därmed finns inte heller förmåga till interoperabilitet med system av konkurrerande fabrikat som ofta använder helt olika centraler för övervakningen. Systemen fungerar även när vagnen står enskilt

uppställd vilket är en fördel när fel uppstår på vagnen och den måste kopplas av tåget och ställas på ett sidospår. Nackdelar är, förutom bristen på interoperabilitet mellan olika fabrikat, att inga synergieffekter fås genom samverkan med andra system i tåget samt att den sammanlagda abonnemangs- och kommunikationskostnaden blir hög då samtliga övervakade vagnar skall anslutas till publika nät som t ex GSM nätet. Ett annat problem är strömförsörjningen eftersom det inte finns något kabelsystem i vanliga godståg. Antingen baseras den på batterier i vagnarna med lång livslängd, ca 5 år är realistiskt, som därefter byts eller på batterier som laddas från en axelgenerator eller från en solcell placerade på vagnen. Autonoma övervakningssystem i regel är begränsade till ett fåtal övervakningsuppgifter på vagnen och dess last. Fjärrstyrning i form av låsning/upplåsning av dörrar från övervakningscentralen förekommer. För att öka batteriernas livslängd begränsas kommunikationen till några få korta meddelanden per dygn på vagnar som saknar system för laddning av batterierna. Det finns också autonoma system som är utförda för att permanent tillhöra en container eller för att vara direkt fästade på vissa typer av värdefullt gods för att rapportera deras läge och övervaka lastens tillstånd.

Kombinerade system är avsedda att fungera både som autonoma vagnssystem och som vagnar i intelligenta godståg. När de ingår i ett intelligent tåg används tågets gemensamma system för kommunikation, övervakning och strömförsörjning. Vagnarna sköter själva kommunikationen och övervakningen då de ingår i konventionella godståg eller står uppställda enskilt.

Fasta system för övervakning av passerande fordonen har funnits i många år för att upptäcka varmgång i lager, varma hjul etc. Förr var övervakningsanordningarna av enklare natur. Då något fel upptäcktes larmades tåget antingen med signaler eller via tågledningscentralerna. Nu pågår en utveckling mot avancerade system både vad gäller själva sensorsystemen och informationsbehandlingen. Mätvärdena överförs från de fasta sensorerna till en övervakningscentral för utvärdering med sofistikerade system. Genom trendanalys av insamlade data kan t ex fel på axellager upptäckas tidigt och felen åtgärdas långt innan det uppstår risk för varmgång. Resultaten rapporteras till ansvariga för fordonsunderhållet samt vid akut lägen till personalen på det aktuella tåget och till tågtrafikledningen. Metoden har införts vid CN (Canadian National) och UP (Union Pacific) i Nordamerika och medfört en dramatisk minskning av risken för varmgång. Det finns fasta övervakningssystem för att hitta onormalt varma hjul respektive axellager, fel på bromssystem, hjulplattor, ostabil gång hos hjulpar och/eller boggier, last som ligger utanför lastprofilen etc. Den tidiga upptäckten av fel möjliggör ett proaktivt, förebyggande underhåll av fordonen samt minskar risken för urspårningar och andra olyckor och för störningar i trafiken..

Ett *fast system för fordonsidentifiering* används i Nordamerika. Utrustningen kallas AIE (Automatic Identification Equipment) och utgörs av passiva elektroniska transpondrar, fästade på vardera fordonssidan, som avläses av fasta anordningar placerade bredvid spåret. Det kan användas i kombination med de fasta övervakningsanordningarna för att bestämma identiteten på de fordon som passerar för att relatera uppmätta data till fordonet. Med utvecklingen av nya databassystem i övervakningscentralerna för att lagra och utvärdera data från de fasta systemen öppnas nya möjligheter. Det räcker numera med att placera identifieringsutrustningar på ett fåtal väl valda platser. När tåg passerar en sådan

plats fastställs tågets sammansättning beträffande identiteten och ordningsföljden på de ingående fordonen. Informationen lagras i databaserna. Mätvärden från fasta övervakningsanordningar behöver därför bara relateras till axelns/hjulparets ordningsnummer inom det aktuella tåget när det rapporteras in till centralen där datorsystemet sedan kan hänföra data till rätt fordon och hjulpar. Informationen från den fasta fordonsidentifieringen kan också användas av system som följer upp var tåg, enskilda fordon och försändelser befinner sig.

Lednings- och övervakningscentraler finns av olika slag för att ta emot information från ett eller flera av ovannämnda system för övervakning. De autonoma övervakningssystemen för godsvagnar kommunicerar ofta med privata övervakningscentraler som tillhör tillverkaren/systemoperatören. Därifrån sänds informationen ut till berörda, t ex vagnsägaren, godskunden, speditören, logistikövervakaren etc. via Internet, med FAX eller på annat lämpligt sätt. Dessa kan i vissa fall fråga efter information i realtid, t ex aktuell position och något specifikt tillstånd hos godset, t ex temperatur eller tryck vid tankvagnar. Däremot har inte alltid järnvägsbolagen i Nordamerika eller banförvaltare, trafikledning och operatörer i Europa direkt tillgång till information från privata övervakningscentraler.

I framtiden är det önskvärt med ett gemensamt databassystem inom områden där det bedrivs gränsöverskridande godstrafik, t ex ett gemensamt för UIC liksom ett för Nordamerika. Det är viktigt att sådana system på ett intelligent sätt i realtid kan prediktera ankomsttiden för godståg och gods där förseningar redan uppstått under transporten och informera godsmottagaren. Förseningar som redan uppstått tenderar att tillta alltmer under transportens gång eftersom godståg som är försenade måste stå tillbaka för persontåg och tåg som går i rätt tid varför vagnslaster lätt missar anslutningar till andra godståg. Det är därför svårt att beräkna den kommande förseningen. I USA kallas sådana system för *Strategic Traffic Planners (STPs)*. Transportkunder och andra berörda i logistikverksamheten skall via t ex Internet automatiskt få del av informationen från övervakningscentralen när fel eller avvikelser inträffar. Likaså ska de själva kunna efterfråga och få information om vagnens position, viktiga tillstånd hos lasten, eventuella förseningar och beräknad framkomsttid.

I Nordamerika används centraliserade system av de järnvägsbolag som börjat med ovannämnda nya metoder för avancerad analys av data från de fasta övervaknings- och identifieringsanordningarna. CN (Canadian National) som var först har en egen central liksom UP (Union Pacific). TTCI (Transportation Technology Center, Inc.) har en databasservice benämnd, InteRRIS (Integrated Railway Remote Information Service), för insamling och analys från olika fasta övervakningsanläggningar inom USA. InteRRIS ska hjälpa de som utnyttjar övervakningssystemen till ett bättre och övergripande underhåll av godsvagnar. Underhåll av samtliga system på vagnen som behöver det kan samordnas för att utföras vid en lämplig tidpunkt och plats med hänsyn till vagnens status och var vagnen befinner sig.

Positionsbestämning- och lokaliseringssystem finns för olika ändamål med olika krav på noggrannhet. För transportledningens och kundernas logistiska behov av att veta var godsvagnen, containern eller en speciell godsframsändelse är kan enklare system användas utan särskilt hög noggrannhet i lägesbestämningen. De kan baseras på satellitpositionering med GPS (Global Position System) med en lägesnoggrannhet på ca 20 m eller i enklaste fall på GSM-system som ger en

noggrannhet som varierar mellan ca 300 m och 50 m i läget. GPS används ofta i de autonoma vagnssystemen.

Det andra användningsområdet är att ersätta nuvarande automatiska säkerhets- och linjeblockeringssystem, som bygger på fasta anordningar i infrastrukturen som spårledning, axelräknare, baliser och fasta optiska signaler etc., med billigare satellitbaserade system med mycket hög noggrannhet samt radiokommunikation. Detta kan användas för alla banor men är särskilt intressant för banor med låg trafikintensitet. Man vill också ersätta dagens vägskyddsanläggningar med enklare, billigare och bättre system som tar hänsyn till hastigheten hos det aktuella tåget till nytta för både järnvägs- och vägtrafiken. Därigenom kan väntetider och avgasutsläpp minskas för vägtrafiken. För detta behövs nya satellitpositioneringssystem av typ GNSS (Global Navigation Satellit System) med hög noggrannhet. I Europa utvecklas två sådana system, först EGNOS som senare följs av ett bättre system GALILEO. Det senare ska användas vid de Europeiska järnvägarna, bl. a. tillsammans med det nya europeiska trafiklednings- och säkerhetssystemet ERTMS/ETCS.

Den satellitbaserade informationen är inte alltid tillgänglig i tunnlar, bergskärningar osv. Det behövs därför kompletterande lokaliseringsanordningar baserade på navigering med död räkning, odometrar (mäter vägsträcka) från fasta referenspunkter, t ex fast programmerade referensbaliser, gyro för kursbestämning och/eller tröghetsnavigering för att beräkna tågets läge då satellitsignalerna inte är tillgängliga.

Både i USA och i Europa går utvecklingen mot satellitbaserade informationssystem med bildskärmspresentation (Knowledge Display Interfaces). De ger föraren fortlöpande information om linjen framför tåget, t ex lutningsförhållanden, signalinformation etc. och rekommenderar hur körningen eller bromsningen bör ske. Därmed minskas behovet av linjekännedom för föraren. Satellitbaserade system underlättar gränsöverskridande trafik mellan Europas länder som idag har olika signal- och säkerhetssystem.

Bestämning av godsvagnars geografiska läge kan även utföras med enbart markbaserade system, t ex fasta identifieringsanordningar samt centrala databaser som lagrar uppgifter om tågets sammansättning och vagnarnas identitet, kombinerade med aktuella uppgifter om tågets rörelser från tågtrafikledningssystemen.

Hybridsystem för positionsbestämning av godsvagnar kan bestå av GPS-system på lokomotivet som mer eller mindre frekvent uppdaterar databasen i den centrala ledningscentralen om tågets läge. Vagnarna i tåget kan utgöras av vanliga vagnar som förses med en enkel transponder eller liknande passiv identifieringsutrustning ombord. Loket behöver en enkel GPS samt extern kommunikation, t ex via GSM. I databasen samlas information om tåget och ingående vagnar samt om tidtabellen samt motsvarande information om andra tåg. Även information om vagnarna, deras underhållsstatus, mätdata från fast övervakningssystem längs färdvägen, samt tidigare "historiska data" om vagnarna mm finns tillgänglig. Vagnarnas tillryggalagda sträcka kan beräknas och användas för underhållsplanering samt debitering av avgifter och fraktkostnader. I detta system kan alltså en mängd information om relativt konventionellt utrustade tåg och vagnar samlas och utvärderas.

Boknings- och allokeringsystem kan effektivisera den internationella användningen av godsvagnar. Så snart en vagn inom UIC blir ledig bör den i nuvarande system snabbt tilldelas en passande returlast för att återvända till sitt hemland. För detta behövs ett gemensamt europeiskt databassystem i kombination med autonoma vagnövervakningssystem som känner av om vagnen är lastad eller tom och som har GPS för lägesbestämning och GSM för dataöverföring via SMS-meddelanden. En gemensam europeisk godsvagnspool skulle förbättra förutsättningarna ytterligare. Då kan vagnarna kan tilldelas nya transportuppgifter på ett optimalt sätt. Databassystemet övervakar vagnarnas underhållsbehov och tillryggalagda körsträckor för att vid ett lämpligt tillfälle styra vagnen till en lämpligt belägen underhållsinstans där den kan tas in för reparationer eller underhåll. Projektet F-MAN (Fleet Management) syftar till ett sådant gemensamt europeiskt system som skall höja produktiviteten inom vagnslasttrafiken. I USA försöker FRA (Federal Railroad Administration) och ITS America (Intelligent Transportation Society of America) stimulera utvecklingen av liknande *"Car reservation and scheduling systems"*.

Innehållsförteckning

1	Inledning	13
2	Intelligenta godståg	15
2.1	Allmänt	15
2.2	Insamling av mätdata	16
2.3	Övervakning av containrar och last	18
2.4	Fjärrstyrning av organ och ställdon	18
2.5	Informationssystemets uppgifter	19
2.6	Intelligenta godståg skall stöda TSC	20
2.7	Samfunktion med ERTMS	21
2.8	Eget GPS- och GSM-system för vissa vagnar?	22
3	INTELFRET	24
3.1	Bättre konkurrensförmåga vid värdefullt gods	24
3.2	INTELFRETS huvuduppgifter	25
3.3	Automatkoppel i INTELFRET	25
3.4	Övriga övervakning av fordon, containrar och last	25
3.5	Utvärdering av givarsignaler	26
3.6	Styrning av vissa parametrar	27
3.7	Informationsöverföringen mellan tåg och markcentraler	27
3.8	INTELFRET – basfunktioner	28
3.9	INTELFRET – övriga funktioner	29
3.10	Implementeringen av INTELFRET	30
3.11	INTELFRET och ECP-systemen – vad skiljer?	30
3.12	Bara korta godståg inom UIC	31
3.13	Standardiseringsbehov	32
4	Autonoma övervakningssystem	33

5	Övervakning och styrning – behov och möjligheter	35
5.1	Övervakning av ECP-funktioner på fordonen	35
5.2	Övervakning av godsvagnar	36
5.3	Övervakning av lasten	37
5.4	Styrda processer på fordonen	37
5.4.1	Fjärrstyrda processer från det ledande loket	37
5.4.2	Processer som styrs lokalt på godsvagnen	38
5.4.3	Fjärrstyrning från övervakningscentraler	38
5.5	Övervakning ger underlag för underhållsplanering	38
5.6	Passiva respektive aktiva säkerhetssystem	39
6	Urspårningsdetektering	40
6.1	Inbromsningsteknik vid urspårning	40
6.1.1	Mekanisk urspårningsdetektor „	42
6.1.2	Elektroniska urspårningsdetektorer	44
7	System för positionsbestämning	47
7.1	Begreppen tracing och tracking	48
7.2	Autonoma positionssystem	48
7.3	Centraliserade positionssystem	49
7.4	Hybridsystem	51
7.5	GSM-positionering	52
7.6	GPS- och andra satellitbaserade positioneringssystem	53
7.7	Gyroskop i lokaliseringssystemen	56
7.8	Satellitbaserade applikationer för tåg och järnvägar	56
7.8.1	Satellitbaserade järnvägsprojekt i Europa	56
7.8.2	Satellitbaserade järnvägsprojekt i USA, ,	59
8	Fasta övervakningssystem	62
8.1	Fasta övervakningssystem eller fordonsburna?	62
8.2	Bromsdiagnos genom fast övervakning av hjultemperatur	64
8.2.1	Hjultemperatur ersätter bromsprov vid ECP-broms?	65
8.3	Trendanalys vid fast övervakning	66
8.3.1	CN system för analys och larm vid varmgång	66
8.3.2	TTCI utvärderar system för varmgångskontroll	67

8.3.3	UP inför central analys av data från fast övervakning	67
8.3.4	InteRRIS (Integrated Railway Remote Information Service)	68
9	Europeiska övervaknings-produkter	69
9.1	SKF axellager med inbyggda givare	69
9.2	BoMo Bogie Monitoring System	69
9.3	Socratec GMBH	70
9.4	Kayser-Threde / Transportdata	71
9.4.1	NavMaster vid DB Cargo – eCargoService	72
9.4.2	Säkerhetssystem för godsvagnar med skjutdörrar – WSS (Wagon Security System)	73
9.5	Övervakning av tankvagnar med farlig last	74
10	Amerikanska övervaknings-produkter	76
10.1	Det amerikanska systemet för fordons-identifiering	76
10.1.1	AEI, Automatic Equipment Identification	76
10.1.2	AEM, Automatic Equipment Management	78
10.2	System för bokning av godsvagnar	78
10.3	Sky Eye Railway Services, Inc	78
10.4	StarTrak LLC	79
10.5	I.D.Systems, Inc	79
10.5.1	Övervakning av systemtåg	79
10.5.2	Övervakning av oberoende vagnar	80
10.6	Triant Technologies	80
10.7	ALSTOM och AEA Technology	81
10.8	GE Harris Harmon Railway Technology	81
10.9	Salient Systems, Inc.	82
11	GSM-system för åkeri- och återvinningsbranschen	83
11.1	GSM larmar nät containern är full	83
11.2	GSM-positionering införs	84
12	Projektet F-MAN inom UIC	85
12.1	On line fleet management	86

12.2	Vagnpoolen	86
13	Intern kommunikation i tåg	87
13.1	Intra Train Communication (ITC) network	87
13.2	ROSIN	88
13.3	Train Communication Network, MVB och WTB	88
13.4	Profibus	88
13.5	CAN	88
13.6	LON	89
13.7	FIP	90
13.8	TrainTalk för radiobaserad ECP-broms	90
13.9	Kabelbaserad tågbus för intelligenta godståg	90
14	Extern kommunikation i tåg	91
14.1	MORANE	91
14.2	EIRENE	91
14.3	GSM-R	91
14.4	Mobisir	93
14.5	GSM	93
14.6	Radiokommunikation via satellit	94
14.7	Kommunikation via transponder	94
14.8	Kommunikation via IR-optik	94
	Litteratur och referenser	95

1 Inledning

Vid ombordbaserade system av den typ som kallas ”intelligenta godståg” används teknik och begrepp som beskrivits i tre andra delrapporter: Bromssystem, Fördelad dragkraft samt Automatkoppel. I denna delrapport möter man namn på system och vissa begrepp varav de viktigaste sammanfattas här.

ECP-bromsar (Electronically Controlled Pneumatic brakes) är ett amerikanskt styrsystem för pneumatiska bromsar. Ursprungligen utvecklades två varianter, kabel- respektive radiobaserad ECP-broms. Den kabelbaserade ECP-bromsen använder en enkel tvåledarkabel genom tåget som används för såväl seriell överföring av digitala styr- och informationsmeddelanden i båda riktningarna som för överföring av elkraft.

Vid radiobaserad ECP-broms sker dataöverföringen trådlöst och repeteras bakåt respektive framåt längs tåget i korta hopp av mottagare/sändare som är inbyggda i varje fordon. Den kabelbaserade har utvecklats av ett antal olika företag och AAR i samverkan. En öppen standard är antagen och fastställd av den amerikanska organisationen AAR. Olika konkurrerande produkter finns som alla måste uppfylla normen och kunna fungera tillsammans med varandra. Kabelbaserad ECP har provats på många olika järnvägar och börjar nu införas i Sydafrika för speciell tung koltrafik.

Den radiobaserade utvecklades av ett företag som har patenträtten. Den har bara provats i ett egentligt längre försök och järnvägsbolagen tycks inte längre ha något intresse för denna variant.

ECP-systemet måste vara ett säkerhetsrelevanta system med mycket höga krav på funktionssäkerheten respektive på hur systemet skall bete sig om fel trots allt uppstår. Det finns stor överkapacitet hos ECP-systemet som kan användas för andra styr- och övervakningsuppgifter. Detta gör att ECP-systemet successivt kan utvecklas mot att bli ett IT-system för ”intelligent godstågssystem” när fler sådana uppgifter integreras.

DP (Distributed Power) är den amerikanska benämningen för tekniken med fördelad dragkraft i godstågen. Lokomotiv som går fördelade enskilt eller i grupper på olika ställen i tåget fjärrstyrs från det främsta loket i tåget. DP medför olika fördelar som att en förare kan köra ett mycket långt tåg, att man kan köra mycket långa tåg utan att dragkrafterna i tåget blir för stora och att den dynamiska lokbromsen (elektriska motståndsbromsen) kan utnyttjas i långa tåg utan att tryckkrafterna i tåget blir för stora. Därför kan den dynamiska bromsen användas i så hög grad som möjligt vilket är fördelaktigt på flera sätt.

Tidigare användes radio för styrningen av DP-systemen, men nu har DP-system utvecklats som är integrerade med ECP-bromsens styrsystem och som styrs via kabeln. Detta är ett exempel på en synergieffekt, där ECP-systemet utökats för ytterligare styruppgifter.

I Europa har två motsvarigheter till ECP-bromsar varit aktuella, först ett tyskt system kallat EBAS samt senare projektet FEBIS/EFIS.

EBAS är en förkortning av det tyska namnet *Elektrische/elektronische Brems-Abfrage*. Detta är ett tyskt projekt inom Deutsche Bahn AG (DB AG). Utvecklingen har gjorts tillsammans med olika partners men alla rättigheter till systemet tillhör DB AG. EBAS har utvecklats för att effektivisera godstrafiken med fokus på automatiseringsmöjligheter, övervakning och styrning inom ett brett fält, inklusive en datorstyrd pneumatisk broms avsedd för tåg med begränsad längd, högst ca 800 m. EBAS har kommit till en viss begränsad praktisk användning.

FEBIS är ett för DB i Tyskland och SNCF i Frankrike gemensamt projekt. Uppdraget att utveckla systemet och genomföra försök gick till ALSTOM och SAB WABCO som bildat ett konsortium SWAT för ändamålet. Systemet FEBIS (Freight Electronic Brake and Information System) kallas också EFIS (European Freight Intelligent System). Båda namnen antyder att stor vikt lagts vid informationssystemet i det intelligenta vagnar godståget, dvs. även övrig övervakning och styrning. Avsikten var att utveckla både kabel- och radiobaserade varianter åtminstone för försök.

INTELFRET är ett europeiskt projekt rörande intelligenta godståg som beskrivs i denna rapport.

I projektet FEBIS liksom i INTELFRET är målsättningen att kunna köra godståg med en tåglängd på minst 1000 m och helst på 2250 m och med maximalt 125 fordon (datanoder) i tåget varav upp till 16 dragfordon. Senare har det visat sig att tåglängden inom UIC av utvecklingsekonomiska skäl måste begränsas till maximalt 750 m. Utvecklingen av FEBIS tycks ha avstannat, men vissa sonderingar har gjorts för att hitta intresserade kunder för finansiering av en fortsatt utveckling. Den kabelbaserade varianten av FEBIS har dubbla kabelsystem medan ECP-bromssystemet har en kabel genom tåget. FEBIS använder också ett mera sofistikerat kommunikationsprotokoll och bromssystem, vilket gör att prestanda men också kompliciteten är högre och kostnaden kan antas vara betydligt högre. Detta har troligen bidragit till att utvecklingen av FEBIS avstannat.

Automatkoppel kan bidra till effektivisering genom att de är lättare och snabbare att handha än våra nuvarande skruvkoppel, vilket skulle rationalisera rangeringsverksamheten. De medger också längre och tyngre tåg framför allt vad gäller dragkraften och i någon mån när det gäller tryckkrafterna i tåget utan att risk för urspårning uppstår. Automatkoppel är intressanta eftersom de kan anpassas för fjärrstyrd avkoppling och för automatisk mekanisk tillkoppling, samt för automatisk koppling av huvudledningen (luftledningen) och de elektriska ledningarna som behövs för signal- och elkraftöverföring i ECP-bromsade tåg och andra intelligenta godståg med kabelbaserad datorkommunikation.

2 Intelligenta godståg

2.1 Allmänt

Begreppet ”intelligent godståg” kan enklast beskrivas som ett tåg utrustat med ECP-bromssystem med integrerad DP som utökats till att omfatta ytterligare övervaknings- och styruppgifter. De amerikanska ECP-systemen är avsedda att kunna utökas på detta sätt och har dator- och kommunikationskapacitet reserverad för detta. Även de europeiska datorstyrda pneumatiska bromssystemen EBAS och det ofullbordade projektet FEBIS/EFIS är tänkta att omfatta sådana utökade uppgifter. Den grundläggande basfunktionen, det elektroniska styrsystemet för tågbronsen är av största betydelse i det intelligenta godståget eftersom det ger en snabbt och samtidigt verkande, lätthanterlig och säker tågbrons som tillåter längre och tyngre tåg samt automatiska och säkra funktioner som effektiviserar tågbildningen, bromsprovningen och framförandet av tåget. Genom att ECP-systemet i sig självt redan måste uppfylla höga krav på säkerhetsrelevans kan det användas för ytterligare automatiserings- och fjärrstyrningsuppgifter som ställer sådana höga säkerhetskrav.

Ett europeiska projekt INTELFRET har tagit fram ett funktionellt underlag för ett europeiskt intelligent godståg och rangordnat tänkbara uppgifter för intelligenta godståg efter deras betydelse för effektiviteten och konkurrensförmågan för godstransporter på järnväg, se kapitel 3.

Hittills har bara ett fåtal övervakningsuppgifter, t ex urspårningsdetektering med accelerometrar, implementerats i det amerikanska kabelbaserade ECP- och DP-systemet utöver det som ingår i ECP-systemets interna övervakning för att säkerställa broms- och fjärrstyrningsfunktionerna. Det amerikanska ECP-bromssystemet är än så länge inriktad på användning i tunga systemtåg för kol, malm etc., i den typ av trafik som benämns heavy haul. Detta förklarar varför funktioner som är viktiga för allmänna godstransporter med vagnslaster men mindre viktiga vid systemtåg ännu inte ingår, t ex automatiserade funktioner som underlättar TSC-konceptet (Train Sharing and Coupling, se 2.6).

Det intelligenta godståget har ett informations- och styrsystem som består av en öppen distribuerad datorarkitektur med datorer fördelade på lok, vagnar samt på EOT- (End Of Train) enheten om sådan finns. EOT-enheten används för att övervaka att huvudledningen är öppen och i funktion ända till tågslutet. I USA finns krav på att tåg är utrustade med en EOT. Begreppet öppet datorsystem innebär flera saker, bl.a. att konfigurationen är öppen för att ansluta ytterligare datorer/fordon eller ta bort datorer/fordon i tåget, att systemet är öppet för att införa nya applikationer och funktioner samt att systemets standard är öppen och tillgänglig för olika tillverkare.

För kommunikationen mellan enheterna inom tåget finns ett datornät (tågbus, trainbus) som kan vara kabel- eller radiobaserat med tillhörande kommunikationsprotokoll och programvaror. Utvecklingen i USA har gått mot enbart kabelbaserade ECP-bromsar och det faktum att intresset i Europa avtagit för FEBIS/EFIS, som höll öppet för både kabel- och radioalternativen, gör att radioalternativet nu i praktiken kan anses vara utslaget i kampen mellan de två

alternativen¹. Datorsystemen är uppbyggda med en master på det ledande loket och slavar på övriga lok, godsvagnar och i EOT-enheten. Systemet måste ha multimasterförmåga så att en slav kan ta över som ny master i krissituationer om den ursprungliga mastern inte fungerar eller kontakten mellan olika delar av tåget förloras. Det måste då bildas en ny master i varje separerad del av tåget som tills vidare tar över. Då felet avhjälpes skall systemet lätt kunna återgå till den ursprungliga konfigurationen.

Systemets förmåga att kunna konfigurera sig självt i en automatisk process är en avgörande egenskap vid godståg. Tåget bildas i utgångsläget av många vagnar vid rangeringen därefter kan det upprepade gånger ombildas genom att nya vagnar tillkommer och andra vagnar kopplas från. Fordonen som ingår i allmänna godståg kan vara av många olika typer. Informationssystemets deltagare varierar alltså beträffande antal, typ och egenskaper med godstågets sammansättning. Varje fordon har ett minne i vilket data om det egna fordonet finns lagrade. Dessa uppgifter används av systemet vid tågbildningen för att beräkna uppgifter om tågets vikt, längd, bromsvikt, bromstal etc.

2.2 Insamling av mätdata

För övervakningen av fordon och last behövs givare för att mäta och omvandla olika fysiska storheter som läge, hastighet, tryck, temperatur etc. till elektriska analoga signaler. I enkla fall kan det vara en signal från en gränslägesbrytare med två lägen till/från eller en binär signal som fås genom att amplituden på en uppmätt analog signal jämförs i en komparator som ger två alternativa utvärden:

1. Larmsignal till datorn då givarsignalen överskrider tillåtet gränsvärde
2. Inget larm då givarsignalen ligger inom tillåtet värde

I andra fall räcker det inte denna enkla information utan mätvärdets storlek i digital form önskas, så att det kan lagras, sändas vidare i signalmeddelanden och databehandlas. För detta behöver den analoga signalen omvandlas till en digital binärkodad signal i en AD- (analog-digital) omvandlare.

Beroende på vad som mäts kan signalens medelvärde, effektivvärde (RMS-värde) eller toppvärde vara av intresse vid bedömningen. Vid signaler från accelerometrar är effektivvärdet av intresse då accelerationer skall mätas och toppvärdet då man vill registrera stötar se 3.5.

Vid AD-omvandlingen ”fryses” den analoga signalens värde (samplas) i vissa ögonblick (samplingsögonblicket) genom en ”sample and hold krets”. Därigenom hålls mätvärdet konstant under den tid det tar att utföra AD-omvandlingen. Den frekvens med vilken samplingen upprepas kallas samplingsfrekvensen och den måste anpassas till frekvensen på den analoga signalen enligt samplingsteoremet. Samplingsfrekvensen måste vara tillräckligt hög i förhållande till den analoga signalens frekvens. Före samplingen lågpasfiltreras den analoga signalen för att filtrera bort ovidkommande delar av högre frekvens, störningar och brus i signalen.

¹ Railway Age, January 2004, sid 65 – 66: *What’s putting the brakes on ECP in the U.S.?*

En sådan anordning kan antingen vara speciellt utvecklad för att vara anpassad till sin uppgift och miljö på godståget. Det marknadsförs också färdiga kort och anordningar "data acquisition cards" för användning i laboratoriemiljöer, processindustrier etc.

Om ett antal olika analoga signaler skall tas om hand på samma fordon och av samma dator kan det räcka med en datainsamlingsanordning. Först bör de analoga utsignalerna förstärkas så att de alla ligger inom ett gemensamt lämpligt område för den vidare signalbehandlingen, t ex spänningsområdet 0 V – 5 V, 0 V – 10 V eller 0 mA – 20 mA vid mätanordning med strömslinga. Respektive signal leds därefter till en scanner eller analog switch/multiplexer som vidarebefordrar en signal i taget för AD-omvandling. Scanningsfrekvensen kan individuellt anpassas för varje inkommande mätkanal.

Denna för olika mätkanaler gemensamma användning av delar av informationssystemet gör att det kan bli en fallande kostnad per mätuppgift då ytterligare mätuppgifter tillkommer, så länge resurserna i informationssystemet inte behöver byggas ut. Om man passerar en kapacitetsgräns som kräver utbyggnad kan det där bli ett kostnadssteg varefter kostnaden per mätuppgift på nytt faller då ytterligare mätuppgifter tillkommer.

De insamlade värdena behandlas och behålls inom slavdatorn på respektive fordon (slavlok eller godsvagn). Normalt vidarebefordras de inte till masterenheten. Bara om det föreligger en larmsituation, på grund av att tillåtna värden överskrids, skickar slavenheten meddelande till masterenheten på det ledande loket där problemet tas om hand av systemet och/eller föraren beroende på felets allvarlighetsgrad och tidskravet på snabb reaktion. Systemet utlöser automatiskt vid vissa kriterier ögonblicklig nödbromsning.

Detta förfarande kallas undantagsbaserad kommunikation (exemptionbased communication) och syftar till att reducera datatrafiken på nätet. Ett stort antal godsvagnar i tåget skall inte ideligen skicka information till mastern om värden på sådant som fungerar som det skall. Däremot kan masterenheten på det ledande loket när den vill tillfråga olika vagnar och lok om tillstånd och mätvärden. Detta förfarande kallas pollning.

Vissa mätresultat i ett intelligent godståg behöver relateras till de styrorder som utgått från ECP-systemet och kan inte jämföras med konstanta gränsvärden. Trycket i bromscylinern skall t ex stämma med det för ögonblicket beordrade. Detta beskrivs i avsnitt 2.4.

Fördelen med det intelligenta godståget är att det självt och snabbt kan ta hand om problem som uppstår på tåget utan att gå omvägen om markbaserade ledningscentraler. Trots det kan det vara önskvärt att viss information regelmässigt eller på anmodan sänds från tåget till ledningscentraler. Det ledande loket sänder då t. ex information om tågets position samt sådana uppgifter om tillståndet på lok, vagnar och last som är av intresse till markfasta tåglednings- och eller andra övervakningscentraler. Därifrån kan information sedan vidareföras genom Internet eller på annat sätt till berörda, t ex speditörer, godskunder och underhållsansvariga för godsvagnar och lok etc. Loket behöver därför vara utrustat med ett system för positionsbestämning, t ex GPS-system samt med ett externt kommunikationssystem, t ex GSM-R.

2.3 Övervakning av containrar och last

Övervakningsanordningar kan vara fast anordnade på en container eller direkt applicerad på lasten för att följa med containern eller lasten då den byter transportbärare vid intermodala transporter. Om sådana övervakningsanordningar ska kunna anslutas till och kommunicera med godsvagnens sladdator för att ingå i det intelligenta godstågets övervakningssystem behövs en anordning för dataöverföring mellan vagn och container respektive mellan vagn och last. Dessutom kan överföring av elkraft från tåget/vagnen behövas för att underhållsladda erforderliga batterier i containern eller i mätanordningen på lasten. En robust överföring av signaler och elkraft mellan containern och vagnen är ett svårt tekniskt problem beroende på den bristande noggrannheten i inriktningen mellan container och vagn. Olika alternativ är tänkbara för automatisk anslutning med kontaktdon för galvanisk eller induktiv överföring av signaler och elenergi eller med lågeffekts radioöverföring av signaler. Denna frågeställning har utretts inom projektet INTELFRET. Radio anses mindre lämpligt eftersom det finns risk för interferens och störningar från angränsande vagnar och från andra containrar på samma vagn. Ett induktivt kontaktdon (Inductive Coupler Unit, ICU), monterad på vagnen och containern, bedöms vara den bästa lösningen.

2.4 Fjärrstyrning av organ och ställdon

I det intelligenta godståget kan finnas olika verkställande organ, t ex ställdon som styrs via elektriska signaler från informationssystemet. I första hand finns de styruppgifter som hör direkt samman med DP/ECP-systemets säkerhetsrelevanta tillämpningar. Det behandlas i rapporten Bromssystem. Därutöver kan behövas ställdon för andra ändamål som att öppna eller stänga bottenöppningsluckor i kol- och malmvagnar, fjärrmanövrera automatkoppel, parkeringsbromsar, huvudledningens kopplingsventiler samt bromsläge G, P, R etc. I enklaste fallet är det fråga om två alternativa ändlägen t ex till/från, fullt öppen/helt stängd etc, i andra fall behövs flera inställningslägen eller i det närmaste kontinuerligt variabel inställning.

I fall som inte är kritiska ur säkerhetssynpunkt kan det möjligen räcka med att skicka styrsignalen utan att kontrollera att organet blir riktigt omställt. I andra fall behövs en återföring som bekräftar att donet ställts om till sitt rätta läge. Det kan ske på olika sätt, t ex genom elektriska gränslägesbrytare för att kontrollera att respektive ändläge uppnåtts. I fallet med kontinuerlig inställningsmöjlighet behövs lägesgivare.

Att kopplingsventiler i bromsledningen är öppna kan verifieras med tryckgivare. T ex skulle ECP-bromssystem genom återföring av pålagda variationer i huvudledningstrycket i samtliga fordon i tåget samt i EOT-enheten kunna kontrollera att huvudledningen är öppen och intakt. Att fastställa om kopplingsventilerna verkligen är fullt öppna är svårare att göra på detta sätt. Möjligen kan man mäta luftflödet i huvudledningen men det finns inte flödesmätare i godsvagnar. Alternativt skulle tiden det tar för att höja ledningstrycket i vagnarna längs tåget kunna ligga till grund för en automatisk bedömning, men den tiden är beroende på konsumtionen av luft längs tåget.

Luftflödet påverkas t ex av om förrådsluftbehållarna är tomma när systemet börjar laddas och av volymerna i ledningarna och lufttankarna i de olika vagnarna längs tåget

Då systemet beordrar ett inställningsvärden som kan variera mellan ett min- och ett maxvärde till det aktuella organet överförs kommandot på datanätet adresserat till slavedatorn på berörda fordon med en order att utföra åtgärden med ett digitalt börvärde. Ombord på det enskilda fordonet omvandlas kommandot till en styrsignal (börvärde) som styr en återkopplad servokrets för det aktuella organet. Det verkliga värdet (ärvärdet) mäts av en givare och återförs i form av en elektrisk signal. Skillnaden mellan bör- och ärvärden jämförs och skillnaden, felsignalen, förstärks och styr servot tills rätt värde uppnåtts inom en viss tolerans – servofelet.

Bara börvärdena behöver sålunda överföras med styrorder på databussen inom tåget. Återkopplade signaler behövs bara inom den lokala servokretsen på fordonen. Kan den beordrade inställningen inte kan effektueras i något fordon har ett fel uppstått. Då skall slavedatorn på fordonet rapportera detta till masterdatorn på det ledande loket som får vidta lämpliga åtgärder med anledning av felets art och allvarlighetsgrad. Detta kallas undantagsbaserad kommunikation.

Styrorder kan adresseras som ett gemensamt meddelande (broadcast) till samtliga fordon i tåget eller adresserat till ett enskilt fordon (unicast). Olika broms- eller styrbeteenden etc. kan sålunda beordras till fordonen inom tåget.

2.5 Informationssystemets uppgifter

Informationssystemet på det intelligenta godståget skall används för att automatisera och styra funktioner ombord på tåget med syfte att effektivisera rangering, tåg(om)bildning, tågets gång samt att samla in, lagra, bearbeta och vidarebefordra information om fordonet som behövs för att underhållsinstanser skall kunna göra underhållsbedömningar av fordonen och för att trafik- och logistisk övervakning av transporten skall ske. Detta kräver att det finns informationsöverföring mellan tåget och de ledningsorgan som styr och kontrollerar tågtrafiken, fordonens underhåll, logistisk övervakning etc.

Här erbjuder det intelligenta godståget möjlighet för alla fordon och applikationer i tåget att kommunicera via tågbusen med mastern på det ledande loket. Därifrån vidarebefordras den aktuella information till ledningsorganen via en för hela tåget gemensam kommunikationsanordning mellan tåg och markfasta organ.

Bortsett från de styruppgifter som direkt hör ihop med DP/ECP-funktionerna kan t ex följande fjärrstyruppgifter tillkomma:

- från- och tillkoppling av vagnar (förutsätter styrbart automatkoppel med automatisk koppling av bromsens huvudledning samt el-/signalledningar)
- öppning/stängning av huvudledningens kopplingsventiler
- in-/urkoppling av reflexionsfria elektriska ledningsavslutningar i tågbusens främre och bakre ända (end terminator). Den bakre kan eventuellt vara permanent inkopplad i EOT-enheten
- öppning och stängning av bottenluckor vid bulklast

- öppning av dörrlås på godsvagnar med inbrottsskydd
- tillsättning respektive lossning av parkeringsbroms på godsvagnar och lok etc. (se även rapporten Bromssystem).

Systemet används vid tåg(om)bildning för att automatiskt ta fram erforderliga uppgifter om tågets sammansättning, ingående vagnar, deras ordningsföljd, fordonens orientering (vilken fordonsända som är riktad framåt), beräkna tågvikt, bromsvikt, bromstal, tåglängd, samt ta fram uppgifter om för trafikeringen viktig information om tåget och dess ingående delar, t ex största tillåtna hastighet, ingående farlig last etc. Informationssystemet på tåget bör i samverkan med extern information från databaser på lednings-/övervakningscentraler kontrollera tågets sammansättning med hänsyn till linjebokens krav på: bromstal, högsta tillåtna axellast, största tillåtna linjelast (metervikt), högsta antalet lokaxlar i följd på vissa broar, högsta antalet ellok i följd som kontaktledningen tillåter etc, jämför projektet RUNE i avsnitt 7.8.1 samt Informationssystem för lokförare och ledningscentraler i 7.8.2.

2.6 Intelligenta godståg skall stöda TSC

Det intelligenta godståget² skall understöda moderna och effektiva koncept för godstrafik som TSC (Train Sharing and Coupling) och modulära system³ för godståg. TSC-metoden innebär att flera mindre tåg enkelt och snabbt skall kunna sättas ihop till ett stort tåg som framförs av en förare på en gemensam sträcka och sedan lätt och snabbt delas upp i de mindre tågen igen⁴. Under färden kan mindre tåg tillkomma eller kopplas från vid olika förgreningspunkter.

Vid TSC är det önskvärt att all den information om de olika deltågen som finns lagrad i databasen på deras respektive ledande lok kan behållas när ett större tåg bildas så att de mindre tågen snabbt kan återbildas med sin information när de på nytt ska kopplas från. Likaså bör informationen om det stora tåget kunna bildas genom summering respektive subtraktion när ett mindre tåg kopplas till respektive skiljs av. I annat fall måste hela den automatiska procedur som kallas "initialization and sequencing" vid ECP-bromssystem (uppstart av systemet, bestämning av ingående fordon, insamling av fordonsdata och bestämning av fordonens ordningsföljd etc.) göras om från början vid varje tillfälle som ett tåg sätts samman eller delas.

² Marc Guigon, SNCF: *Intelligent Freight Train*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

³ Markus Bürkl, DB AG: *Modular Freight Train System*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

⁴ Heinz Weinmann, Deutsche Bahn AG: *New procedures of coupling and splitting-up trains*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Motsvarande gäller när ett skytteltåg med lok i båda ändar byter färdriktning och ledande lok. Då bör man snabbt kunna växla mellan de två som ledande lok. Det kräver att informationen om tåget automatiskt överförs mellan loken och att ordningsföljden på fordonen ändras för den nya färdriktningen. Det automatiska bromsprovet för tågbronsen bör kunna begränsas till att bara testa det som är nödvändigt med anledning av ändringen.

Funktionen för fjärrstyrning av slavlok (DP) behöver likaså automatiskt och snabbt kunna ställas om och provas vid byte av ledande lok. Hit hör fjärrstyrningen av körlägen, styrningen av den elektriska/dynamiska lokbronsen och styrningen av direktbronsen i de fjärrstyrda loken etc.

I USA krävs att tågen är utrustade med en EOT- (End of Train-) enhet. Om EOT-enheter införs i Europa behöver dessa också kunna hanteras snabbt för att underlätta tågombildningen vid TSC. Olika typer av EOT-enheter och deras funktionssätt beskrivs i rapporten Bromssystem. Det finns det två olika typer av EOT-enheter:

- Separata bärbara EOT-enheter som manuellt ansluts till broms- och el-/signalledningar och som hängs på kopplet i tågslutet. De kräver att växlingspersonalen anbringar och kopplar in respektive kopplar från och tar bort EOT-enheten. Dessutom måste enheterna föras med på tågen för att snabbt finnas till hands när de ingående deltågen (subtrains) skall kopplas från och på nytt bilda nya egna tåg
- Fordon avsedda för intelligenta godståg kan ha permanent inbyggda EOT-funktioner i fordonet för båda färdriktningarna. I USA finns denna funktion på vissa ECP-utrustade lok. Genom automatik kan EOT-funktionen startas på sista fordonets bakre ända vid tågbildningen. Detta är en säkerhetskritisk funktion och det måste vara säkerställt att en EOT aldrig felaktigt kan bildas i tåget.

2.7 Samfunktion med ERTMS

I framtiden kommer trafiklednings- och säkerhetssystemet ERTMS (European Rail Traffic Management System) att ställa särskilda krav på tåg i Europa. I ERTMS nivå 3 finns det inte längre några spårledningar eller system med axelräknare för att säkerställa hinderfriheten på spåret. I stället skall tåget självt med ett ombordbaserat positionsbestämningssystem noggrant bestämma och fortlöpande meddela sitt läge längs spåret samt kontinuerligt kontrollera tågintegriteten så att inga fordon i tåget på något sätt kan bli avkopplade och lämnade på spåret utan att ERTMS får omedelbar information om detta. Tågets längd och den del av spåret som tåget belägger i förhållande till det ledande lokets position måste noggrant bestämmas. För att kontrollera att bromssystem, kommunikationssystem och övervakning fungerar och har avsedda prestanda måste integriteten i huvudledningen, i databussen (tågbusen), bromsfunktionerna och den eventuella EOT-enhet övervakas.

I utvecklingsnivå (level) 3 har ERTMS flytande blocksträckor som följer med tågen och variabel blocklängd. Blockens längd beror på de olika tågens längd, hastighet och bromsprestanda. Detta ger i sig ökad trafikkapacitet på banorna.

Det kan då bli möjligt att ytterligare öka trafikkapaciteten på ett banavsnitt med hög beläggning genom att sänka hastigheten, vilket ger kortare blocklängder och mindre avstånd mellan tågen.

I nivå 3 finns bara fast programmerade referensbaliser som saknar kommunikation med ERTMS. Kommunikationen mellan tågen och ERTMS-systemet sker via radio (GSM-R).

Varje gång tåget passerar en balis uppdaterar tåget sitt läge, därefter beräknar tåget själv sitt läge längs spåret genom att mäta tillryggalagd distans. Det kan ske genom signaler från takometergeneratorer eller från pulsgivare på hjulaxlar som integreras till distans (odometrar), med dopplerradar eller på andra sätt (se 7.6).

Ett antal projekt i Europa och USA är inriktade på utveckling av nya trafiklednings- och säkerhetssystem där kostnadskrävande funktioner i infrastrukturen som spårledningar, optiska signaler, styrning av vägskyddsanläggningar etc ersätts med ombordbaserad system (se 7.8.1 och 7.8.2). Detta är av särskilt intresse vid trafiksvaga banor.

2.8 Eget GPS- och GSM-system för vissa vagnar?

Införandet av intelligenta godståg liksom övergång till ECP-bromsar kräver en lång omställningsperiod. Detta gäller i högre grad för allmän godstrafik, medan omställningen för systemtåg, som kan hållas ihop permanent, är betydligt enklare. Under omställningstiden existerar både nya och tidigare system parallellt. Detta innebär att vagnar utrustade för att ingå i intelligenta godståg ofta kommer att ingå i konventionella tåg. Där de inte kan fungera på avsett sätt eftersom de inte kommunicera med masterdatorn i det ledande loket och inte heller få strömförsörjning från loket för underhållsladdning av batteriet.

Det kan vara viktigt att fortlöpande kontrollera godsvagnar och last även när vagnen är kopplad till ett konventionellt godståg. Detsamma gäller om vagnen blir avkopplad och ställd på något sidospår pga. fel på vagnen. Exempel på information som i sådana lägen kan behöva sändas till logistik- och trafikledningens centraler är:

- Vagnens geografiska läge (kräver att vagnen har eget GPS-system eller åtminstone GSM-positioneringssystem, se 7.5 och 7.6)
- Temperatur eller tryck vid (tank-) vagnar med farligt gods
- Temperatur vid kylvagnar med känsliga matvaror
- Inbrottsövervakning (se 9.4.2) vid vagnar som transporterar värdefullt gods eller gods som ställer särskilda säkerhetskrav, t ex vapen, ammunition, sprängämnen osv.

Därför kan vissa vagnar behöva ha utökade system (kombinerade system) för att kunna fungera både i intelligenta godståg och som autonoma system enligt kapitel 4.

I de amerikanska tåggemensamma radiobaserade övervakningssystemen från I.D.Systems, Inc (se 10.5.1 och 10.5.2), har enskilda vagnar som står uppställda möjlighet att kommunicera med övervakningscentralen via företagets högintelligenta antenner som finns installerade på bangårdarna, utan att någon kostnad debiteras för överföringen av datameddelanden.

3 INTELFRET

EU projektet INTELFRET har tagit fram ett funktionellt underlag för ett europeiskt intelligent godståg. Projektet bekostades av EU och ERRI var koordinator. Projektet pågick från den 1 augusti 1998 till den 30 juni 1999. Den 31 januari 2000 utgavs en omfattande slutrapport⁵ på 115 A4-sidor. Det betonades i rapporten att huvuddelen av godstågsoperatörerna i Europa samt den berörda industrin hade beslutat att börja implementera den nya innovativa tekniken senast under år 2000. Några uppgifter om någon fortsatt verksamhet därefter har dock inte hittats.

Syftet med projektet var att undersöka möjligheterna att använda ny innovativ teknik för att öka tillgängligheten, sänka kostnaderna och förbättra säkerheten för godstrafik på järnväg. INTELFRET har särskilt fokuserat på möjligheterna att använda ”intelligent” telematik ombord på godsvagnar och godståg. Projektet studerade operativa problem där telematik skulle kunna användas för att förbättra kostnadseffektiviteten och konkurrenskraften för ett nytt godstransportsystem och utarbetade funktionella specifikationer för detta.

3.1 Bättre konkurrensförmåga vid värdefullt gods

Bulktransporter är en traditionell och stabil marknad för järnvägen. Strävan är att komma in på marknaderna för de mera lönsamma godsslagen industriella halvprodukter och färdigprodukter. I INTELFRET har man klarlagt vad som har störst betydelse för kunderna och hur det påverkar deras val av transportmedel. Kvantifierade värden har tagits fram för att rangordna de kunderna mest värdesätter för dessa produktslag. Underlaget har hämtats från ett annat EU-projekt, EUFRANET.

Analysen visar att det viktigaste är att ett nytt godstågskoncept inriktas på följande förbättringar:

- Transportens pålitlighet, främst punktligheten och att minska risken för skador på godset

⁵ INTELFRET Final Report for Publication, 31 January 2000.

- Informationen om hur transporten fortskrider och om eventuella avvikelser från tidsplanen
- Flexibiliteten (modulariteten av tåg/transportstorlek samt en anpassningsbar frekvens i servicen att hämta respektive lämna vagnar och gods)
- Snabbare transporter och ökad hastighet avseende hela transportfunktionen från start till slutmål
- Minskade kostnader och flexiblere kostnadstariffer med bättre dokumentation och försäljningsservice

3.2 INTELFRETS huvuduppgifter

Uppgifterna överensstämmer med det som gäller för intelligenta godståg enligt kapitel 2.

3.3 Automatkoppel i INTELFRET

Fjärrstyrda automatkoppel med automatisk koppling av luft och elektriska ledningar är en viktig systemdel i det intelligenta godståget. De bidrar till snabbare tågbildning och underlättar tågombildningen vid TSC-konceptet.

Ett automatiskt koppel för INTELFRET bör baseras på de gällande UIC-lösningarna för automatkoppel som provats sedan 1970-talet. Rekommendationerna för INTELFRET gäller dels några speciella förenklingar på UIC-kopplarna samt att man håller dörren öppen för att framtida utvidgningar och för att samfunktioner med existerande koppel skall vara möjliga. INTELFRET-tåg måste nämligen kunna samfungera med andra existerande tåg i kommersiell trafik. Att INTELFRET bara skulle användas i speciell avskild trafik är inte acceptabelt.

Det innebär att automatkopplarna av typ AK69e/Intermat faller bort och att det återstår en typ av dragkoppel och några kombinerade drag/tryck koppel av godkänd UIC-typ. (AK69e, avsett för UIC, och Intermat, avsett för de dåvarande östeuropeiska järnvägarna, utvecklades i samarbete omkring 1970, se delrapporten Automatkoppel). Förutom den mekaniska kopplingen skall även huvudledningen (tryckluft) och den elektriska ledningen kopplas automatiskt. Huvudledningens kopplingsventiler skall kunna fjärrstyras till öppet respektive stängt läge. Kopplingsventilernas läge skall kunna fjärrövervakas (det gäller åtminstone vid UIC dragkoppel).

3.4 Övriga övervakning av fordon, containrar och last

INTELFRET anger följande viktiga parametrar som kan behöva övervakas:

- Accelerationer

- Shocker
- Tidsförlopp
- Lastens rörelse och lastförskjutning (inom vagnen)
- Temperatur
- Tryck
- Koncentrationen av någon specifik gas
- Läckage

Därutöver rekommenderas också övervakningsanordningar för:

- Stöldskydd och intrång
- Fukthalt

Vid farligt gods kan andra parametrar behöva övervakas för att garantera säkerheten.

3.5 Utvärdering av givarsignaler

Alla övervakningsfunktioner kan använda en gemensam procedur. Parametern mäts med en givare som omvandlar mätvärdet till en elektrisk signal. Signalen jämförs med acceptabla gränsvärden eller behandlas på något annat logiskt sätt för att avgöra om t ex lastens hälsotillstånd är godtagbart.

Responstiden samt signalbehandlingen av mätsignalen och dess registrering är viktiga. T ex kan både accelerationer och stötar mätas med accelerometrar. Vid mätningar av accelerationer är det lämpligt att mäta signalens effektivvärde (RMS, kvadratiska medelvärde) medan toppvärdena är av intresse⁶ när man vill mäta stötbelastningar (shocker). De senare kan mätas med toppvärdeskännande förstärkarkretsar "peak sense amplifiers". Olika typer finns som mäter absolutvärdet eller positiv och/eller negativ amplitud var för sig. Utvärderingen sker i vagnens dator som i INTELFRET benämns "Wagon On-Board Computer" (WOBC) som efter utvärderingen av signal bestämmer om larm skall sändas tågets centrala dator, som benämns "Central On-Board Computer" (COBC).

INTELFRET-specifikationen skall inte sätta begränsningar när det gäller typer av givare för övervakning av gods. Men det antas att de är av typer som avger en elektrisk utsignal som bör ligga inom följande omfång 0 – 5 V, 0 – 10 V eller 0 – 20 mA och som lätt kan jämföras med förprogrammerade gränsvärden. Det kan antingen ske inom den aktuella transducern (signalomvandlare sammanbyggd med givaren) eller i fordonets dator. Val av metod beror på förutsättningarna i olika applikationer. Om jämförelsen och signalbehandlingen sker inom transducern blir kommunikationen och tolkningen av utsignalen enklare.

⁶ INTELFRET, FINAL REPORT FOR PUBLICATION, sid 54.

3.6 Styrning av vissa parametrar

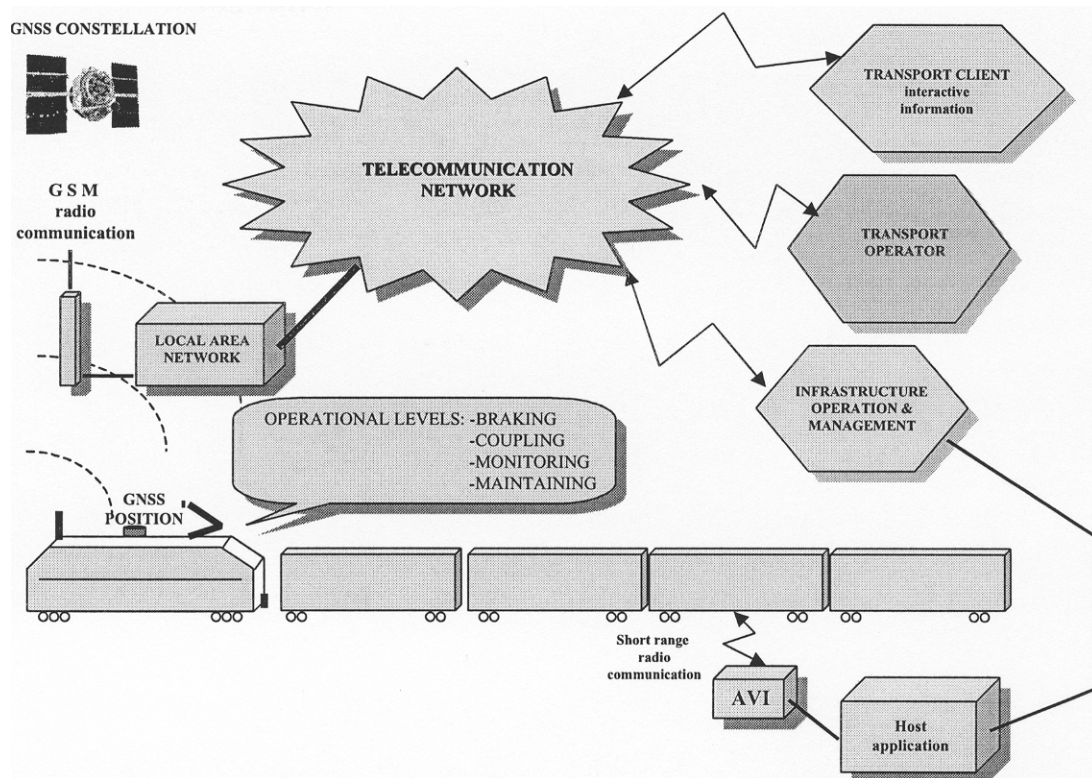
När det gäller tågoperatörernas och godskundernas behov av att styra av vissa parametrar för gods och godsmiljön har inga specifika funktionella krav ställts. Men förslag har lagts fram om att INTELFRET-funktionerna skall inkludera inställning av temperaturen i kyl/frysagnar. INTELFRET-systemet avses inte direkt styra kylaggregaten, men den önskade temperaturen skall kunna ställas in och den verkliga temperaturen skall kunna övervakas via INTELFRET (jämför 2.4).

Denna metod att via INTELFRET ställa in ett önskat parametervärde och sedan övervaka det verkliga värdet kan användas på alla tänkbara tillämpningar där en variabel styrs via ett lokalt återkopplat reglersystem (se även 2.4).

3.7 Informationsöverföringen mellan tåg och markcentraler

För att överföra önskad informationen mellan INTELFRET-tåget och nära eller avlägset belägna markfasta centraler behövs system som överför informationen. Det kan vara radiosystem med relativt kort räckvidd som överför informationen mellan tåget och sändare/mottagare nära spåret samt vidare via ett markfast kabelnät eller radiokommunikation. Exempel på överföring tåg – markanläggning kan vara via mobiltelefoni (GSM-R), kortvågsradio till markstationer och radiokommunikation via satellitförbindelser, se figur 1. EU projektet MORANE behandlar problemen med denna kommunikation.

Anta att en kund vill veta det geografiska läget på en container med värdefullt gods under transportens gång. Så länge container befinner sig på en godsvagn i ett fullt utrustat INTELFRET-tåg kan informationen sändas från loket. Men när inte detta gäller måste erforderlig utrustning finnas på containern. Containern behöver då ha ett GPS-system för att bestämma sin position (se 7.6) samt någon form av eget kommunikationssystem, t ex vanlig GSM-telefon om den skall fungera även utanför järnvägarnas område. GSM har dock dålig täckning inom glesbebyggda delar av landet samt beroende på terrängen, bergskärningar och tunnlar även på vissa andra delar längs banorna. Den speciella GSM-R för järnvägsändamål fungerar bara nära spårområden (se 14.3).



Figur 1: INTEL FRET samverkar via olika kommunikationsnät med omgivande ledningsorgan och använder GNSS för att bestämma tågets position längs spåret. (bilden från INTEL FRET Final Report for Publication)

3.8 INTEL FRET – basfunktioner

Basfunktionerna består av följande kärna av viktiga undersystem (subsystem) och komponenter:

- Tågets kommunikationssystem (för kommunikationen inom tåget mellan fordonen)
- Masterlokomotivets centrala ”intelligenta” undersystem
- Vagnarnas interna kommunikationssystem och databehandlingssystem

- Vagnarnas strömförsörjningssystem
- Signalöverföringen mellan fordonen i tåget av data och, beroende på vilken konstruktionslösning som valts, överföringen av elkraft

Basfunktionerna svarar mot de högst rankade förbättringarna (se 3.1) som man vill uppnå med INTELFRET. Dessa mest angelägna förbättringar är:

- Förkorta tiden vid tågbildning och tågsyning (kontroll av tåget) före avgång
- Förbättra godstågets dynamiska egenskaper under gång (höjd hastighet med bibehållen bromssträcka samt möjlighet att köra långa och tunga tåg)
- Höjd säkerhet
- Bättre och säkrare information om tåget och dess sammansättning
- Flexibilitet vid tågbildning

Dessa förbättringar är viktigast enligt INTELFRET för att godståg ska kunna slå sig in på fraktmarknaden genom minskning av kostnaderna och höjning av produktiviteten.

3.9 INTELFRET – övriga funktioner

Övriga funktioner (overlaid functions) är icke prioriterade. Det är funktioner som ska kunna läggas till utöver de grundläggande prioriterade basfunktionerna. Det förutsätter att informationssystemet är utfört för öppen access och att det finns en arkitektur och anordningar ”gateways” som medger elektrisk anslutning antingen till vagnarnas interna fordonsbussar eller direkt till den genomgående tågbussen.

Övriga funktioner kan avse automation, diagnos eller godsövervakning. De kan implementeras helt eller delvis, en efter en eller i kombinationer, beroende på det operativa behovet, funktionernas relevans för marknaden och om de behövs för kundanpassade servicelösningar.

Det finns systemtekniska begränsningar som måste beaktas:

- Det kan finnas begränsningar i datakapaciteten på tågbussen. Som nämnts kan databehandlingen i vagnen kombinerad med undantagsbaserad kommunikation bidra till att reducera mängden information som behöver överföras på tågbussen
- Kapaciteten på existerande och framtida externa informationssystem för operativ övervakning av godstransporter som ska ta emot information från INTELFRET-tågen
- Externa informationssystem ligger utanför vad som studerats inom INTELFRET. För att få optimalt fungerande system i samverkan med varandra måste man även beakta och analysera de externa informationssystemen

3.10 Implementeringen av INTELFRET

Avsikten enligt INTELFRET slutrapport var att först implementera basfunktionerna för att så snart som möjligt kunna börja med försök för att få underlag för den fortsatta verksamheten. Några uppgifter om försöksverksamhet har dock inte hittats (bortsett från tidigare försök med EBAS och vissa laboratieförsök i testrigg med FEBIS/EFIS bromssystem).

3.11 INTELFRET och ECP-systemen – vad skiljer?

Det amerikanska kabelbaserade ECP-systemet har i tio års tid provats i praktisk, tillämpad försökstrafik i Nordamerika och under några år i Sydafrika. Det radiobaserade ECP-bromsen har bara provats i praktisk trafik i ett australiskt tåg under en begränsad tid och används inte längre någonstans. Kabelbaserad ECP-broms införs nu för första gången i en total systemomställning inom koltrafiken i Sydafrika. På sista tiden har olika järnvägar i Kina och Australien visat stort intresse för ECP/DP-system. I Europa är det bara det tidigare tyska EBAS-projektet kommit till något praktiskt utförande. Som nämnts ovan tycks också implementeringen av INTELFRET i form av ett intelligent godståg ha avstannat eller snarare aldrig kommit igång.

INTELFRETS basfunktioner överensstämmer i stort med de amerikanska ECP-systemens huvuduppgifter liksom med de europeiska systemen EBAS och FEBIS/EFIS. INTELFRET lägger stor vikt vid att underlätta tågbildningen och att göra den snabbare. Det gör också det amerikanska ECP-systemet, men det används än så länge bara vid systemtåg av heavy haul-typ för kol- och malmtransporter. Där hålls vagnarna i hög grad ihop i samma tågsätt. Eftersom tågsättet kan vara ca 2-3 km långt och bestå av ett par hundra vagnar tar ändå en manuell tågbildning, tågsyning och bromsprovning lång tid. Den nuvarande specifikationen AAR S-4200 för kabelbaserad (liksom utkastet till S-4300 för radiobaserad ECP-broms) är i första hand inriktade på behoven vid dessa heavy haultåg. Specifikationerna är inte inriktade på någon förmåga att optimalt hantera tågombildning vid t ex TSC-konceptet. Nuvarande ECP-system klarar därför inte heller att överföra data om tåget mellan loken och att invertera ordningsföljden mellan ingående fordon då ett skytteltåg med lok i vardera ändan av tåget, skall byta körriktning och ledande lok.

Det är fullt möjligt att modifiera den amerikanska ECP-bromsen för att effektivt och snabbt hantera ändringar i databasen och för att göra förenklade automatiska bromsprov vid TSC- tåg och skytteltåg som byter körriktning. Detta förutsätter vid TSC-konceptet att de ingående mindre deltågen behåller sina lok. Om det nya större tåget bildas av blocktåg utan sina lok måste det nya tåget utföra den fullständiga initialiseringsprocessen som görs vid ECP-bromsade tåg. Detta gäller såväl för det kabelbaserade⁷ som för det radiobaserade⁸ ECP-systemet.

⁷ Robert Kull, Wabtec, Privat kommunikation

⁸ R J Foy, GE-HARRIS Railway Electronics, L.L.C, Privat kommunikation

Vad gäller den övriga övervakning av vagnar, gods och containrar samt tillhörande styruppgifter så ska ECP-systemen kunna utnyttjas för detta genom en kraftigt tilltagen överkapacitet vad gäller kommunikation och datorkraft. En sådan funktion som redan tillkommit för den kabelbaserade ECP-bromsen är kabelbaserad fjärrstyrningen av lok (DP). I företaget Wabtecs kabelbaserade ECP-broms finns det i elektronikenheten (CCD) på varje godsvagn två ingångar för anslutning av givare som kan vara analoga eller digitala. Det finns dessutom möjlighet att lägga till en intern dataövervakningsenhet i godsvagnen med en speciell databuss för övervakningsuppgifter, baserad på RS-485. Till dataövervakningsenheten kan upp till 32 intelligenta givarenheter anslutas⁹.

INTELFRET har en dator- och kommunikationsarkitektur som utformats med speciell hänsyn till övriga övervaknings- och styrfunktioner. Det innebär att det ska vara lätt att tillföra ytterligare övervaknings- eller styrfunktioner.

En skillnad ligger sålunda i sättet att närma sig problemen samt den inledande analysen då systemen utvecklades. INTELFRET har redan från början lagt mycket stor vikt vid att analysera de framtida behoven av och förbereda för övrig övervakning. Det amerikanska ECP-systemen utvecklades först och främst på grund av det konventionella bromssystemets svagheter vid långa och tunga tåg. Den övriga övervakningen ses där som uppgifter som kan tillkomma efterhand som utvidgningar av systemet.

INTELFRET torde liksom FEBIS/EFIS vara betydligt mera sofistikerat system än ECP-systemet med kraftigt tilltagna marginaler för framtida behov och därmed redan från början ett dyrt system. Det kan försvåra införandet när branschen i nuläget inte har så god lönsamhet.

När man skall implementera INTELFRET så är avsikten att börjar med de prioriterade basfunktionerna, åtminstone i den tänkta försöksverksamheten. Därmed blir det till en början mycket liten praktisk skillnad mellan INTELFRET och ECP-systemen.

3.12 Bara korta godståg inom UIC

Det har på senare tid hävdats att det inte är ekonomiskt möjligt att utveckla ett datorstyrt pneumatiskt bromssystem för långa godståg som kan bli godkänt inom UIC¹⁰. Anledningen är att det krävs en omfattande och dyrbar riskanalys och verifiering av systemet. Programvaran behöver uppfylla SIL4 (Safety Integrity Level 4) i CENELEC norm EN50128 vilket uppges medföra en orimligt hög utvecklingskostnad.

Genom att begränsa den maximalt tillåtna tåglängden till 750 m mot planerade 2250 m skulle man kunna komma undan med enklare verifieringen av programvaran (SIL2). Medan det tyska EBAS-systemet utvecklades för ca 800 m tåglängd är begränsningen till 750 m en viktig förändring och begränsning jämfört med både INTELFRET och FEBIS/EFIS- projektens målsättningar. I USA och på andra håll körs ofta långa tåg (2 till 3 km) utrustade antingen med AAR typ av kabelbaserade ECP-bromsar eller med konventionell pneumatisk AAR-broms i kombination med DP och EOT-utrustning.

⁹ Robert Kull, Wabtec, Privat kommunikation

¹⁰ Roberto Tione, Brake Control R&D Manager, SAB-WABCO, Privat kommunikation.

Även om Europas infrastruktur idag inte tillåter långa tåg, kan den begränsade tåglängden på sikt vara en nackdel särskilt på speciella godstågslinjer och för möjligheterna att till fullo använda TSC-konceptet. Med 750 m tåglängd skulle ett sammansatt TSC-tåg t ex kunna utgöras av 3 st mindre tåg var och ett ca 250 m långt och bestående av ett ellok (t ex Rc) samt i genomsnitt antingen ca 16 tvåaxliga godsvagnar med en längd av 14,2 m över buffertarna eller ca 11 boggivagnar (längd ca 20m). Med en största tillåtna axellast (stax) på 22,5 ton blir då tågvikterna för dessa tåg exklusive lok ca 720 ton i det 2-axliga fallet respektive 990 ton för boggifallet förutsatt absolut full last (100%). I allmän godstrafik kan man inte alls räkna med full last i hela tåget. Det betyder att lokomotiven inte kan utnyttjas maximalt i så korta tåg som fås om tre mindre tåg bildar ett stort tåg med maximal längd 750 m. Med system av typ F-MAN skulle andelen tomma godsvagnar kunna minskas i TSC-tåg genom Europa vilket skulle förbättra effektiviteten.

3.13 Standardiseringsbehov

Det viktigt att standarder skapas så att olika typer och fabrikat av övervaknings- och styranordningar enkelt kan anslutas (helst plugg and play) till det tåggemensamma datornätet och till de informationssystem som skall användas på godståg och vagnar i framtiden. Dessa standarder bör vara internationella och främst inkludera UIC, OSShD och AAR, dvs Europa och Ryssland m fl länder där samtrafik är aktuell samt Nordamerika som utgör en stor potentiell marknad för övervakningsanordningar. Många alternativa tillverkare med konkurrerande produkter på den stora marknaden leder till stora tillverkningsserier, ökad konkurrens och lägre priser. För att skapa erforderlig interoperabilitet måste standarderna åtminstone gälla för Europa och de länder som Europa kommer att ha direkt godstrafikutbyte med i framtiden.

På sikt kan det bli aktuellt med interkontinental och även transkontinental godstrafik. Då blir det större behov av att köra mycket långa godståg. Om det då uppstår speciella godslinjer (dedicated freight railways) i Europa eller om vanliga linjer då förses med signalsystem som kan anpassa blocklängder och försignalavstånd efter tågets bromsegenskaper kan det kanske bli möjligt att använda amerikanska ECP-bromsar eller en modifierad variant av dessa i Europa.

De amerikanska ECP-bromssystemen har som tidigare nämnts kommit långt i utvecklingen. De finns i tillämpad drift och införs nu för första gången i en total omställning till ECP-bromsar i Sydafrika. Detta betyder att serietillverkningen av ECP-bromsar nu tar fart på allvar och att speciell utrustning nu införs för att skapa interoperabilitet mellan ECP- och konventionella bromssystem.

Datorstyrda bromsar och IT-system styrs av mjukvara (datorprogram). Systemen blir därför flexibla och kan genom datorprogrammen anpassas till olika förutsättningar. Det öppnar nya möjligheter för att anpassa t ex ett amerikanskt ECP-system till europeiska förhållanden samt även för att utveckla interoperabla system som kan anpassas för långväga trafik över stora delar av världen. Detta kan pressa inköpspriserna, underlätta införandet och höja godstågens konkurrenskraft.

4 Autonoma övervakningssystem

I avvaktan på att informationssystem för hela tåget kommer fram utvecklas olika autonoma (oberoende) elektroniska system med egen kommunikationsutrustning för att övervaka en eller några funktioner inom den egna vagnen. Det finns även helt mekaniska övervakningssystem, t ex Oerlikon-Knorrs mekanisk-pneumatiska urspårningslarm som redovisas i det följande.

Att olika typer av autonoma elektroniska eller mekaniska övervakningssystem utvecklas utan att vara standardiserade och anpassade för att i framtiden ingå i INTELFRET eller något annat intelligent datorbaserat system för hela tåget torde bero på att det är angeläget att de snabbt kan tas fram och komma i användning. Man vet inte heller om och när INTELFRET eller någon annan typ av intelligent godståg kommer till stånd.

Så har fallit varit med det mekanisk-pneumatiska urspårningslarmet (se 6.1.1) som tagits fram efter tre allvarliga urspårningar med tankvagnståg i Schweiz efter 1990-talets mitt. Där ansåg man att något måste göras och att det inte fanns tid att avvakta utvecklingen av effektivare elektroniska urspårningsdetektorer och tågövergripande övervaknings och kommunikationssystem.

Oberoende övervakningssystem på enskilda vagnar har en del fördelar t ex:

- Enda möjligheten tills tåggemensamma informationssystem är i bruk i tillräcklig omfattning
- Vagnsägare/vagnsarrendatorer kan fatta egna beslut om införandet
- Om bara ett fåtal vagnar med viktig eller farlig gods behöver övervakas i ett stort tåg och man inte anser det ekonomiskt lönsamt att införa ett större system där alla vagnar ingår
- Om övervaknings- och positionsbestämningssystemet samt kommunikationsutrustningen skall fungera även när vagnen kopplas från tåget (t ex vid fel på vagnen)

Nackdelar med oberoende övervakningssystem är:

- Varje system behöver ha egen kommunikationsutrustning och en. GPS-mottagare för positionsbestämning
- Varje system behöver ha egen strömförsörjning för batteriets underhållsladdning alternativt ha ett batteri utan underhållsladdning men med mycket lång livslängd. Då måste emellertid kommunikationen begränsas
- Viktiga larm till föraren går från vagnen på radio, GSM-telefon eller liknande till en lednings-/övervakningscentral som meddelar föraren på det tåg vagnen tillhör för tillfället. Då gäller det att klara ut i vilket tåg vagnen befinner sig och hur man når föraren. Direkt förbindelse från det autonoma systemet i vagnen till föraren finns normalt inte. Meddelandet tar därför betydligt längre tid att nå fram till föraren än i ett intelligent godståg
- Den samlade kommunikationskostnaden blir hög om alla vagnar har egen GSM-förbindelse jämfört med att ha ett gemensamt externt kommunikationssystem i tåget
- Om oberoende övervakningssystem införs i stor omfattning och dessa inte utan dyr modifiering kan anslutas till ett intelligent godståg kan det minska intresset för och försvåra införandet av det intelligenta godståget.

Det är i praktiken svårt att ordna enkla och funktionssäkra system för att ladda batteriet i autonoma system. Axelgenerator har föreslagits men de har visat sig vara mindre funktionssäkra. Solceller är ett annat alternativ. Ofta är autonoma system försedda med batterier med lång livslängd, upp till 5 år, men utan laddningsanordningar. Livslängden påverkas av energiuttaget. Lång livslängd på batteriet kräver att kommunikationen begränsas till korta meddelanden som bara sänds en eller några få gånger per dygn. Batteriet skall ju även klara att strömförsörja GPS-systemet för positionsbestämningen, datorsystemet samt övriga övervakningsanordningar i vagnen.

Som framhållits i 2.8 kan ett kombinerat system behövas som både fungerar i det intelligenta godståget och som autonomt system då vagnen inte är kopplad till något godståg. Fördelen med detta är att man kan minska samtalskostnaden för kommunikationen och strömförbrukningen från vagnens batteri genom att i så stor utsträckning som möjligt använda lokets kommunikationssystem, positionsbestämningssystem och elkraft för att underhållsladda vagnens batteri samt att man inte behöver begränsa informationsflödet från vagnen till övervakningscentralen.

Man bör observera att för autonoma vagnar är det övervakningscentralen som får det första larmet när något allvarligt inträffar medan i ett intelligent godståg går larmet till det ledande loket där det omedelbart tas om hand av systemets automatik. Om tiden och läget så medger presenteras larmet först för föraren så att denne kan ingripa innan systemet självt ingriper.

5 Övervakning och styrning – behov och möjligheter

Intelligenta godståg medger övervakning och styrning av funktioner i stor omfattning. Systemet kan anses vara det ultimata för samordnad övervakning ombord, information om upptäckta fel kan snabbt tas om hand på det ledande loket och utlösa automatiska eller manuella motåtgärder.

Autonoma system måste begränsa övervakningen till ett fåtal uppgifter. Möjligheten att lösa styruppgifter i autonoma system är små. Fjärrstyrd låsning/upplåsning av dörrar på täckta vagnar från övervakningscentraler förekommer dock, se 9.4.2.

Markfasta system vid spåret (trackside systems) för övervakning kan erbjuda enkla och effektiva lösningar där kontrollen görs längst ut i funktionskedjan. Det gäller t.ex. när övervakning av hjultemperaturen används för bromsdiagnostik i ECP-tåg som framgår nedan. Övervakningen blir emellertid intermittent med kortare eller längre mellanrum beroende på hur långt avståndet är mellan övervaknings-anordningarna.

5.1 Övervakning av ECP-funktioner på fordonen

I ECP-bromsens system ingår automatisk övervakning av de olika funktionerna med mycket hög säkerhetsrelevans. På nuvarande utvecklingsstadium är återkopplingen i reglerkretsen och övervakningen av bromsfunktionen begränsad till övervakningen av lufttrycket i bromscylindern. Det finns inte givare som kontrollerar att bromsrörelsen verkligen fungerar ut mot bromsblocken och att dessa pressas mot hjulen med rätt kraft vid bromsningen respektive att bromsblocken inte ligger an mot hjulen då bromsen skall vara lossad. Om det införs skapas förutsättningar för att ersätta den manuella kontrollen av bromsen vid tågbildningen med automatisk kontroll som dessutom fungerar kontinuerligt under tågets gång. Risken för tjuvbroms av olika skäl, t ex att man glömt lossa parkeringsbromsar elimineras vilket minskar risken för hjulskador som hjulplattor och heta hjul som i sin tur medför urspårningsrisker.

Övervakning av hjultemperaturen med fasta övervakningsanordningar längs spåret erbjuder en alternativ metod för att kontrollera bromsens funktion på varje axel vid de tillfällen som tåget passerar en sådan detektor, se 8.2, speciellt 8.2.1 och **Fel! Hittar inte referenskälla..**

5.2 Övervakning av godsvagnar

Nedanstående lista är exempel ur den rika flora av övervakningsbehov och anordningar som framförts i USA när det gäller godsvagnar. Övervakningen kan ske som ombordbaserad övervakning, i USA kallat Vehicle Monitoring System, VMS eller med fasta system där det är tillämbart. Exempel på övervakning och mätning:

1. Positionsbestämningsutrustning
2. Urspårningslarm
3. Varmgångskontroll av axellager (genom temperaturövervakning av lagerboxar)
4. Kontroll av hjultemperatur (t ex vid tunga systemtåg i stora och långa lutningar)
5. Akustisk-/vibrationsanalys av axellager
6. Bromsslitage på bromsblock och hjul, t ex bromsregulatorns justeringsläge.
7. Mätning av blockkraften, dvs. med vilken kraft bromsblocken ansätts mot hjulen
8. Hjulprofilen och hjulslitage samt förekomst av hjulplattor och dessas storlek
9. Ostabil gång och svängningar i hjulpar och boggier
10. Övervakning av handbromsen i vagnar (lossad/åtdragen)
11. Övervakning för att upptäcka lösa koppel (slack)
12. Registrering av drag- /tryckkrafter i koppel
13. Kraftiga accelerationer och chocker samt registrering av dessas storlek samt förlopp, tidpunkt och geografisk position då bestämda gränsvärde överskrids (för att utreda hur eventuella godsskador uppkommit)
14. Kontroll av att dörrar och luckor är stängda på täckta vagnar (inbrottsskydd)
15. Hastighetsmätning

Att mäta hastigheten i godsvagnar som går i tåg förefaller inte motiverat. Det kan behövas vid system för låsningsfria bromsar samt vid system för ombordbaserad rangerbromsning, vilket övervägdes i det tyska EBAS-systemet. Listan anger inte någon prioriteringsordning. Vad och i vilken ordning man väljer det som skall införas beror bl a på angelägenhetsgraden och relevansen för de olika intressenterna i transportkedjan, vad som är tekniskt och ekonomiskt lämpligt och möjligt i olika fall.

En del av anordningar kan dessutom ge underlag för behovsbaserat underhåll. Informationen måste överföras till databaser för lagring, databehandling och beslut. Med god information om vagnens underhållsmässiga status, var vagnen

befinner sig och vart den är på väg kan välgrundade beslut fattas om vilka underhållsåtgärder som bör göras samt om lämplig underhållsanstalt och tidpunkt.

5.3 Övervakning av lasten

Anordningar för övervakning över lastens status och position (Cargo Status Monitoring) omfattar bl.a.:

1. Mätning last- och vagnvikt med lastceller i vagnarna
2. Registrering av temperatur i kylvagnar
3. Registrering av temperatur i tankvagnar med temperaturkänsliga kemikalier
4. Registrering av volym/läckage i tankvagnar
5. Registrering av tryck i gastransportvagnar
6. Mätning av fukthalt
7. Kontroll av att dörrar och luckor är stängda på containrar etc. (skydd mot stölder)
8. Bestämning och rapportering av vagnens eller i vissa fall den enskilda containerns respektive lastens position (för rapportering till transport- och logistikövervakning) med lämpligt tidsintervall eller initierat pga. av att vagnen kopplas bort från tåget vid fel på vagnen.
9. Vid kraftiga accelerationer och chocker som överskrider en bestämd nivå, registreras storlek, förlopp, tid och geografisk positionen
10. Lastens rörelser och ev. lastförskjutning inom vagnen
11. Överskriden lastprofil

Anordning enligt punkt 9 kan såväl underlätta utredningar vid godsskador som förhoppningsvis öka medvetandet och ansvarskänslan hos personalen för att godsskador ska förhindras.

5.4 Styrda processer på fordonen

Processerna kan vara manuellt eller automatiskt initierade och beordrade via fjärrstyrning från det ledande loket. Automatisk styrning från den egna godsvagnen är också tänkbar i vissa fall liksom fjärrstyrning från övervakningscentraler.

5.4.1 Fjärrstyrda processer från det ledande loket

Exempel på fjärrstyrning från loket det ledande loket är:

1. Datorstyrda bromsar (ECP-bromsar)
2. Fjärrstyrning av övriga lok i tåget (DP)
3. Fjärrstyrd avkoppling av vagnar i tåget på angiven plats i tåget (inkl eventuell el/signalledning, huvud- (broms-)ledning, stängning av kopplingsventil, parkeringsbromsning av den/de avkopplade vagnarna, släppa ut luften i den kvarlämnade delen (?)) (avsikt inom INTELFRET)
4. Fjärrstyrd tillkoppling av vagnar i tåget (inkl. koppling av el/signalledning, huvudledning, öppna kopplingskranarna i

- bromsledningen vid tillkopplingsstället, stänga kopplingskranen i tågets nya bakända.)
5. Fjärrstyrd omställning av bromsläge G, P ,R i vagnar (avsikt inom EBAS-systemet)
 6. Fjärrstyrd åtdragning/lossning av parkeringsbromsar i godsvagnar i tåget (finns i USA, styrd via ECP-bromssystemet)
 7. Fjärrstyrd aktivering av eventuell automatisk EOT-anordning i tågslutet (finns i USA på lokomotiv)
 8. Fjärrstyrd öppning av bottentömningsluckor

5.4.2 Processer som styrs lokalt på godsvagnen

Exempel på sådana föreslagna styruppgifter är:

1. Fastbromsningsskydd (låsningsfria bromssystem)
2. Rangerbromsning ombord på godsvagnar

System för fastbromsningsskydd baseras på jämförelse av hjulparets verkliga rotationshastighet med den korrekta. Jämförelsen kan göras med andra hjulpar på det egna fordonet men om de andra hjulparen kan också tendera att låsa fast samtidigt. Bättre vore därför att få hastighetsinformation grundad på ett större antal vagnar och loken i tåget. Andra kriterier kan vara att hjulparens vinkelhastighet inte ändras för abrupt vid retardation.

Ombordbaserad rangerbromsning på godsvagnar fanns med som ett önskemål i det tyska EBAS-projektet.¹¹

5.4.3 Fjärrstyrning från övervakningscentraler

Ett exempel är fjärrstyrd låsning/upplåsning av dörrar på godsvagnar med hög säkerhet mot intrång, se 9.4.2.

5.5 Övervakning ger underlag för underhållsplanering

Övervakningssystem kan vara avsedda att bestämma när underhållsinsatser bör eller måste göras, t ex på axellager. I stället för att rutinmässigt byta efter fastställt antal kilometer kan underhållsinsatsen göras när det börjar bli konstaterat behov i kombination med att vagnen befinner sig i närheten av reparationsinstans. Genom att få larm i tid kan akuta skador på vagnen

¹¹ Egbert Sonder: *Elektrische/elektronische Brems-Abfrage und Steuerung für Güterzüge*, ZEVrail Glasers Annalen 119 (1995) Nr. 11/12 November/Dezember, sid 505-512

förhindras. Dessutom leder akuta skador ofta till hinder i trafiken med förseningar för det egna tåget och för annan trafik. (se även 8.3.1 och 8.3.3).

5.6 Passiva respektive aktiva säkerhetssystem

Övervakningssystem kan indelas i passiva respektive aktiva säkerhetssystem. Ursparingsdetektorer är exempel på passiva säkerhetssystem. De förhindrar inte ursparningen, men kan förhindra att allvarliga följder uppstår om ursparningen upptäcks tidigt. En övervakningsanordning som larmar vid begynnande varmgång är däremot att anse som ett aktivt säkerhetssystem eftersom det kan stoppa tåget innan någon ursparning eller annan följdskada inträffat.

6 Urspårningsdetektering

Ofta kan en urspårad vagn fortsätta en lång sträcka utan att föraren märker något och utan att vagnen bakom eller framför spårar ur. Att snabbt upptäcka urspårningen och snarast stanna tåget är mycket viktigt. Härigenom kan allvarliga personskador, materiella skador och miljökatastrofer undvikas.

Exempel på risker när tåget fortsätter färden trots att en vagn spårat ur:

- Koppel brister och vagnen drar andra bakomvarande vagnar med sig av banvallen
- Boggier på en urspårade vagnen kan snedställa sig varvid vagnen styr åt endera sidan varvid även framför och/eller bakomvarande vagnar kan spåra ur
- Vagnen kan slå i en tunnelmynning
- Vagnen kan träffa bropelare o dyl.
- Vagnen kan störta ner från bro eller hög bank
- Vid dubbelspår kan urspårad vagn i rörelse träffa tåg på andra spåret eller bli stående så att den träffas av ett passerande tåg på andra spåret

Urspårningsdetektorn är avsedd att upptäcka och ge larm eller utlösa nödbromsning om den egna vagnen spårat ur. Urspårning hos angränsande vagnar torde normalt inte detekteras. Det mekaniska systemet från Oerlikon utlöser nödbromsning då en urspårning detekteras. Elektroniska system kan antingen bara utlösa ett larm eller både larm och nödbromsning.

6.1 Inbromsningsteknik vid urspårning

Bör normal nödbromsning alltid ske då en urspårning upptäcks eller finns det en bättre strategi, särskilt då man har tillgång till intelligenta system med urspårningsdetektorer? Enligt äldre anvisningar för lokförare¹² bör föraren undvika kraftigare bromsning i tågets främre del: "Kraftig bromsning främst i tåget varigenom de efterföljande vagnarna pressa på de främre, är i sådana fall ofta skadlig, emedan den skadade vagnen, som vid sträckta koppel hänger mellan närgränsande vagnar, då sjunker ned och i de flesta fall ställer sig skevt emot

¹² Ångloklära, utgiven av Kungl Järnvägsstyrelsen, Fjärde upplagan, 1949, sid 465

spåret. Om det främre kopplet då brister, kan den skadade vagnen förorsaka urspårning och skador även på efterföljande vagnar. Det är därför lämpligt att den bakre tågdelen då bromsas, vilket som bekant sker automatiskt om något koppel brister”.... ..”Då en lokförare ser, att en vagn i tåget löper bredvid spåret, är det i de flesta fall riktigast, att han låter tåget stoppas endast genom bromsen och undviker bromsning å loket.”

Med bromsen avses här tågbronsen.

En frågeställning i sammanhanget är hur användningen av fördelad dragkraft (DP) påverkar förloppet vid en urspårning. DP har införts för att minska dragkrafterna i långa, tunga tåg med lok enbart i tågets framända. Därmed minskas risken för avdragna koppel och därmed också den urspårningsrisk som uppstår när nödbromsning inleds vid avbrottsstället som följd av att tåget delas. Med DP fås istället längstryckkrafter inom stora delar av tåget då de bakre loken skjuter på. Var och hur stora tryckkrafterna är beror på hur lokgrupperna är fördelade i tåget. Allmänt är tryckkraften störst alldeles framför lok som skjuter på, se rapporten Fördelad dragkraft, figur 1. Om en urspårning trots allt har skett torde påskjutande lok öka risken för att urspårade vagnar som är utsatta för stora tryckkrafter snedställer sig extremt mycket i spåret, vilket motverkar strävan att vagnen skall hållas kvar genom att tåget sträcks.

Informationssystemen vid ECP-bromsade tåg och intelligenta godståg bör kunna utnyttjas för bästa möjliga inbromsningsteknik då en urspårning upptäcks av övervakningssystemen.

Lämpliga bromsstrategier skulle kunna vara att antingen:

1. Inleda en lämpligt kraftig tågbronsning från tågets bakre del, eller
2. Vid intelligenta tåg och ECP-bromsade tåg, där förutsättningar finns att individuellt styra bromsningen i tågets vagnar, bara bromsa tågdelen bakom urspårningen förutsatt att det fastställas vilken vagn som spårat ur eller
3. Bromsa hela tåget men bromsa tågdelen bakom den urspårade vagnen så kraftigt i förhållande till delen framför att den urspårade vagnen om möjligt hålls sträckt med lämplig sträckkraft

Alternativet 1 kan användas även på konventionella tåg med pneumatisk broms förutsatt att EOT-enhet används. Bromsningen kan göras manuellt på följande sätt och under följande förutsättningar:

- Om tåget är utrustat med en EOT-anordning. Föraren kan då öppna bakre ventilen i bromsledningen. (placerad i EOT-enheten, se kap1 om EOT)
- Vid DP bromsa med de bakre lokens dynamisk broms. Det krävs att föraren först övergår från synkron körning till oberoende körning av bakre lok, om det inte gjorts tidigare, för att bara de bakre loken skall kunna bromsas.

Alternativet 1 bör också kunna ske som en automatiskt utlöst intelligent bromsning förutsatt att tåget har ECP-bromsar och att denna metod implementerats som ett automatiskt förfarande i programvaran för det ledande lokomotivet. Förfaranden med kombinerad ”powerbraking” eller

”stretchbraking” på amerikanskt manér (se rapporten Bromssystem) skulle kunna vara bra liksom automatiskt utlöst och intelligent dynamisk bromsning av de bakre loken via det integrerade kabelbaserade DP/ECP-systemet. En nackdel är att bromsning bara i bakre delen av tåget dels kan ge stora dragkrafter i tåget med risk för att koppel brister dels ger längre bromssträcka innan tåget stoppas, vilket ger skador på en längre del av banan.

Alternativet 2 bör kunna implementeras på ECP-bromsade tåg med elektroniskt urspårningsdetektor på den urspårade vagnen. Informationssystemet kan identifiera den urspårade vagnens identitet och plats i tåget. Beroende på vagnens bruttovikt samt vagnens plats i tåget finns förutsättning för en ”smart” bromsning där bara tåget bakom den urspårade vagnen automatiskt bromsas. I långa och tunga tåg kan detta leda till för stora dragkrafter i kopplen, särskilt vid den urspårade vagnen. Bromskraften i bakre tågdelen måste därför styras så att den inte blir för stor. Vid elektronisk full nödbromsning av bakre tågdelen är risken uppenbar att dragkrafterna i tåget kan bli för stora.

Alternativet 3 erbjuder möjlighet att i ett intelligent tåg automatiskt reglera bromsningen så att dragkrafterna blir lämpligt stora och att förkorta bromssträckan. Bromsningen skulle kunna styras med ledning av tåg- och bromsvikterna för de två tågdelarna som omger den urspårade vagnen.

I den stora floran av sensorer som diskuteras för användning i intelligenta godståg finns även kraftgivare för att övervaka koppelkrafter i vagnar. Med hjälp av en sådan givare vid den urspårade vagnens ena eller båda ändar skulle en smart bromsning kunna automatiskt styras av systemet genom en återkopplad reglerkrets att uppnå en kontrollerad och lagom stor sträckkraft i den urspårade vagnen tills tåget stannat.

6.1.1 Mekanisk urspårningsdetektor ^{13, 14, 15}

I Schweiz utrustas tankvagnar för kemiska och petroleumtransporter med en mekanisk-pneumatisk urspårningsdetektor av typ EDT100 från Firma Oerlikon-Knorr Eisenbahntechnik. Detta beslutades efter tre svåra olyckor som inträffat under åren 1989 till 1994 vid Au/St.Gallen, Stein/Säckingen respektive Zürich-Affoltern. Vid alla tre olyckorna orsakades urspårningarna av defekta hjulpar och olyckorna ledde till allvarliga bränder.

Vid den tredje olyckan släpades den urspårade vagnen med i ca 2 km utan att föraren upptäckte urspårningen. Först vid bangården i Zürich-Affoltern ledde olyckan till allvarligare följder. Då välte flera tankvagnar, en vagn sprang läck varvid den utläckande bensinen antändes med mycket allvarliga följder där skadorna vållades för ca 24 Meuro. Denna stora olycka skulle med störst sannolikhet ha förhindrats om urspårningen upptäckts i tid.

¹³ Einsatz von Entgleisungsdetektoren bei Güter- und Gefargutwagen der Bahn, Bundesamt für Verkehr, Sektion Sicherheitstechnik, CH-3003 Bern

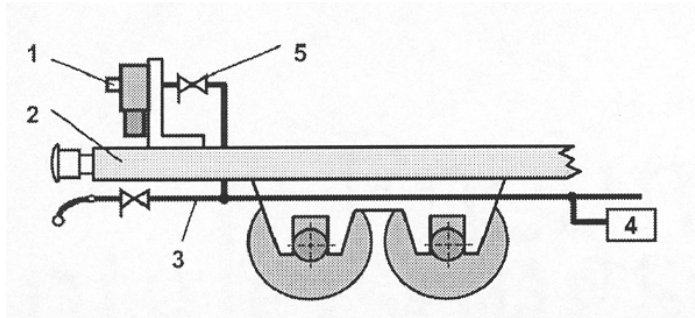
¹⁴ Derailment detectors fitted to Swiss tank wagons, Railway Gazette International, March 2003

¹⁵ Produktinfo, Pneumatischer Entgleisungsdetektor EDT100, KNORR-BREMSE Systeme für Schienenfahrzeuge

Efter dessa olyckor har SBB (Schweizerische Bundesbahnen) vidtagit två åtgärder för att förhindra att svåra olycksföljder skall uppstå som följd av urspårningar:

1. Först genom att införa detektorer för att tidigt upptäcka hjul med hög temperatur och kunna stoppa tåget i tid innan någon urspårning inträffar.
2. Den andra åtgärden är att införa urspårningsdetektorer för att så fort som möjligt upptäcka en urspårning och automatiskt påbörja inbromsning.

Principen för urspårningsdetektorns funktion och anordnande framgår av figur 2.



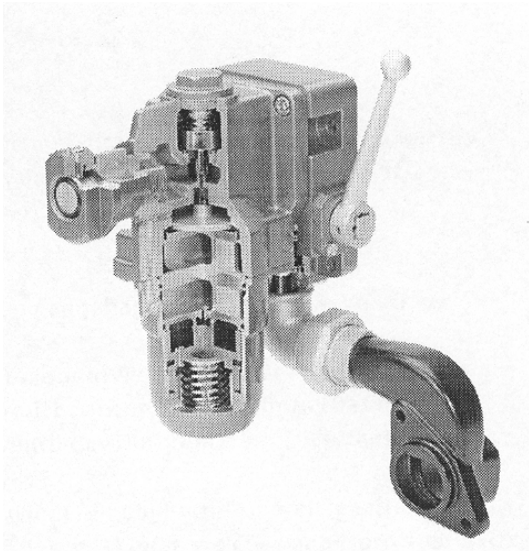
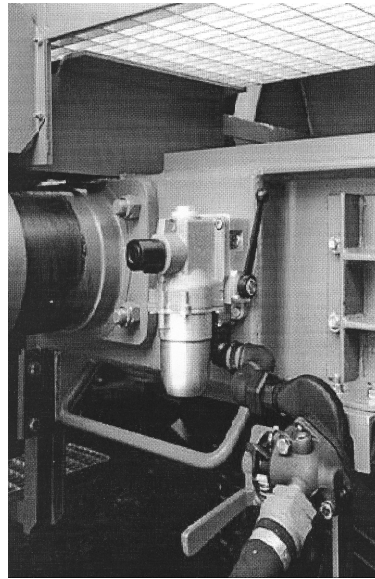
Figur 2: EDT100 uppbyggnad, 1 urspårningsdetektor, 2 buffertbalk, 3 huvudledning, 4 styrventil, 5 avstängningsventil

Anordningen består i huvudsak av en nödbromsventil typ NV3, en fjäder-massa-ventil och en optisk anordning som indikerar när detektorn har löst ut, figur 3.

Kombinationen fjäder-massa-ventil reagerar på vertikala accelerationer. Den ska med säkerhet inte utlösas för de accelerationerna som fås på en normalt underhållen järnvägslinje. Vid accelerationer som motsvarar en urspårning aktiverar fjäder-massa-ventilen nödbromsventilen som tömmer bromsledningen och tåget nödbromsas.

Sedan bromsledningen tömts på luft återgår EDT100 automatiskt till driftsläget. Den optiska indikeringen består av en röd cylinder som bli synlig sedan anordningen utlöst för att man skall kunna fastställa vilket ställe som utlösts. Indikeringsanordningen kan lätt återställas manuellt. Det finns en avstängningskran på luften till anordningen för att kunna koppla bort den i händelse av fel. Det behövs två EDT100 på varje vagn, en monterad utanpå buffertbalken i vardera vagnsändan, se figur 4.

Esso utrustade 25 av sina hyrda tankvagnar med anordningen för försök i Schweiz och andra länder i samarbete med SBB och Knorr. Försöken gjordes mellan 1997 och 2001. Det krävdes att UIC skulle godkänna konstruktionsprincipen för detektorn och även själva produkten EDT100. Sedan godkännandet blev klart har den Schweiziska petroleumindustrin reagerat snabbt och 620 tankvagnar för olja och kemiska produkter hade utrustats till mars 2003. Det har inte inträffat några urspårningar sedan detektorerna infördes så ännu kan man inte hävda att de i praktiken bidragit för att hindra någon olycka.

*Figur 3: EDT100 Fjäder-massa-ventil**Figur 4: EDT100 monterad på buffertbalk*

SBB Cargo bedömer att risken för en olycka med farligt gods i tankvagnar i Schweiz har minskat med 66 % genom att detektorerna har införts.

Detektorn är avsedd för den egna vagnen. Det är inte alls säkert att en urspårning av en angränsande vagn som saknar urspåringsdetektorer upptäcks. Därför förbättras säkerheten då andelen utrustade vagnar i tåget ökar.

Kostnaden för att utrusta en vagn med de två detektorerna är ca 1600 euro.

6.1.2 Elektroniska urspåringsdetektorer

I USA vill Southern Co utnyttja ECP-systemet för att övervaka ”smarta” sensorer i sina koltransportvagnar. Wabtec har därför infört en urspåringsdetektor baserad på en vertikala accelerometer som övervakas av ECP-systemet¹⁶.

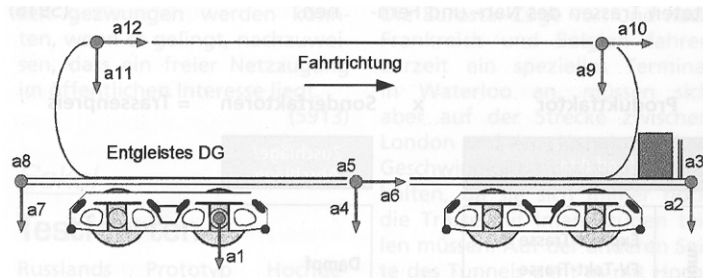
I Europa har grundläggande försök gjorts för att studera anordningar med accelerometrar för att upptäcka urspårningar¹⁷.

I ett annat europeiskt försök utrustades en tankvagn med ett antal accelerometrar placerade i 6 olika mätpunkter. Accelerationerna mättes i en, två eller tre av x, y,

¹⁶ International Railway Journal, August 2001: ”Rail Operators And Wagon Owners Benefit From ECP”

¹⁷ Markus Hecht, Thomas Rieckenberg TU, Berlin: Überwachung von Eisenbahngüterwagen mittels Telematik, ZEVrail Glasers Annalen 126-8/2002, sid 312 - 322

eller z riktningarna de olika mätpunkterna enligt figur 5. Totalt registrerades 12 olika accelerationer¹⁸.



Figur 5: Accelerometrarnas placering och mätriktning vid försöket

Försök gjordes med en tankvagn, dels i tomt tillstånd (20t) och dels lastad (80t) i hastigheter mellan 13 och 43 km/h. Vagnen drogs av ett lok med en extra tankvagn som skydd mellan loket och försöksvagnen. Den bakre boggin i försöksvagnen bringades att spåra ur genom en spårspärr som kunde manövreras automatiskt.

Särskilt då vagn var lastad styrde den bakre urspårade boggin ut åt sidan. Vid ett prov gjort vid hastigheten 37 km/h styrde boggin ut tills de vänstra hjulen hindrades av den högra rälen, se figur 6. Då hade hjulparen sjunkit ned till axeln i makadamen. Efter 7 urspårningar var träsliparna så skadade att spåret inte mer kunde användas.



¹⁸ Markus Hecht, Andreas Schirmer, TU, Berlin: *Versuche zur Erhöhung der passiven Entgleisungssicherheit*, Eisenbahn Technische Rundschau 5, Mai 2001, sid294-295

Figur 6: Den urspårade vagnen med bakre boggin utstyrd tills de vänstra hjulen hindras av höger räl.

För att utröna vilka möjligheter som finns att av signalerna avgöra om vagnen har spårat ur, jämfördes standardavvikelsen för accelerationerna vid urspårad vagn med motsvarande accelerationer vid normala förhållanden. Vid normala förhållanden var signalnivån 15 % av signalnivån vid urspårad vagn.

Det var en tydlig skillnad i signalnivå mellan de olika mätställena och mätriktningarna. De tre mätställena och mätriktningar som visade sig mest lämpade för urspåringsdetektering var, se figur 5:

- a4, mitt i vagnsramen (vid tankbotten mitt i vagnen) vertikal mätriktning (z-riktningen)
- a10, längst fram och överst på tankens cylindriska yta, mätriktning framåt (x-riktningen)
- a12, längst bak och överst på tankens cylindriska yta, mätriktning framåt (x-riktningen)

Det är alltså andra ställen än det Knorr valt för sina mekanisk-pneumatiska detektorer. Det senare platsen torde ha valts för att huvudledning där är lätt åtkomlig och där går det lätt att ansluta detektorn till den. Detektorernas indikatorer behöver placeras så de är väl synliga och så att de lätt kan återställas. Man större frihet att placera elektroniska accelerometerar på ställen som ger bästa möjliga utsignal.

7 System för positionsbestämning

Ombordbaserade system för bestämning av tågs och enskilda godsvagnars geografiska läge är mycket viktiga i olika sammanhang, t ex i det framtida tågtrafikledningssystemet ERTMS/ETCS, i intelligenta godståg, i oberoende system för godsvagnar samt ibland direkt applicerade på containrar eller direkt på lasten för att den som övervakar och ansvarar för fordonen och/eller lasten skall kunna följa upp positionen under transporten. Ofta är de kombinerade med system för övervakning av fordon och last.

Hanteringssystem för övervakning, bokning och tilldelning av godsvagnar, som projektet F-MAN (se kapitel 12), behöver kunna följa upp var lastade respektive lediga vagnarna befinner sig.

Beroende på i vilket sammanhang informationen skall användas ställs olika krav på noggrannheten och funktionssäkerheten i systemen. För tågtrafiklednings- och säkerhetssystem, ställs mycket höga krav medan man t ex för att övervaka och fördela lediga godsvagnar till nya uppdrag, kan använda enklare teknik med lägre krav på noggrannhet i lägesbestämningen.

Positionsbestämningssystemen kan vara **autonoma** ombordbaserade system på fordonet eller **centraliserade** där positionen bestäms genom markbaserade anordningar som identifierar vilka vagnar som ingår i tåget och rapporterar det till ett centralt databassystem när tåget passerar. Det centrala systemet lagrar och bearbetar informationen om tågens sammansättning, deras position, mätresultat från övervakningsanordningar och följer upp tågens fortsatta rörelser. Informationen från den centrala övervakningscentralen sänds vidare till berörda instanser antingen automatiskt eller efter förfrågan.

De ombordbaserade autonoma systemen kan rapportera sitt läge (förutsatt att signaltäckning finns) enligt ett fastställt schema eller då något fel uppstår eller vid någon speciell händelse eller på fråga från övervakningscentral.

7.1 Begreppen tracing och tracking

Detta är två engelska begrepp som används inom tekniken att följa transporters förflyttning och position. Trots att de två begreppen enligt ordböcker har likartad betydelse har de i detta sammanhang något skild betydelse¹⁹. Ett system för **tracking** medger att man på begäran kan återfinna positionen för en transport när det varit avbrott på förbindelse till informationssystemet. Ett system för **tracing** tillåter att man kontinuerligt följer och har information tillgänglig om transporten.

7.2 Autonoma positionssystem

I dessa system ansvara fordonet/tåget för att bestämma positionen samt för att via kommunikation vidarebefordra den samt fordonets/tågets identitet till den övervaknings- och ledningscentral som skall fjärrövervaka transporten. Utöver detta kan det naturligtvis finnas behov av att överföra annan information från övervakningen av fordon och last. Detta kräver att de finns strömförsörjning ombord. På lokomotiv och i intelligenta godståg är det inga problem, men för oberoende system på godsvagnar används ofta bara ett batteri utan system för laddning vilket då leder till att kommunikationen måste begränsas till korta meddelanden som skickas med relativt långa tidsmellanrum.

Den ombordbaserade positionsbestämningen kan baseras på satellitsystem med olika noggrannhet från det äldre **GPS** till nya förbättrade system. System med ännu större noggrannhet och funktionssäkerhet är under utveckling.

Satellitbaserade system behöver ”fri sikt” mot satelliterna. De fungerar därför inte i tunnlar, bergskärningar, i skuggan av höga berg eller i tätorter med tät och hög bebyggelse etc. Dessutom kan reflexioner mot husväggar, tak osv. störa mottagningen och försämma noggrannheten. Kompletterande system kan därför behövas som kombinerar lägesinformation från satelliter med ytterligare information om tågets rörelse längs bana, samt med geografisk kartdata om järnvägslinjen (GIS-koordinater) för att bestämma tågets läge då satellitsystemet inte fungerar.

GSM mobilnät kan användas i enkla fall för positionsbestämning men ger sämre noggrannhet. Metoden fungerar även inomhus men kräver att GSM-täckning finns.

En metod för positionsbestämning är navigation med ”**död räkning**” (**dead reckoning**) där positionen bestäms genom inkrementell framräkning med hjälp av fordonets kurs och tillryggalagd distans eller fordonets rörelser i två koordinater i horisontalplanet från en känd referenspunkt. Felet tilltar med avståndet från referenspunkten. Referenspunkterna behöver vara så tätt belägna att felet i positionsbestämningen inte blir större än vad som kan accepteras.

¹⁹ Riccardo Bozzo, Andrea Derito, Eckhard Kuhla, Renzo Nurchi, Valerio Recagno: *A vision of future freight rail fleet management*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Referenspunkten kan vara en balis i spåret med positionsinformation. Ett antal givare av olika principer kan användas i instrumenteringen, t ex:

- Lägesgivare baserad på variabel reluktans (känner av jordmagnetiska fältet)
- Hall-effekt givare (känner av jordmagnetiska fältet)
- Gyroskop (för kursbestämning)
- Magnetkompass
- Mätning av vägsträcka (odometer) eller hastighet (takometer) baserat rörelsen hos något av hjulparen
- Beröringsfria optiska anordningar eller dopplerradar för mätning av hastighet eller vägsträcka
- Tröghetsnavigeringssystem av olika typer (gyroskopbaserade) för beräkning av rörelsen i två koordinater i horisontalplanet

I vissa fall eftersträvar man autonoma system med mycket noggrann positionsbestämning som kan ingå i nya trafiklednings- och säkerhetssystem för att komma ifrån dyrbar infrastruktur i form av spårledningar, axelräknare, optiska signaler etc. längs banorna. Det gäller såväl det sofistikerade ERTMS/ETCS som en del andra projekt för att utveckla enklare och billigare säkerhetssystem och trafikledningssystem för trafiksvaga banor som LOCOLOC och LOCOPROL se 7.8.1.

7.3 Centraliserade positionssystem

I dessa system används särskilda fasta fjärrövervakningssystem för att både bestämma positionen och för att samla in informationen (t ex tågledningscentraler). Dessa lösningar förutsätter att det finns sensorer som tillhör infrastrukturen längs banorna för att lokalisera och identifiera fordonen. Men dessa system fordrar inte att det finns elektriska system ombord på fordonen i tåget om det inte specifikt krävs av utrustningen för fordonsidentifieringen.

Om det inte skall finnas elektriska system ombord på vagnarna måste även annan viktig övervakning av fordonen ordnas genom markfasta sensorer, t ex för att upptäcka varmgång i lager, onormalt varma hjul på grund av bromsfel etc.

Fördelen med centraliserade positionssystem kombinerade med markfasta övervakningssystem är alltså att vagnarna inte behöver ha utrustning för strömförsörjning, positionsbestämning, givare och datorsystem för övervakning samt kommunikationsutrustning som kostar både i anskaffning och i underhåll.

Fordonsidentifieringen kan ske genom optiska system eller via radioöverföring mellan elektroniska anordningar på fordonen och markfasta transpondersystem intill spåret. Transpondersystemen kan vara aktiva, vilka fordrar ett elektriskt batteri eller annan strömförsörjning ombord, eller passiva vilket innebär att de aktiveras och energiförsörjs genom radi vågorna som sänds från den markfasta utrustningen. Transpondersystem är generellt mer funktionssäkra och mindre

komplexa än optiska system, men fordrar en elektronisk anordning ombord, som på engelska benämns **tag**, för att lagra och ange fordonets identitet²⁰.

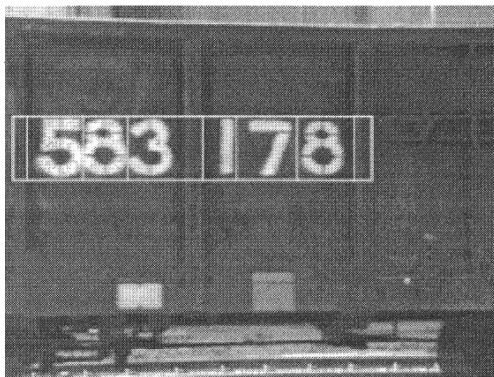
De optiska systemen kan utgöras av:

- Visuellt identifiering av identiteten som anges med bokstäver och/eller siffror på fordonen
- Streckkod
- Infrarödsystem tillåter datakommunikation med hög hastighet. Fordonet kan svara och sända över en mängd information via modulerat infrarött ljus, så länge fordonet är inom det område som IR-anordningen täcker

Nackdelen med de optiska systemen är att de kan störas av smuts, snö, is och skador på "etiketterna" samt av nederbörd och solljus som stör överföringen.

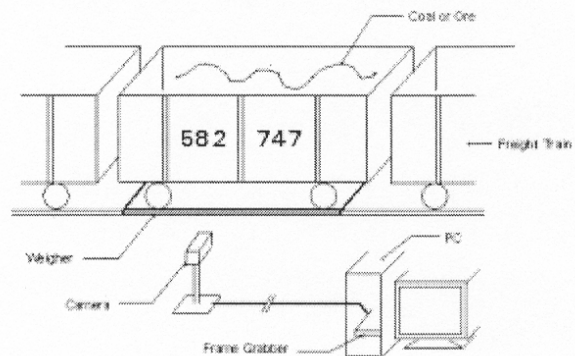
I USA utvecklades under 1970-talet ett optiskt system för fordonsidentifiering, kallat ACI (Automatic Car Identification), men systemet led av ovannämnda problem och man valde då att övergå till ett system med radioöverföring medelst transpondrar **AEI-tags (Automatic Equipment Identification tags)** som sedan införts i hela Nordamerika, se 10.1.

Trots detta finns det fortfarande intresse för att utveckla nya optiska system för att identifiera ID-nummer på godsvagnar eller containrar. Figur 7 visar ID-numret på godsvagnens sida och figur 8 visar systemkonfigurationen²¹.



Figur 7: ID-siffror på godsvagnens sida

System Configuration



Figur 8: Systemkonfiguration för optisk ID

²⁰ Riccardo Bozzo, Andrea Derito, Eckhard Kuhla, Renzo nurchi, Valerio Recagno: *A vision of future freight rail fleet management*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

²¹ *Freight Train ID Number Recognition System*, Image Information Processing Lab. Internet information:
http://café.postech.ac.kr/research/recognition/jhangjh_2/tnrs.html

Ett kanadensiskt projekt bedrivs för att utveckla system för optisk identifiering av godsvagnar och containrar lastade som single eller double stack (en eller två på containrar höjden) på godsvagnar som anländer till eller lämnar intermodala terminaler.²²

7.4 Hybridsystem

Elektronikindustrin tillsammans med järnvägsförvaltningar i Europa har även intresserat sig för hybridlösningar mellan autonoma och centraliserade system²³. I detta system behöver bara lokomotivet vara försett med system för positionsbestämning och extern kommunikation. Det behövs inte något internt kommunikationssystem i tåget. Vilka vagnar som ingår i tåget bestäms genom radiobaserade system för fordonsidentifiering på rangerbangårdar och utgångsstationer varefter de ingående vagnarna i fortsättningen associeras till detta tåg. Lokomotivets och därmed tågens positioner följs upp av övervakningscentralen som därefter i databasen har en bild av var olika godsvagnar och försändelser befinner sig. Fördelen med detta system jämfört med ett centraliserat system är den täta uppdateringen av positionen som kan göras. Däremot finns inget system ombord på tåget för att övervaka fordonen. Övervakning av ”vanliga” godsvagnarna kan bara ske genom markfasta sensorer. Det är naturligtvis inget som hindrar att även vagnar med autonomt system ingår i tåget och själva rapporterar om läget, se nedan.

Hybridsystem är uppbyggt med tanke på ”konventionella” godståg med vanliga godsvagnar och skiljer sig genom sin enkelhet från intelligenta godståg. I intelligenta godståg med t ex amerikanska ECP-bromssystem, liksom i motsvarande europeiska system EBAS, FEBIS/EFIS samt INTEL FRET samlar det ledande loket in och all relevant information från de vagnar och fordon i övrigt som ingår i tåget. Även i intelligenta godståg behövs bara en gemensam GPS- och GSM-utrustning (eller något annat motsvarande externt kommunikationssystem) placerat på det ledande loket.

Det finns två skäl till hybridsystemen:

- Hybridsystemet är en enkel och billig lösning på problemet att med täta mellanrum uppdatera var tåg, olika vagnar och last befinner sig

²² *Integrated automatic equipment identification/optical character recognition (AEI/OCR) system*, TRANSPORT CANADA, TRANSPORTATION DEVELOPMENT CENTER R&D. Internetinformation;
<http://www.tc.gc.ca/tdc/projects/marine/a/9236.htm>

²³ Riccardo Bozzo, Andrea Derito, Eckhard Kuhla, Renzo nurchi, Valerio Recagno: *A vision of future freight rail fleet management*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

- Hybridsystemet medger uppföljning av positionen för vagnar som själva saknar positionssystem
- Vagnar med autonoma batteridrivna system utan elektrisk laddningsanordning är tvingade till kraftiga begränsningar i sändningsfrekvens och meddelandelängd. Detta gör att en tät rapportering av positionen inte kan ske genom vagnarnas egna kommunikationssystem. Detta förbättras av hybridsystemet.

I USA finns liknande idéer. Avsikten är att spara in på infrastrukturen för fordonsidentifiering längs banorna. Vagnarna behöver bara identifieras och associeras till sitt tåg en gång så länge tågsammansättningen inte ändras. Därför behövs bara ett fåtal avläsningsanordningar för fordonens **AIE-tag**, placerade vid strategiskt ställen längs bannätet (se 8.3.1, 8.3.3 och 10.1). Därefter lagras denna information i databasen i den centrala övervakningscentralen. Vid den fortsatta övervakningen av hjul, axelboxar etc. refereras uppmätta temperaturer och andra värden till axelns nummer inom tåget. Det centrala systemet kan sedan bestämma den aktuella vagnens identitet med hjälp av lagrad data om tågets sammansättning.

7.5 GSM-positionering

Läget bestäms genom triangulering i nätet mellan GSM-objektet och närliggande basstationer. Osäkerheten ligger i storleksordningen 300 – 50 m.

Ett exempel på en produkt för GSM-positionering är **Geometer™**, figur 9, som kan användas inom 220 länder med GSM-nät. Det är en liten anordning som kan användas på järnvägsvagnar, bilar, lastbilar, containrar, direkt applicerad på gods och på barn för att bestämma det geografiska läget. Den är byggd för att klara miljön och stötarna vid växling av järnvägsvagnar och skall kunna spåras även när den är placerad i en container med andra containrar staplade ovanpå. Priset för Geometern ligger på ca 1500 kr.



Figur 9: Geometer™

En fördel ur säkerhetssynpunkt är att den är lätt att dölja och att den fungerar och kan spåras även om objektet finns inomhus. Det finns automatiska funktioner för att rapportera när ett visst område lämnas eller vid ankomst till området. Uppgift om i vilket land en internationell godstransport befinner sig, kan automatiskt sändas 2 gånger per dygn.

Den kan användas för att sända SMS-meddelanden med information om låg batterinivå, inbrottslarm samt data från olika yttre givare som kan anslutas till den för att övervaka tryck, temperatur etc. Larmmeddelanden kan adresseras till larmcentraler, t ex SOSAB, Falck, Securitas etc. Man kan också ringa upp den aktuella Geometern för att kontrollera dess position och de övervakade funktionerna.

Rapporteringsfrekvensen kan väljas inom intervallet 1 meddelande/minut till 1 meddelande/dygn. Batteriet räcker upp till 6 månader. Rapporteringsfrekvens och datamängden som sänds påverkar batteriets livslängd.

7.6 GPS- och andra satellitbaserade positioneringssystem

Det finns ett antal varianter av satellitbaserade positioneringssystem med olika noggrannhet och funktionssäkerhet som är i drift eller under införande liksom projekt för att utveckla ännu bättre system på lite längre sikt.

GPS (USA-NAVSTAR Global Positioning System) är det ”vanliga” amerikanska militära satellitbaserade positionsbestämningssystemet. Det togs i första hand fram för användning inom de amerikanska och allierade militära styrkorna. Ursprungligen sänktes noggrannheten för vanliga icke militära användare genom beslut hos den amerikanska regeringen (Selektive Availability, SA) till ca 100 m. Det upphävdes år 2000 och systemet erbjuder nu en noggrannhet på ca 20 m ($2\sigma = 20$ m vid 95 % konfidens). I vissa fall, t ex för tågtrafikledningssystem och säkerhetssystem, behövs mycket större noggrannhet och säkerhet.

DGPS (Differential GPS) dvs. GPS mottagare med **differentiell korrektion** ger en noggrannhet på ca 4 m. ($2\sigma = 4$ m vid 95 % konfidens)

GLONASS är Rysslands motsvarighet till GPS. Det är också ett militärt system.

WAAS (Wide Area Augmentation System) är ett GPS-baserat system som utvecklas i USA av Federal Aviation Administration (FAA) och Department of Transportation (DOT). Vanlig GPS uppfyller inte de krav på ett navigeringssystem för civilflyg som FAA ställer. WAAS ger den noggrannhet som behövs för inflygning och landning på flygplatser som nu saknar inflygningssystem. WAAS skall kunna användas för flygnavigering i både horisontell och vertikal led, **LNAV/VNAV (Lateral Navigation/Vertikal Navigation)** med tillräcklig noggrannhet. Meningen är att systemet skall godkännas under 2003. Försök gjorda med WAAS i september 2002 visade en horisontell noggrannhet på 1-2 m och vertikal på 2-3 m över större delen av USA (fastlandet) och i delar av Alaska. WAAS kan användas för annat civilt bruk än

flygnavigation innan FAA godkännande blir klart, t ex för navigering på sjön och för fritidsaktiviteter.

WAAS består av ungefär 25 markbundna referensstationer (ground reference stations), utspridda inom USA, som tar emot och övervakar data från GPS-sateliterna. Två masterstationer, belägna på vardera kusten av USA, samlar in data från referensstationerna och skapar meddelande med korrekationer. Korrektionerna tar hänsyn till fel i GPS-satelliternas läge, avvikelser (drift) i klockor och variationer i fördröjningarna av signalerna från satelliterna som orsakas av oregelbundenheter (anomalier) i atmosfären och i jonosfären. Meddelanden med de beräknade differentiella korrektionerna sänds sedan ut via en av två geostationära stationer, dvs. satelliter med en fix position över ekvatorn. Den utsända information är kompatibel med de vanliga signalerna vid GPS vilket betyder att man kan använda en GPS-mottagare med WAAS-förmåga. För närvarande finns det bara WAAS-täckning över Nordamerika. I Sydamerika finns inga referensstationer på marken. Trots att GPS-användare där kan ta emot WAAS är signalerna inte korregerade och ger därför ingen förbättring i noggrannheten jämfört med GPS.

På en del ställen inom USA kan satelliternas läge över ekvatorn innebära att träd eller berg hindrar ”fri sikt” och därmed gör det svårt att ta emot signalerna. I öppen terräng och till sjöss har man idealiska förhållanden för WAAS. En fördel med WAAS är att det inte behövs någon extra mottagarutrustning för att ta emot WAAS-signalerna, vilket däremot DGPS behöver.

WAAS räknas till en grupp utökade eller förbättrade satellitnavigationssystem som benämns **SBAS (Satellite Based Augmentation Systems)**.

FAA utvärderar WAAS för att skapa ett framtida globalt system **GNSS (Global Navigation Satellite System)** uppges ge en noggrannhet på ca 1 m när **SIS (Signal in Space)** är tillgänglig dvs. ”sikten” mot satelliten är inte skyddad²⁴.

På andra ställen i världen utvecklas liknande satellitbaserade differentiella system.

MSAS (Multi-Functional Satellite Augmentation System) är ett japanskt system som utvecklas i Asien.

EGNOS (Euro Geostationary Navigation Overlay Service) är den europeiska motsvarigheten. Det är ett projekt där ESA (European Space Agency), Europakommisionen (EC, European Commission) och Eurocontrol (the European Organisation for the Safety of Air Navigation) ingår. EGNOS förbättrar de två militära systemen GPS och GLONASS som nu används och gör det möjligt att använda dem för säkerhetskritiska applikationer som flygnavigation och navigering av fartyg i trånga farleder. EGNOS består av tre geostationära satelliter och ett komplext nätverk av markstationer. EGNOS sänder ut en signal som innehåller information om pålitligheten och noggrannheten i de positionssignaler som sänds ut av GPS och GLONASS. EGNOS kommer att möjliggöra positionsbestämning inom Europa och även något utanför dess gränser med en noggrannhet av ca 5 m jämfört med ca 20 m

²⁴ Filip, A.-Mocek, H.-Bazant, L. –Maixner, V: CHECH RAILWAYS; DDT SZT; Laboratory of Intelligent Systems: *Architecture of GNSS Aided Signalling: Analysis and Experiments*

med GPS. EGNOS skall bli fullt operabelt under 2004. EGNOS är Europas första steg mot ett globalt satellitnavigeringssystem (**GNSS-1**) och en föregångare till nästa europeiska system **GALILEO (GNSS-2)**

ESTB (EGNOS System Test Bed) är EGNOS prototyp som har sänt ut sin signal SIS (Signal in Space) sedan februari 2000. ESTB används som utvecklingsstöd och för försök under utvecklingen av EGNOS, för att demonstrera EGNOS för potentiella användare, för att förbereda införandet av EGNOS samt för att undersöka möjligheterna att använda EGNOS utanför Europa.

GALILEO är ett viktigt framtida system för de europeiska järnvägarna. Det är avsett att användas i olika applikationer inklusive säkerhetskritiska system som ERTMS/ETCS²⁵. GALILEO blir nästa utvecklingssteg efter EGNOS. Det skall bli ett eget europeiskt navigationssystem under civil kontroll och bli ett fullt utvecklat GNSS-system (**GNSS-2**) till skillnad mot EGNOS. Galileo kommer att vara interoperabelt med GPS och GLONASS, de två andra globala systemen för satellitnavigering. Den första satelliten som skall ingå i **Galileo System Test Bed (GSTB)** sänds upp 2005.

Det fullt utvecklade Galileosystemet består av 30 satelliter (27 operativa och 3 aktiva i reserv) i tre cirkulära omloppsbanor på 23616 km höjd. När detta är klart kommer Galileo att erbjuda god signaltäckning över Europa upp till och även ovanför Nordkap. Galileo skall uppnå full operativ förmåga 2008.

En användare kommer att kunna använda vilka som helst av satelliterna i godtyckliga kombinationer för att beräkna positionen med sin mottagare. Genom att använda dubbla frekvenser erbjuder Galileo realtidspositionering med en noggrannhet ner till ca 1 m vilket inget annat publikt system kan. Det ger alltid garanterad tillgänglighet med undantag bara för de mest extrema förhållanden. Det informerar användaren inom några sekunder vid fel på någon satellit. Det gör att systemet skall kunna utnyttjas även vid säkerhetskritiska tillämpningar vid järnvägar, flyg osv.

En anledning till att Europa utvecklar GALILEO är att det idag inte finns något alternativ till de militära systemen GPS och GLONASS. Det finns inga garantier för att dessa system fortsätter att erbjuda sin fulla service. Idag är satellitnavigering det normala förfarandet till sjöss och det används allt mer till lands och inom flyget. Därför blir vi i framtiden ännu mer beroende. Många räddningssystem bygger också på satellitnavigeringssystem. Om systemen skulle sluta fungera om några år skulle en katastrofal situation kunna uppstå för samfärdsel och för den personella säkerheten.

I USA utvecklas **Nationwide Differential Global Positioning System (NDGPS)**, en utökning av GPS, som ger en till två meters noggrannhet vid positionsbestämning. Detta system avses användas vid järnvägarna i USA enligt FRA (Federal Railroad Administration).

NDGPS-mottagare skall placeras på lok och banunderhållsfordon. Fordonen meddelar sina geografiska lägen till ledningscentraler via digital datalänkar.

²⁵ G. Gustafsson, ERRI: *GALILEO opens the doors to challenging railway applications in Europe*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

I oktober 2001 kunde NGDPS täcka 80 % av USA:s yta med en station och fullständig täckning med dubbla stationer väntas bli klart under 2004.

Bland företag och operatörer som erbjuder kommersiella satellittjänster för positionering eller satellitkommunikation finns **ORBCOMM LLC**²⁶ samt **Inmarsat Ltd**²⁷.

Radiokommunikation via satelliter används bl a av en del amerikanska kommersiella övervakningsprodukter, se 10.3 och 10.5.1.

7.7 Gyroskop i lokaliseringssystemen

I lokaliseringssystemen som beskrivs i avsnitt 7.8 används bl a gyroskop för att detektera vinkelhastighet, kursändringar och i tröghetssensorer. Förutom konventionella mekaniska gyroskop finns det lasergyroskop och MEMS-baserade gyroskop.

Lasergyroskop använder interferens mellan två laserstrålar som sänds i motsatt riktning i en optisk ringformig ljusledare för att detektera ändringar i gyrots orientering. Lasergyroskopet gör till skillnad mot de mekaniska gyroskoperna inget egentligt gyromotstånd vid ändring av gyrots vinkelläge.

MEMS-teknologi (MEMS mikro-elektromekaniska system) är en modern teknik som erbjuder känsliga, kompakta och prisbilliga tröghetssensorer som kan känna av rörelser i en, två eller tre linjära axlar. Vissa typer kan också känna av vinkelrörelser kring en axel, andra kan utformas som gyroskop för navigationssystem baserade på Corioliseffekten. MEMS-baserade tröghetssensorer kan ersätta GPS-mottagaren vid signalbortfall. Ett system som arbetar med död räkning fortsätter att registrera fordonets alla rörelser medan satellitsignalerna är borta.²⁸

7.8 Satellitbaserade applikationer för tåg och järnvägar

7.8.1 Satellitbaserade järnvägsprojekt i Europa

GADEROS är ett projekt ingående i forsknings och utvecklingsprogrammet för Galileo. GADEROS skall användas för att visa lämpligheten av GNSS som satellitbaserat system för att bestämma tågets position i samfunktion med ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System/European Train Control System). Om satellitbaserad teknik kan användas för tågsäkerhetssystem öppnas dörren för mycket viktiga ekonomiska och tekniska framsteg. GADEROS stöder utvecklingen av nya kostnadseffektiva lösningar för säker järnvägstrafik i

²⁶ ORBCOMM Communications and GPSS: <http://www.gpss.co.uk/orbcomm.htm>

²⁷ Inmarsat: http://www.inmarsat.org/about_inm.cfm

²⁸ Barbara Grieco, STMicroelectronics: *MEMS-sensorer för rörelseavkänning*, Elektronik i Norden December 2003, <http://www.edtscandinavia.com/tek/OEG20031201s0048>

framtiden, särskilt på trafiksvaga linjer, i överensstämmelse gällande EU-normer och med specifikationerna för ERTMS/ETCS. I projektet ingår försök med ett antal prototyper på en trafiksvag järnvägslinje mellan Aranjuez och Valencia i Spanien.

Satellitbaserade system fungerar inte alltid och kan därför inte utnyttjas som ensamt system. När SIS (signalen) temporärt skymms t ex på grund av skuggeffekter vid höga masker i terrängen, trånga dalgångar, bergskärningar, tunnlar etc. behövs ett kompletterande system.

Konceptet **Location Unit (lokaliserings enhet)** är ett kombinerat system där GNSS används tillsammans med kompletterande system som tröghetsnavigering, takometersystem eller odometer etc..

GNSS och **INS (Inertial Navigation System)**, där det kompletterande systemet INS, som består av lasergyro, tröghetsnavigeringssystem samt kartkorrelerande system, bildar en lokaliseringsenhet för att klara positionsbestämningen på ställen där signalen är skymd²⁹.

Inom EU-projektet **APOLO** utvecklades ”the Advanced Location Positioning for Trains”. Där användes en intelligent blandning av olika givare ombord (satellitmottagare, gyroskop, takometrar) för att skapa ett autonomt lokaliseringssystem med hög noggrannhet som kan fungera överallt på en järnväg, även där satelliten är skymd³⁰. Systemet väntas bidra till bättre övervakningssystem för fjärrtågklarare och till utvecklingen av nya signalsystem som är speciellt anpassade för trafiksvaga linjer.

ECORAIL är ett ESA- och EU-projekt som leds av Technicatome i Frankrike. ECORAIL skall visa hur EGNOS kan användas som en del i säkra signalsystem vid plankorsningar mellan järnväg och väg. Nyttan med systemet är lägre kostnader genom mindre behov av spårledningar och fast utrustning längs spåret, bättre trafikflödet för vägtrafiken genom att man kan optimera tiderna för signalerna med hänsyn till tågastigheten och minskade avgasemissioner från biltrafiken genom kortare väntetider.

LOCOLOC (Locomotive Location) är ett projekt för att utveckla innovativa, säkra och kostnadseffektiva system för positionsbestämning av tåg i huvudsak baserade på GNSS. Projektet leds av ALSTOM i Belgien. Det baseras på projektet **LOCOPROL**. LOCOLOC skall ge kostnadsbesparingar genom att säkerhetsfunktionerna överförs till fordonen så att de dyra säkerhetssystemen i banan (trackside infrastructure) inte behövs.

LOCOPROL är ett projekt finansierat av EU som avser utveckling av ett satellitbaserat automatiskt signal- och hastighetsövervakningssystem (signalling and protection system) med låg kostnad och hög säkerhet för trafiksvaga linjer (Low Density Traffic Lines, LDTL). Avsikten är att systemet inte skall behöva ytterligare sensorer och Kalmanfilter för sin funktion.

²⁹ Filip, A.-Mocek, H.-Bazant, L. –Maixner, V: CHECH RAILWAYS; DDT SZT; Laboratory of Intelligent Systems: *Architecture of GNSS Aided Signalling: Analysis and Experiments*

³⁰ G. Barbu, ERRI: *Accuracy Performance Test Methodology for Satellite Locators on Board of Trains, Developments and results from the EU project APOLO, WCRR, Köln 25-29/11 2001*

Viss ytterligare utveckling behövs för att LOCOPROL ska kunna användas vid säkerhetssystem för trafiksvaga linjer (positive train control systems for LDTL), som:

- En innovativ fördelning av funktioner, där mer intelligens förläggs till tåget vilket gör tåget mindre beroende av bansystemet
- En säker terminal för att höja säkerheten för personal som arbetar på banan
- Ett system för att godskunder och resenärer skall få tillgång till den information de önskar.

LOCOPROL är avsett att avsevärt minska kostnaderna vid lågtrafikerade linjer utan att det leder till några begränsningar i trafikering eller kundservice. Fördelarna med LOCOPROL är att:

- huvuddelen av spårlednings-, signal- och andra fasta system längs banan inte längre behövs (bortsett från system vid växlar och vägkorsningar)
- inga dyra och känsliga odometrar behövs ombord för att mäta sträckan tåget tillryggalagt och inte heller andra givare som lätt blir utsatta för skador (enbart satellitbaserade system används)
- man inte behöver någon central ledningsutrustning med hög funktionssäkerhet mot fel, dvs. som ej behöver vara av kategori "failsafe". Endast ett centralt system för trafikövervakning behövs, som alltså kan karakteriseras som ett "nonsafe" system.
- Man uppnår optimal minskning av radiotrafiken både vad avser mängden meddelanden som behöver överföras och den tid som behövs för att sända meddelanden (meddelandelängden)
- tåg som är utrustade för att gå på linjer med ERTMS-system kan köras även på en LOCOPROL-linje

INTEGRAIL är ett projekt som leds av företaget Kayser-Threde GmbH (se 9.4) i Tyskland. Det avser en förbättrad användning av EGNOS på trafiksvaga linjer enligt fordringarna för ERTMS (European Rail Traffic Management System). Projektgruppen skall utveckla fyra prototypsystem baserade på en kombination av EGNOS och integrerade tröghetsnavigeringssystem. Systemen skall ingå i två tåg där de skall användas för att ge information både till föraren och till signal- och säkerhetssystemet.

Nyttorna som skall uppnås med INTEGRAIL är:

- Kostnadsbesparingar för banverket/ägaren till banan genom att minimera det fasta signal- och säkerhetssystemet i banan
- Kostnadsbesparingar för tågoperatörer genom att harmonisera signalsystemen i Europa
- Körtiderna ska minskas genom att samma lok kan behållas i tåget då det passerar gränser mellan Europas länder

RUNE (Railway User Navigation Equipment) är ett projekt som leds av företaget Laben i Italien. Det använder EGNOS som en del i en integrerad lösning för att förbättra informationen till lokföraren (improve the train driver's situational awareness). Idag får inte förare fullständig information tillräckligt tidigt om signaler och hastighetsbegränsningar vilket gör att det är svårt att använda förare på en för denne ny linje där han saknar linjekännedom. RUNE integrerar EGNOS/GPS med andra system ombord på tåget för positionsbestämning samt med information från centrala system om signaler och hastighetsbegränsningar. Detta ger en förbättring av säkerheten och gör det möjligt att utnyttja förare på för dem okända linjer. Jämför med det amerikanska informationssystemet för lokförare Knowledge Display Interfaces i avsnitt 7.8.2.

Baliser används som referenspunkter i spåret med vissa mellanrum. Vid varje referensbalis nollställs odometerutrustningen för att felet i lägesbestämning skall bli tillräckligt litet. Projektet RUNE syftar till att med bibehållen noggrannhet i lägesbestämningen kunna öka avstånd mellan baliserna.

Om fysiska baliser kan ersättas med virtuella baliser som ger tillräckligt hög noggrannhet och säkerhet i lägesbestämningen ger det en avsevärt minskad kostnad för infrastrukturen längs banan.

F-MAN (Fleet Management) är projekt som syftar till ett gemensamt europeiskt system för att hantera bokning och tilldelning av godsvagnar samt för övervakning av godsvagnar. Systemet omfattar en gemensam europeisk vagnpool med godsvagnar, utrustningen ombord på vagnarna där det bl. a. ingår satellitbaserad positionsbestämning, samt ett centralt system för ledningscentraler med databas, beslutsstöd och kommunikationssystem för överföring av data till och från godsvagnarna respektive Internetkommunikation mellan centralen och vagnsägare respektive godskunder som hyr vagnar för transporter. Systemet beskrivs i kapitel 12.

7.8.2 Satellitbaserade järnvägsprojekt i USA^{31, 32, 33}

Nationwide Differential Global Positioning System (NDGPS), en utökning av GPS, ger en till två meters noggrannhet vid positionsbestämning. System är avsett att användas vid järnvägarna i USA enligt FRA (Federal Railroad Administration).

NDGPS-mottagare skall placeras på lok och banunderhållsfordon. Fordonen meddelar sitt geografiska läge till ledningscentraler via digital data länkar.

GPS Locomotive Location System (GLLS). FRA undersöker och utvärderar teknik som skall tillåta att snabba resandetåg (high speed trains) med hastigheter

³¹ Internetinformation från ITS America News, The Monthly Newsletter of the Intelligent Transportation Society of America, Vpl. 12, No. 9, September 2002.(<http://www.itsa.org/>)

³² Internetinformation från FRA, Federal Railroad Administration (<http://fra.dot.org/>)

³³ U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration: Five-Year Strategic Plan for Railroad Research, Development, and Demonstrations, March 2002. Bl a: Chapter 2.0: A vision for the Future: Intelligent Railroad systems

på 120 miles/h (193 km/h) eller högre använder samma banor som godstrafiken. Anledningen är den orimligt höga kostnaden för att anlägga speciella banor.

Det specifika kravet som ställs är att ett automatiskt system kunna avgöra om ett tåg har gått in på ett sidospår och står hinderfritt med en konfidensnivå på 0,99999, för att ett annat tåg ska tillåtas att passera på huvudspåret. För att uppnå denna konfidensnivå fordras att lokets positionssystem kan bestämma lokets laterala läge med noggrannheten 1,3 fot ($1 \sigma = 0,458$ m) då avståndet mellan spåren (spårnitt) är 11,5 fot (3,50 m). Praktiska försök har utförts med ett lok från Union Pacific utrustat med ett **GPS Locomotive Location System (GLLS)** utvecklad av företaget Seagull Technology. GLLS arkitekturen baseras på tre antenner och tre enkla GPS-mottagare av lågprismodell.

När höga masker skymmer satelliterna används död räkning med kurs- och hastighetsinformation från ett elektroniskt ("solid state") kursgyro, också det av lågpriskaraktär, samt en dopplerradar. Man vill att systemet ska kunna detektera att loket går genom växeln som leder till sidospåret då växeln ligger i kurvläget. Detta kräver en noggrannhet i kursbestämningen på 0,20 grader (1σ) vid växlar av en typ som kallas "Type 20". De är avsedda för höga tågshastigheter. Under försöket provades 7 olika sidospår. Samtliga var försedda med en enklare växel "Type 14" vilket gav ett statistiskt underlag som kan räknas om till att gälla för den svårare växeln "Type 20"³⁴.

Intelligenta vägkorsningar (Intelligent grade crossings) har provats vid praktiska försök i åtta delstater i USA. En arkitektur för sådana plankorsningar har utarbetats som en del i ett IT-program (ITS National Architecture). Arbete pågår för att utveckla en standard för USA.³⁵

Informationssystem för lokförare och tågledningscentraler (Knowledge Display Interfaces). Bildskärmar installeras på lok och i tågledningscentraler för att presentera information som genereras i de nya intelligenta informationssystemen, t ex information om tågets läge och hastighet, förhållandena framför tåget som banprofil med lutningsförhållanden, verkliga och rekommenderade lägen på kör- respektive bromskontrollen. Största tillåten hastighet (sth) och information från hastighets-övervakningssystemen (ATP) erhålls via datalänkförbindelse från ledningscentraler. Likaså visas information som kommer från övervakningssystem ombord (t ex via ECP-systemet) och från fasta övervakningssystem längs spåret liksom annan önskad information som kan sändas via datalänk. (Jämför det europeiska projektet RUNE i avsnitt 7.8.1.

Övervakning av transporterat gods och varor ombord (Car On-Board Commodity Sensors). För sådan övervakning finns olika typer av system. En del godskunder använder olika privata system för att få direkt information utan att

³⁴ K.T. Mueller, D. Dow, J. Brawner, R. Bortins, Seagull Technology Inc, S. Alban, Stanford University, F. Meek, Union Pacific Railroad: *Field Test Results with a High Speed Rail Prototype GPS Locomotive Location System*, The Institute Of Navigation (ION), GPS 2003, Session C1, Paper #6

³⁵ Internetinformation från ITS America News, The Monthly Newsletter of the Intelligent Transportation Society of America, Vol. 12, No. 9, September 2002. (<http://www.itsa.org/>)

använda de amerikanska järnvägsbolagens informations- och kommunikations-system. Därmed får inte järnvägsbolagens tåg- och trafikledningspersonal tillgång till informationen, i varje fall inte direkt, vilket är en nackdel.

Ett annat möjlighet är att i framtiden utnyttja ECP-bromsens system (det intelligenta godstågets system) för övervakning av gods och varor ombord som beskrivits tidigare. Vid detta system går informationen till loket varifrån den vidareänds. Lokpersonalen får då direkt tillgång till informationen via ECP-systemets presentationsanordningar. Men än så länge används ECP-systemen bara vid heavy haultransporter med bulklast, t ex i kol- och malmtåg.

Strategic Traffic Planners (STPs) är system som övervakar tågens aktuella geografiska läge och anger avvikelser från den position tåget skulle ha enligt tidtabellen och transportplaneringen. Efter det att förseningar börjat uppstå kan systemet prediktera ankomsttider till olika platser under den fortsatta färden.

System för beställning av godsvagnar och för tidsplanering av transporten (Car reservation and scheduling system). Genom detta system skall kunder kunna beställa lämplig typ av godsvagn samt i samarbete med järnvägsbolaget kunna planera transporten enligt sina önskemål. För att identifiera godsvagnarna används AEI-systemet, se 10.2. Jämför också det motsvarande projektet F-MAN inom UIC, som beskrivs i avsnitt 7.8.1 och kapitel 12, samt produkten FLEETVIEW från det tyska företaget Socratec GmbH i avsnitt 9.3.

8 Fasta övervakningssystem

Fasta övervakningssystem placerade bredvid eller i spåret finns sedan länge för olika övervakningsuppgifter, t ex för att upptäcka risk för varmgång i axelboxar, höga hjultemperaturer, hjuldefekter som hjulplattor, last som överskrider lastprofilen, instabil gång hos hjulpar och boggier etc. Systemen har varit inriktade på att ge larm först när oroväckande höga nivåer registreras.

Ett antal europeiska respektive amerikanska kommersiella produkter för fast övervakning längs spåren eller för övervakning ombord på tåg och vagnar presenteras i kapitel 9 respektive kapitel 10.

I USA vill Federal Railroad Administration (FRA) se en utveckling av tekniken med värmebildskamror. Genom att avsöka hjul, lagerboxar och hela boggin med värmebildskamera kan man tidigt upptäcka fel. Med fasta sådana övervakningsutrustningar kombinerade med det existerande amerikanska systemet för fordonsidentifiering (AEI), se 10.1, kan man t ex upptäcka varma axelboxar eller hjulpar i tåget samt med hjälp av intelligenta datorsystem identifiera det aktuella fordonet och snabbt larma trafikledning, föraren på det aktuella tåget och berörda underhållsinstanser.

Från det fasta system började införas, vilket skedde i under 1960-talet i USA, fram till helt nyligen har inget samlat grepp tagits för att lagra och på ett intelligent sätt bearbeta och vidarebefordra informationen från övervakningsanordningarna. Nu börjar man införa sådana system vilket kan ge stora fördelar. Genom trendanalys kan t ex felaktiga lager upptäckas och åtgärdas på ett tidigt stadium innan allvarliga följder och störningar uppstår. Detta beskrivs i avsnitt 8.3.1, 8.3.3 och 8.3.4.

8.1 Fasta övervakningssystem eller fordonsburna?

Detektorer ombord ger möjlighet till kontinuerlig övervakning medan markfasta system medger övervakning vid de tillfällen tåget passerar en mätanordning vilket sker med tidsmellanrum som beror på hur tätt anordningarna är placerade längs spåret.

Ombordbaserad övervakningsutrustning passar bäst tillsammans med ECP-bromssystem (intelligenta godståg) som redan har erforderlig utrustning i tåget

för kommunikation, datorbehandling, presentation för föraren och för att automatiskt och mycket snabbt vidta nödvändiga åtgärder i krislägen. Fördröjningen av ett viktigt larm i ett ECP-system ligger i storleksordning enstaka sekunder. En elektroniskt styrd nödbromsning är också praktiskt taget ögonblicklig och samtidig i hela tåget och ger därför minsta möjliga längskrafter inom tåget. Genom att alla fordon i tåget måste vara utrustade med ECP-systemet får man en möjlighet att övervaka samtliga vagnar och lok. Men införandet av övervakningssystem för andra ändamål än för det säkerhetskritiska DP/ECP-systemet på vagnarna är en sekundär fråga med lägre prioritet. Övrig övervakning kan införas efter hand och då kan godsvagnar komma att ha olika utrustnings- och ambitionsnivåer. Detta torde särskilt gälla för den allmänna godstrafiken där vagnar med olika ursprung och ägare ingår i godstågen. Hittills har ECP-bromsar bara använts inom heavy haul för kol och malm och där har intresset än så länge inriktats mot urspårningsdetektorer. Den dag ECP-bromsar kommer till användning inom den allmänna godstrafiken kommer säkerligen intresset för att införa övriga övervakningsanordningar att bli större.

I tåg där det ingår vagnar med autonoma (oberoende) övervakningssystem övervakas bara dessa vagnar. Ofta torde övervakningen vara inriktad på positionsbestämning och på tillståndet hos lasten, dvs saker som i första hand är av intresse för godskunden. Om det uppstår ett allvarligt fel på en icke övervakad vagn i tåget kan det inte upptäckas. Det kan t ex leda till en urspårning med allvarliga konsekvenser. En annan nackdel är att eventuella larm från godsvagnar med autonoma system kan gå till olika övervakningscentraler som inte i alla system är järnvägens utan kan vara godskundens eller tillhöra något specialföretag. Den aktuella centralen måste i akuta lägen meddela föraren på det tåg som vagnen ingår i för att denne skall bli underrättad. Detta tar längre tid och kräver dessutom ett effektivt och säkert system som håller reda på vilket tåg som den aktuella vagnen ingår i, vilket telefonnummer som går till föraren på det aktuella tåget etc.

Att utrusta många vagnar med dyrbar, underhållskrävande och med hänsyn till den krävande miljön på gods-, malm- och koltransportvagnar ömtålig övervakningsutrustning, förefaller inte alltid vara så attraktivt jämfört med att sätta upp ett relativt litet antal fasta övervakningsanordningar längs banan.

Vid skytteltrafik av typ heavy haul med mycket stor fordonspark, långa tåg och med en relativt begränsad linjesträcka kan fasta övervakningsanordningar längs banan vara att föredra och tvärt om kan utrustning placerad ombord på tåget och vagnarna vara att föredra vid långa glest trafikerade linjer och korta tåg med få vagnar.

Varmgångsdetektorer skall i USA finnas med högst 20 miles avstånd, men det är tal om att minska avståndet till 10 miles (ca 16 km). Varmgång kan dock ske mycket snabbt på bara en eller annan km. Kontinuerlig övervakning med detektorer ombord kan därför ge en högre säkerhet men till en högre kostnad eftersom det i praktiken förutsätter att tåget är utrustat med ECP-bromsar eller liknande system. Men om ECP-broms ändå införs av andra skäl blir tilläggskostnaden för övrig övervakning inte så stor.

När nya utvärderingssystem införs, där trendanalys av mätresultaten från fasta varmgångsdetektorer används för att mycket tidigt upptäcka felaktiga lager och i god tid byta ut dessa, minskas antalet allvarliga varmgångar kraftigt. Detta kan tala för övervakning med fasta varmgångsdetektorer liksom det faktum att ett

mera allmänt införandet av ECP-bromsar och liknande former av intelligenta godståg tycks dröja.

Vid Spoornets koltrafik i Sydafrika på huvudlinjen Ermelo Richards Bay, med en huvudlinje på ca 200 km samt med många anslutande kortare eller längre matarlinjer med stora höjdskillnader, anses fasta anordningar vara ett billigare och bättre alternativ för att övervaka temperaturen på hjul och axelboxar än att utrusta vagnparken som består av 6700 fyraxliga koltransportvagnar med ombordbaserade övervakningsanordningar för hjul och axelboxar. Detta trots att man övergår till ECP-bromsade tåg och sålunda får utmärkta möjligheter till ombordbaserad övervakning.

Detektorerna för hjultemperaturen bör placeras på ställen som är taktiskt lämpliga med hänsyn till banans lutning. Detta gäller särskilt för banor där godstågen är utrustade med amerikansk pneumatisk godstågsbroms (AAR P-broms) eftersom den har speciella problem, se 8.2.

I Nordamerika är järnvägsbolagen ägare till infrastrukturen och de kör själva sina godståg. Däremot kan godsvagnar som ingår i tåget tillhöra andra järnvägsbolag eller privata vagnsägare. Informationen från övervakningsanordningarna och centralerna, särskilt den akuta, berör i huvudsak det egna bolagets trafik och kan tas om hand inom den egna organisationen. Information som rör underhåll av icke akut art på främmande godsvagnar behöver dock föras vidare till berörda instanser.

I Europa med skilda banförvaltare och operatörer finns det en skillnad mellan helt ombordbaserad övervakning och övervakning via fast anordningar. I det senare fallet måste informationen vidarebefordras från de olika banförvaltarna till det berörda tågets lokförare och till dess ägare/operatör samt till berörda vagnsägare när det gäller information som kan användas för det förebyggande underhållet.

Konventionella godsvagnar har än så länge ett relativt enhetligt utförande oavsett om de är tvåaxliga eller boggivagnar, med utanförliggande axelboxar och ramverk samt blockbroms. Framtida godsvagnskonstruktioner kan vara avvikande från detta, som den tyska LEILA-boggin (se rapporten Bromssystem). Den har ramverk och axelboxar innanför hjulen samt skivbromsar med skivorna placerade i hjulen. En sådan konstruktion passar inte för nuvarande fasta övervakningsanordningar. Ett tåg bestående av omväxlande konventionella vagnar och vagnar med LEILA-boggier kan dels kräva dubbla övervakningsanordningar och dels speciell intelligens i utvärderingsprogrammen som tar hänsyn till vagnarnas typ och deras placering i tåget för att inte skapa förvirring då givarsignalerna skall tas om hand.

8.2 Bromsdiagnos genom fast övervakning av hjultemperatur

Den amerikanska konventionella godstågsbromsen saknar eftermatning. Olika typer av läckage och andra fel kan med tiden leda till kraftigare bromsning i en vagn än avsett varvid hjulen blir varmare än på övriga vagnar och efter hand uppnå farligt hög temperatur. Det kan ge upphov till sprickor i hjulen och urspårningar samt gnistsprut med bränder på vagnar och i naturen som följd.

Motsatta fallet finns, där läckage eller andra fel leder till att vagnen bromsar allt svagare eller inte alls vilket leder till svalare eller kalla hjul på den vagnen förutom att tåget får sämre bromsförmåga.

För bromsdiagnos bör övervakningsanordningar för hjultemperatur vara placerad på lämpliga ställen vid utförslutningar där tåget bromsat en tillräcklig tid för att hjulens skall ha blivit varma och temperaturskillnader skall ha hunnit uppstå som följd av ojämn bromsverkan. Om det är fråga om stora läckage behöver det finnas en övervakningsanordning relativt tidigt för att i tidigt upptäcka sådana fel. Om det är litet läckage uppstår det inte någon stor skillnad i bromsverkan förrän senare. Det skulle då kanske inte upptäckas vid en tidig övervakningsanläggning men ändå kunna bli ett stort fel i bromsverkan med farlig hjultemperatur efter en längre stund. Därför behöver övervakningen upprepas med lämpliga avstånd vid mycket långa lutningar (1/2 till en timmes kraftig bromsning förekommer utomlands). Även på förhållandevis slät bana kan det vara motiverat med övervakning för att finna vagnar med bromsanläggning (tjyvbroms) vilket kan leda till samma farliga följder som ovan.

Kombinerat med ett kommunikationssystem mellan övervakningsanordningen och tåget och en anordning för vagnsigenkänning (AEI, se 10.1.1), eller bara uppgift om ordningsnumret inom tåget för de aktuella axlarna, kan det intelligenta godståget identifiera vagnar med direkt felaktiga eller dåliga bromsar. För konventionella godståg kan övervakningscentraler lagra och bearbeta informationen från fasta övervakningsanordningar samt fastställa identiteten på de vagnar som har felaktiga bromsar liksom misstänkt felaktiga axelboxar. Detta beskrivs i avsnitt 8.3.1 och 8.3.3.

8.2.1 Hjultemperatur ersätter bromsprov vid ECP-broms?

Det automatiska bromsprovet vid nuvarande ECP-bromsar baseras på mätning av lufttrycket i bromscylindrarna på vagnarna och inte på kontroll av den kraft med vilken bromsblocket pressas mot hjulet. Det finns därför en risk att vissa bromsfel på enskilda fordon inte upptäcks av den automatiska övervakningen av ECP-systemet. Exempel på tänkbara sådana fel är att bromsrörelsen är sönder, blockerad eller feljusterad på ett sådant sätt att bromsblock inte ansätts alls eller med fel kraft. Bromsblock kan ha lossnat och fallit bort eller bromsregulatorn som justerar för slitage på block och hjul kan vara felaktig. Sådana fel förekommer under normala förhållanden bara på enstaka vagnar i ett långt tåg.

Vid bromsprov (utgångsprov) i Sverige kontrolleras manuellt att bromsblocken går till mot hjulet vid bromsning respektive släpper från hjulet då bromsen lossas. Det sker genom okulär kontroll och om det behövs genom att trycka (sparka) med en fot på blocket. Det ger en viss uppfattning om att till/från funktionen fungerar men inte om den verkliga bromskraften. Utomlands förekommer att bromsprovaren vid långa godståg kör med ett fordon längs tåget och okulärbesiktigar vagnarna i förbifarten. Då upptäcks i regel bara vissa av de grövre fel som kan förekomma på enskilda vagnarna. En möjlighet till rationalisering och förenkling av bromsprovet är att förlita sig på ECP-bromsens automatiska funktionsprov i utgångsläget och sedan under tågets gång komplettera detta genom kontroll av hjultemperaturerna vid de markfasta

övervakningsanordningarna. Spoornet överväger att använda denna metod för att spara tid och personal i den tunga koltrafiken med ECP-bromsade tåg.

8.3 Trendanalys vid fast övervakning

Tidigare har ingen samlat grepp tagits för databehandling av informationen från de fasta övervakningsanordningarna. Nu börjar man i Nordamerika ta ett holistisk grepp på hela informationskedjan. De amerikanska järnvägsbolagen Canadian National, CN, och Union Pacific, UP; har utvecklat egna integrerade system som samlar in och databehandlar informationen. Detta höjer säkerheten och effektiviteten och man kan inrikta kontroll och underhåll på vagnar som är i speciellt behov av det.

8.3.1 CN system för analys och larm vid varmgång³⁶

CN (Canadian National, statsägt kanadensiskt järnvägsföretag) började införa varmgångsdetektorer på 1960-talet samtidigt som det började användas på nordamerikanska järnvägar i övrigt. CN har 452 anläggningar i Kanada för kontroll av såväl varmgång som att lasten inte överskrider lastprofilen (dragging load detector). Dessutom har de 324 platser med övervakningsanordningar för att upptäcka varma hjul. Samtliga CN:s övervakningsanläggningar är kopplade till deras trafikledningscentral (Rail Traffic Control Center) i Edmonton, Alberta. Insamlade data analyseras av CN:s maskinavdelning. Varmgång eller en tidig tendens till en kommande varmgång kan konstateras genom analys av olika kriterier. Det sker centralt och inte ute vid detektorerna.

Det var bara CN som använde sig av centraliserad analys fram till år 2002. När man utvecklade metoden i mitten av 1990-talet började man granska alla signaler från de fasta detektorerna. Man konstaterade att många lager som senare råkade ut för varmgång tidigare hade visat klara tendenser till hög temperatur vid passage av varmgångsdetektorer. Redan 1997 hade man utvecklat metoder för att förutsäga en kommande varmgång genom analys av temperaturen från detektorerna. Sedan april 1997 övervakar och analyserar CN insamlade data från 3,5 miljoner axelboxpassager per dygn på sina bansträckor. Man undersöker om lagerboxar som är varma har haft hög temperatur vid upprepade mättillfällen. Det är fördelaktigt ur analysynpunkt att ha täta avstånd mellan övervakningsanordningarna för att kunna studera trender. Ett förebyggande varningsmeddelande sänds ut om tre eller fyra varma avläsningar görs i direkt följd eller vid varmgångsdetektorer som är belägna relativt nära varandra. Vilka åtgärder som vidtas beror på hur varmt lagret är samt på lagrade "historiska data" om vagnen, dess egenskaper och underhållsstatus.

Undersökningar har visat att ett stort antal av de axelboxar som föranleder tidiga varningslarm har mekaniska fel och defekter på lagren. CN accepterar att en viss andel av varningar är falska larm eftersom fördelarna med systemet och de tidiga varningslarmen är så stora. Antalet brott på axeltappar har minskat dramatiskt under de fem år som gått sedan systemet infördes. Dessutom har

³⁶ Railway Age, January 2004, page65-66: *Searching for a hot one*

andelen larm per scannad axelbox minskat med en tredjedel under perioden 1992 - 2002. Underhållssäkerheten och den allmänna säkerheten har förbättrats av denna förebyggande övervakning. CN kan inte heller se att metoden leder till att fler vagnar behöver kopplas från tågen för att ställas av på sidospår.

Detektorerna rapporterar in data i axlarnas sekvensordning inom tåget. Det gäller alla former av detektorer, t ex för:

- varmgång i axelboxar (HBD, Hot Box Detector)
- hjultemperatur (HWD, Hot Wheel Detector)
- lastförskjutning (DED, Dragging Equipment Detector) etc.

Ett projekt inom CN syftar till att utveckla ett system som kan relatera respektive axel (axelnumret inom tåget) till det aktuella fordonets identitet.

Problemet är inte helt enkelt, trots att enbart boggivagnar används i Nordamerika, eftersom ett antal lok ingår i godstågen och de kan vara fördelade på olika sätt i tåget, se rapporten Fördelad dragkraft. En del lok har nämligen treaxliga boggier andra har tvåaxliga boggier.

Det system som utvecklas använder bara anordningar för avläsning av AEI (Automatik Equipment Identification tag, se 10.1) i början och slutet av bansträckor för att bestämma tågens sammansättning, dvs vilka fordon som ingår och deras ordningsföljd i tågen.

8.3.2 TTCI utvärderar system för varmgångskontroll

Vid TTCI (Transportation Technology Center, Inc.) finns ett utvecklingsprogram för fasta övervakningssystem (AAR Wayside Detection Program)³⁷. Erfarenheterna från CN har visat att metoden är lämplig vilket har väckt ökat intresse i USA för metoden. Resultat från försök vid TTCI visar också att det finns tidiga tendenser till uppvärmning hos ett skadat lager som kan detekteras under den tid lagret försämras allt mer. Vid försöken kunde felaktiga lager upptäckas tidig och varning utfärdas.

8.3.3 UP inför central analys av data från fast övervakning

Även UP (Union Pacific) har infört centralt system för lagring och utvärdering av data från fasta övervakningsanläggningar efter att ha besökt CN och studerat deras centrala system³⁸. Vid UP har 400 fasta övervaknings-anläggningar för varmgångskontroll, av totalt 1200 anläggningar, kommunikationsmöjlighet till UP tågledning (Harriman Dispatching Center) i Omaha. De resterande 800 är av typ ”stand alone” dvs. icke anslutna övervakningsanordningar på vissa linjer.

³⁷ Railway Age, January 2004, page 65-66: *Searching for a hot one*

³⁸ Railway Age, January 2004, page 65-66: *Searching for a hot one*

Under maj-juni 2002 utvecklade UP dataprogram med algoritmer för att samla in, databehandla och presentera resultaten från de anslutna detektorerna. Man använder trendanalys på insamlade data från detektorerna på de olika platserna. I juli 2003 togs systemet i bruk. Upptäckta felaktiga lager togs direkt ur drift. Ett 25-tal sändes till Rail Science, Inc laboratorium i Omaha för undersökning. Samtliga dessa lager visade sig ha allvarliga inre fel. Vagnar som uppvisar flera felsymptom eller med upprepade felhändelser hålls under speciell uppsikt.

Tidigare har de övervakningssystemen främst varit avsedda att skydda banan och tågen från skador som vållas av felaktiga vagnar. Vagnsunderhållet har tidigare varit reaktivt, inriktat på att avhjälpa fel som redan har uppstått.

Det nya systemet med integrerade fasta övervakningsanordningar och analys av den insamlade informationen i databaserna öppnar för ett proaktivt, dvs. ett förebyggande underhåll. Det kommer att leda till avsevärt förbättrad effektivitet, minskad urspårningsrisk och bättre utnyttjande av vagnparken. Genom ett utbyggt nätverk kan samtliga detektorer av olika typer ingå i ett databassystem som samlar in och behandlar inkommande data. Data från detektorer för hjulplatteskador kan då jämföras med information från varmgångsdetektorer för att undersöka om det finns någon korrelation mellan dessa fel etc. Nya metoder för övervakning med modern bildbehandlingsteknik kan väntas för att t. ex. upptäcka defekta hjul och axlar.

8.3.4 InteRRIS (Integrated Railway Remote Information Service)

TTCI:s har utvecklat en databasservice **InteRRis (Integrated Railway Remote Information Service)** för att analysera data som samlas in och rapportera om några trender till fel kan konstateras. Allt eftersom informationen i InteRRis ökar får man en ”historisk dokumentation” om vagnparkens egenskaper och tillstånd. InteRRis kan hjälpa de bolag som utnyttjar övervakningssystemen att skapa ett bättre och övergripande underhåll. Informationen från InteRRis kommer att sändas till systerorganisationen Railinc, för att informationen skall kunna bearbetas så att den statistiskt kan hänföras till olika bolag och bilda underlag för deras rapporter.

Det anses viktigt att man övergår till förebyggande teknik och diagnostik. Akuta fel som uppstår i tågen ute på linjerna måste förhindras eftersom tågförseningarna byggs upp exponentiellt med antalet fel som uppstår. Därför kommer utvecklingen i USA att alltmer gå mot ett proaktivt (förebyggande) underhåll i stället för som tidigare ett reaktivt underhåll (dvs. att man avhjälper felen sedan de uppstått).

9 Europeiska övervakningsprodukter

Nedan visas ett antal exempel på olika europeiska övervakningsprodukter.

9.1 SKF axellager med inbyggda givare

SKF marknadsför ett koniskt axellager med en inbyggd givaranordning som mäter både hastighet och temperatur³⁹. Konstruktionen på vinkelhastighetsmätaren skiljer sig från den klassiska där man använder ett tandhjul monterat på axeländan och en givare monterad i axelboxen. Den konstruktionen fordrar en noggrann justering av avståndet till givaren.

Vid SKF konstruktion ligger både hastighetsmätaren och temperaturmätaren inbyggda tätt intill lagret och den belastade zonen. Den nya konstruktionen kräver mindre underhåll. Systemet har bl. a. använts i Pendelinotåg i Italien och ingår i andra moderna resandetåg, bl a höghastighetståg för hastigheter upp till 300 km/h.

Enheten mäter vinkelhastighet, rotationsriktning och lagertemperatur.

9.2 BoMo Bogie Monitoring System

BoMo Bogie Monitoring System⁴⁰ har utvecklats av SKF och Sechéron. Det är uppbyggt av följande enheter:

- Varje axelbox är utrustad med givare integrerade i lagerenheten. De mäter hastighet, temperatur och accelerationer i vertikal och lateral riktning

³⁹ SKF broschyr (Publication 4477 E): *Sensorised bearing units for axleboxes*

⁴⁰ SKF och Sécheron, broschyr: *BoMo, Bogie Monitoring System, Measurement and recording to detect: Bearing condition, hotbox, wheel condition, bogie instability and derailment*, 4 sidor.

- En enhet för signalbehandling och övervakning. Den övervakar kontinuerligt funktionen, tillståndet hos lagren och gångegenskaperna hos hjulpar och boggi
- En enhet för databehandling och för lagring av data i ett brandsäkert minne. On-line data kan användas för tillståndsbaserat underhåll som ger lägre underhållskostnader. Offline data kan analyseras och lagras på en server för säkerhetsrelevant information om tillståndet. Det finns ett antal protokoll tillgängliga för att anpassa systemet så att det kan anslutas till olika typer av överordnade övervakningssystem i fordon.

9.3 Socratec GMBH

Det tyska företaget Socratec GmbH⁴¹ i Regensburg har utvecklat autonoma system för att övervaka positionen för tåg och laster.

SATURN är ett system baserat på GPS för att bestämma positionen för ett järnvägsfordon. Systemet utnyttjar algoritmer och det förhållandet att järnvägsfordon rör sig i en dimension, längs spåret, för en noggrann lägesbestämning. Systemet är flexibelt och passar för alla typer av järnvägsfordon inklusive regionaltåg och spårvagnar. Systemet kan användas för dynamisk (löpande) kundinformation och erbjuder möjlighet till trafikledning vid enkelspåriga banor.

SATORT är ett system avsett för icke säkerhetsrelevanta tillämpningar. Det kan förse operatörer och stationär personal med information om var tåget befinner sig. Det kan användas för att förbättra informationen till passagerare som skall byta till annan tågförbindelse.

SATORT kombinerar GPS med givare för tröghetsnavigering och givare som känner av hjulens rörelse (odometer) för att beräkna tillryggalagt avstånd. Datorn ombord har geografisk information om banan lagrad i en kartdatabas, vilket behövs för att omvandla GPS-informationen till ”järnvägskoordinater” (dvs. på vilket spår samt var längs spåret tåget befinner sig).

FLEETVIEW omfattar en produktfamilj med datorer för att man från ledningscentraler ska kunna övervaka och leda driften av en fordonsflotta (fleet management applications). Förutom GPS ingår kommunikationssystem baserat på GSM 900-teknik, både för SMS- och talkommunikation. I ledningscentralen ingår mjukvara som bl.a. omfattar kartbaserad information och Web-baserade tjänster.

Fleetview omfattar system för att styra/övervaka hur fordonen används i gods- och passagerartrafik, tågens/loken position, hur de följer tidtabellen, beräkning av körd sträcka, interface för överföring av diverse information/data, system för överföring av meddelande till från tågklarare/tågledning etc.

FREIGHTVIEW är ett fristående GPS-system för att övervaka och spåra transporterat gods. Det är oberoende av fordonet. Det är därför idealiskt för att övervaka position och status på intermodala transporter. Freightview inryms i en

⁴¹ Information på Internet: <http://www.railway-technology.com/contractors/vehicle/socratec/>

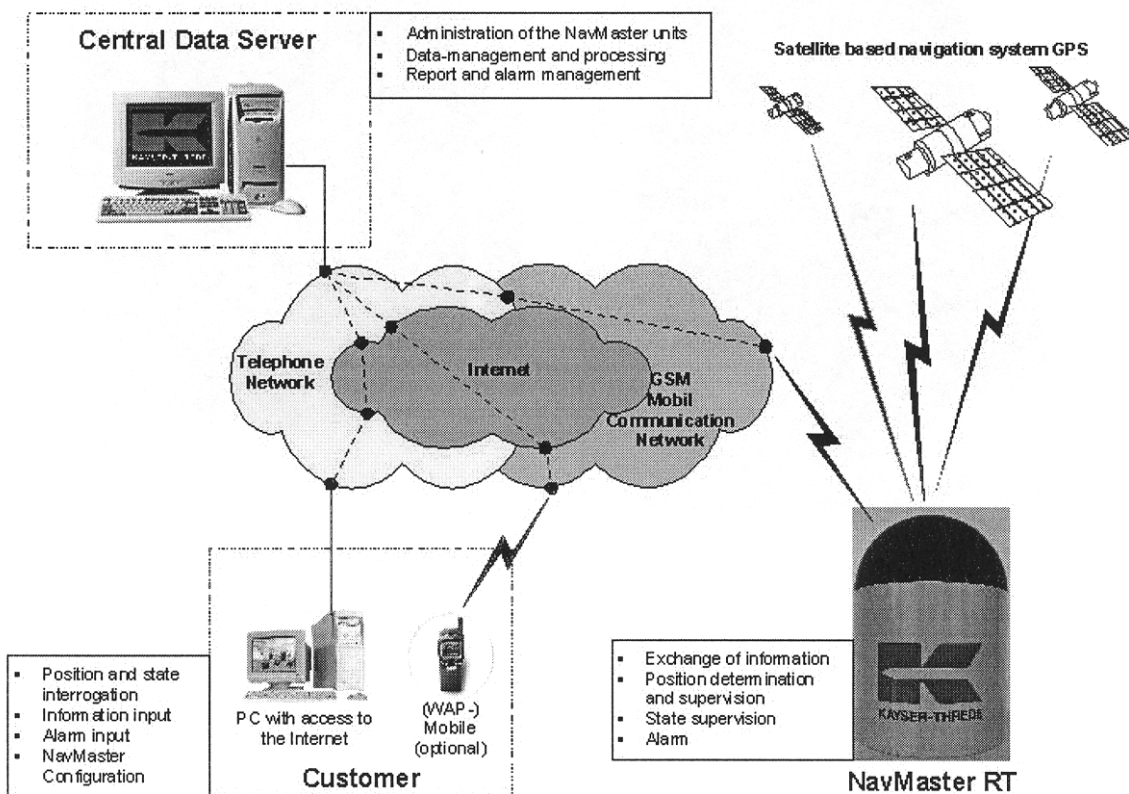
box som fästes på containern eller trailern som skall övervakas. Kommunikationen mellan boxen och övervakningscentralen sker via GSM 900 med SMS-meddelanden.

9.4 Kayser-Threde / Transportdata

Det tyska företaget Kayser-Threde GmbH/Transportdata har ett system för övervakning och positionsbestämning av mobila objekt vid järnvägstransporter⁴². Det består av två enheter:

- Den mobila **NavMaster-enheten** som monteras på det mobila objektet (t ex en godsvagn eller container)
- En **central data server**

NavMaster-enheten är robust, kompakt och anpassad för krävande förhållanden. Alla elektroniska komponenter, antenner och strömförsörjning inryms i ett tåligt hus av stål. Ett integrerat batteri med stort energiinnehåll garanteras ge underhållsfri funktion under flera år. Det finns möjlighet att ansluta inre eller yttre givare till enheten, se figur 10.



Figur 10: NavMaster med tillhörande kommunikations- och datorsystem.

⁴² Jens P. Hirschmann, Peter Gericke, Transportdata AG: *Telematics System for a competitive Railway System*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

NavMaster använder GPS för att bestämma den aktuella positionen. Informationen överförs som data via GSM mobiltelefon till den centrala dataservern. Den centrala dataservern kan vara placerad hos och skötas av Transportdata eller någon annan systempartner. Den är förbindelselänken mellan kunden och det mobila övervakade objektet. Servern tar hand om och databehandlar all inkommande information. Kunden som kommunicerar via Internet med den centrala dataservern får information om position och annat som övervakas och kan den vägen också konfigurera sin NavMasterenhet. Kunden behöver en PC med en browser för att kunna se den speciella vektorkartan över Europas järnvägsnät.

9.4.1 NavMaster vid DB Cargo – eCargoService

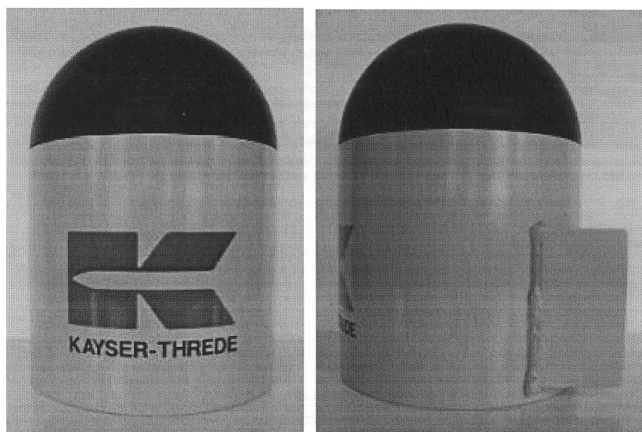
DB Cargo AG beställde i juni 2001 ett komplett system från Kayser-Trede. Ordern omfattade 12620 NavMaster enheter samt annan utrustning för att lösa övervaknings- och styruppgifter enligt följande:

- För fast montering på vagnen och för övervakning/förregling av dörrar och för övervakning av vagnens lastförhållanden
- Rörlig tågslutsanordning för placering vid tågets bakre ända
- Rörlig tågslutsanordning för placering vid tåget bakre ända, men i ett utförande som tillåter användning inom områden med explosionsrisk (explosion area 1 admission)
- En serviceenhet för att konfigurera NavMaster-enheterna
- En central dataserver (omfattar kommunikationsserver, applikationsserver och databasen)

DB Cargo ställde följande krav på NavMasterenheterna:

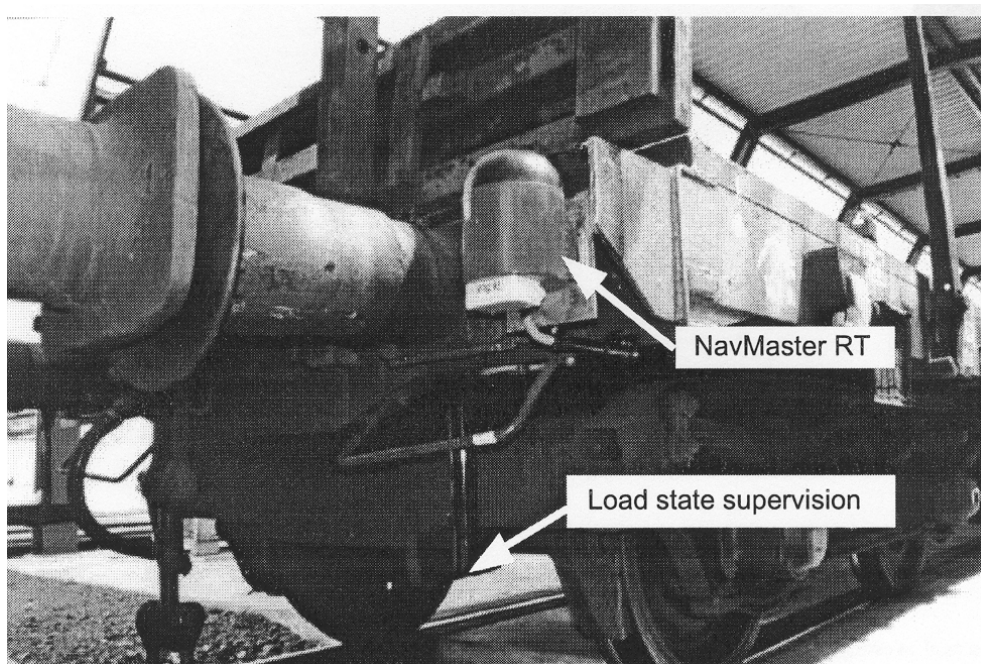
- Inget behov av underhåll under en användningstid på 6 år
- Övervakningsanordning för batteriet skall finnas
- Oberoende övervakning av hur transporten följer tidtabellen /tidsplaneringen
- Registrering av lastförhållanden med en lastavkännande givare på vagnen
- Automatisk sändning av larm när en dörr öppnas utan att tillstånd erhållits eller när en kraftig stöt registreras som innebär risk för skada på gods

Figur 11 visar ett utförande av NavMaster för fast montage genom svetsning. Det finns ett alternativt flyttbart utförande där NavMastern placeras i en hållare och låses fast med en mekanism och hänglås. Den varianten används då NavMaster ska placeras i tågslutet.



Figur 11: NavMaster-enhet avsedd för fast montage (svetsning)

Figur 12 visar en NavMaster RT monterad på buffertbalken på en godsvagn samt anordningen för avkänning av lastläget (load state supervision)



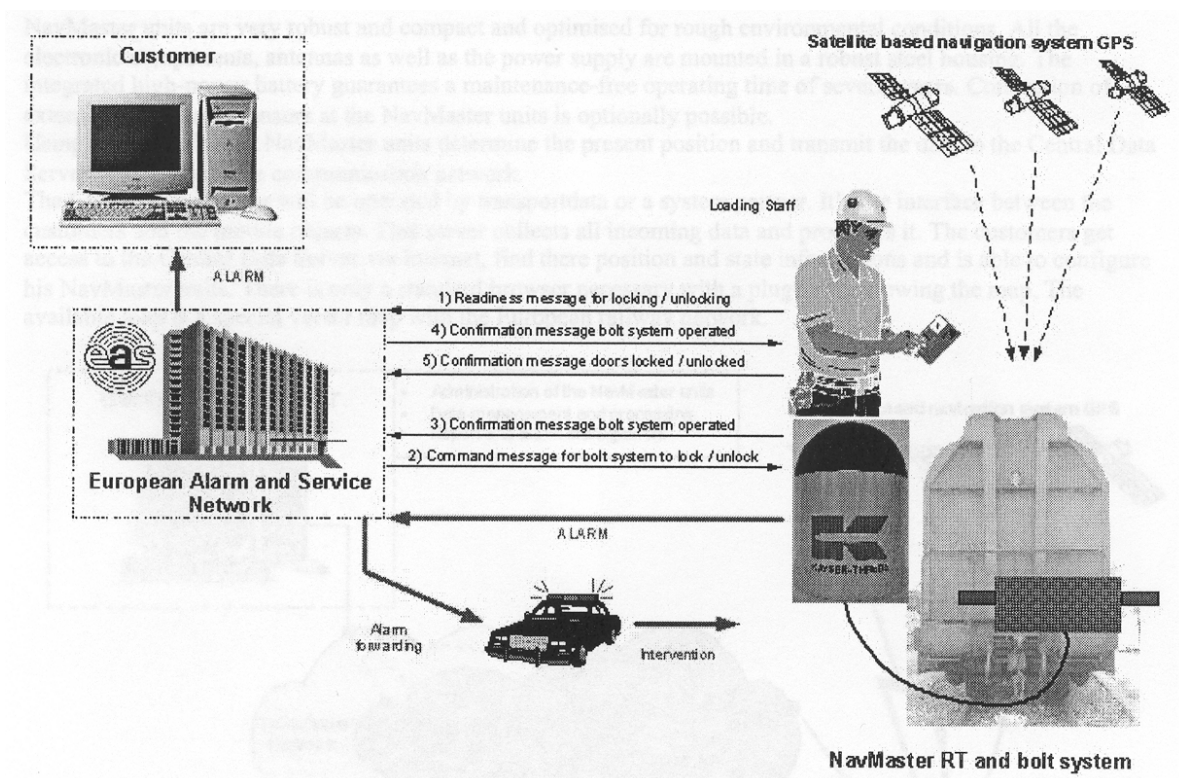
Figur 12: NavMaster, monterad på buffertbalk, med lastavkännare

9.4.2 Säkerhetssystem för godsvagnar med skjutdörrar – WSS (Wagon Security System)

Det finns en variant av NavMaster för säkerhetsövervakning. Den är fast monterad på vagnen och ansluten till en speciell låsanordning. I detta fall finns en

låsbullet som förhindrar att skjutdörren öppnas och som sänder ett larmmeddelande till EAS (European Alarm and Security Network) vid försök till intrång. För att kunna öppna låsanordningen behövs ett kommando som sänds via EAS till NavMastern.

EAS erbjuder speciella tjänster i händelse av larm. Det är möjligt att sända ett larmmeddelande till närmaste polisstation med detaljerad information om vagnens aktuella position med kartbild. Det finns också möjlighet att skicka egen säkerhetspersonal till vagnen, figur 13.



Figur 13: Säkerhetsövervakningssystem med NavMaster anslutet till EAS (European Alarm and Service Network)

9.5 Övervakning av tankvagnar med farlig last

Monoklorättiksyra transporteras med järnväg från Sydtyskland genom Danmark och Sverige till Finland. Det är en transportsträcka på ca 3200 km. Denna syra kristalliserar vid 15°C och vid 40°C får den etsande egenskaper vilket gör att den fräter på de syrabeständiga tankar i vilka den fraktas.

Den transporteras i 4-axliga tankvagnar med en volym på ungefär 45 m³. Vid svensk-finska gränsen sker byte av boggier för att ställa om från normalspår till bredspår. Företaget Eisenbahn-Verkehrsmittel-Gesellschaft GmbH, Düsseldorf som hyr ut vagnar har tagit fram den speciella tankvagnen som är utrustad med

en syrabeständig tank som temperaturisolerats med ett 20 cm tjockt skikt av polyuretanskum.

Genom denna konstruktion skall temperaturen inte sjunka mer än med 1°C per dygn. När man fyller tanken med syran har den en temperatur på 40°C och den får inte sjunka under 20°C under transporten. Transporten tar normalt 9 dagar. Detta ger en marginal som skall räcka för oförutsedda händelser. Vagnarna kallas på grund av sitt utförande för ”rullande termoskannor”. Vagnarna är utrustade med telematiksystem för temperaturövervakning och positionsbestämning från företaget Timtec Telematik GmbH. För positionsbestämningen används systemet ATIS MT. Genom systemet sker en kontinuerlig temperaturövervakning och lägesbestämning. Skulle tillåtna gränsvärden för temperaturen över- eller underskridas så skickar det oberoende telematiksystemet ATIS MT ett alarmmeddelande såväl till logistikledaren hos speditören eller transportkunden som till den transportansvarige hos operatören. Alla relevant information om transporten, från det att den lämnar avsändaren i Tyskland till det att den tas om hand mottagaren i Finland, övervakas av DB Cargo AG kundtjänstcentrum (KundenServiceZentrum) i Duisburg. I transportplanen finns en tidskorridor fastlagd inom vilken ”bandbredd” transportförloppet normalt sker. Det betyder att DB Cargo AG koordinerar samarbetet med operatörerna och trafikledningarna i Danmark, Sverige och Finland samt övervakar hela transporten och ingriper om det behövs på grund av någon avvikelse. Det gäller även övervakningen av temperaturen⁴³.

⁴³ Michael Baranek und Klaus Georg Becker: *Gefahrgut im Bahntransport durch Nordeuropa*, Eisenbahn Technische Rundschau 5, Mai 2001, sid 272-274

10 Amerikanska övervakningsprodukter

Nedan beskrivs ett antal amerikanska övervakningsprodukter. Informationen om produkterna är huvudsakligen baserat på en artikel i *Railway Age*⁴⁴

10.1 Det amerikanska systemet för fordons-identifiering

I slutet av 1960-talet började de amerikanska järnvägarna införa ett optiskt system på för fordonsidentifiering kallat ACI (Automatic Car Identification). Erfarenhet visade att avläsningen av streckkoden inte fungerade tillräckligt säkert. Damm och smutsa gjorde att läsbarheten blev för dålig. Denna metod övergavs därför i slutet av 1970-talet.

10.1.1 AEI, Automatic Equipment Identification

En ID-märkning för automatisk elektronisk fordonsidentifiering, **AEI-tags (Automatic Equipment Identification tags)** har installerats på alla godsvagnar och lok i USA och Kanada sedan 1995⁴⁵. Man har övergått till att använda transponderteknik med en passiv transponder (data-tag) ombord på vagnarna. Det betyder att inga batterier behövs ombord, överföringen sker via en 900 MHz radiosignal som primärt sänds från de fasta läsanordningarna (readers eller interrogators) mot radiotranspondern på fordonet och energiförsörjer den. Transpondern överför informationen från fordonet till läsanordningen genom att modulera och återsända radiosignalen.

⁴⁴ *Railway Age*, October 2000: *You can't manage what you can't measure*

⁴⁵ Keith Thompson: *Tracking Freight Cars: AEI data tags and readers: (Automatic Equipment Identification)*, *Trains Magazine*, Jan 1996, v56 n1 p86(3), artikeln tillgänglig på Internet:
<http://www.grex.org/~snowolf/rail/aei.html>

Transpondern inryms i en plastbox som är ca 7,5 cm hög och 25 cm lång. Fordonen förses med en AEI-tag till vänster sett mot vardera fordonssidan på en höjd av ca 48 tum (1,20 m) över rälerarna, figur 14. Läsanordningen framgår av figur 15.

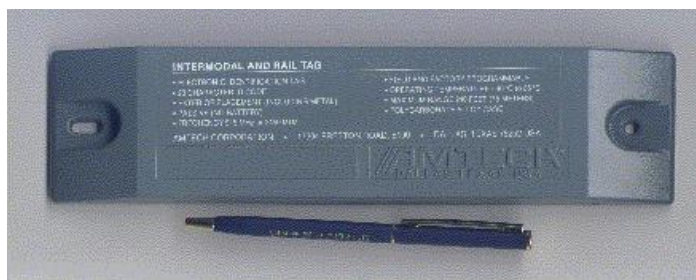
Transpondrar finns på lokomotiv, godsvagnar, personvagnar, containrar och EOT- (End OF TRAIN-) enheter. De är programmerade med formaterad information som anger typ av utrustning/fordon, ägare, järnväg etc⁴⁶.

Nästan alla nordamerikanska fordon i samtrafik är märkta. Det finns mer än 3,7 miljoner transpondrar och 6000 läsanordningar.

Det finns åtskilliga tillverkare av både AEI-tags och läsare. Störst av leverantörerna är företaget Amtech som också var det ledande under utvecklingen.

Det finns även portabla handburna läsare för identifiering och lagring av data om fordonen.

Elektronisk avläsning av ID-märkningen kombinerad med NGPDS-mottagare på lokomotiven gör det möjligt för de amerikanska järnvägarna att ha uppdaterad information om var lok, vagnar, laster och åkande personal befinner sig.



Figur 14: Transponder (AEI-tag)



Figur 15: Läsanordningen

⁴⁶ Automatic Equipment Identification (AEI) tags, Internetinformation: <http://www.dragg.net/users/romani/info/state/rail/aei.html>

10.1.2 AEM, Automatic Equipment Management

Amtech marknadsför en variant av transponder som kallas **Automatic Equipment Management, AEM**. Den kan anslutas via kabel till en dator ombord på fordonet som används för ombordbaserad övervakning. Förutom att överföra information om identiteten etc. kan den användas för att överföra annan information från övervakning ombord till den markbaserade läsanordningen, t ex bränslenivåer, uttagen energi i form av kilowatttimmar, temperaturer och tryck i lok och kyl/frysagnar och liknande. Detta system passar för kvalificerade fordon som redan har strömförsörjning ombord för andra behov.

10.2 System för bokning av godsvagnar

Det amerikanska NGPDS, se 7.6, och systemet för fordonsidentifiering ger tillsammans förutsättningar för ett system för att planera utnyttjandet av godsvagnar och till ett bokningssystem där kunden kan beställa en lämplig vagn till viss plats och tid på ett sätt som liknar biljettbokningssystemen. Se även projektet Car reservation and scheduling system, 7.8.2.

System ska ge en effektivisering genom:

- Minskade transporter av tomma vagnar
- Minskade väntetider för kunden till beställd vagntyp kan lämnas
- Minskade tider som vagnar väntar på last hos kunden eller står oanvända på bangård
- Vagnparkens storlek kan minskas genom bättre utnyttjande

10.3 Sky Eye Railway Services, Inc

Företaget Sky Eye Railway Services, Inc tillverkar övervakningsanordningar som monteras på vagnar, containers eller lok för övervakning enligt kundens önskemål. Det kan vara, stötar vid längsryck i tåget, ostabil gång för boggier, vertikala stötar, ändringar i temperatur eller tryck etc. Data överförs via satellit med GPS-information om positionen till Sky Eye's egna övervakningscentrum. Där databehandlas informationen och sänds vidare till kunden via email, fax, telefon etc. Systemet kan också sända larm direkt till berörda kunder om så behövs. Beroende på felet och omständigheterna kan larmet leda till beslut att stanna tåget omedelbart, eller vid nästa tidtabellsenliga uppehåll eller att tåget får fortsätta till slutpunkten innan felet eller orsaken till larmet åtgärdas.

10.4 StarTrak LLC

Företaget StarTrak LLC kom ut med sitt första övervakningssystem för järnvägsvagnar 1993. Det var avsett för biltransportvagnar. Deras produkt **HealtTrak** är ett system med dubbelriktad kommunikation lämpat för vagnar med värdefullare gods. Syftet är i första hand att förhindra skador. Systemet bygger på mikrodatorer och givare för att övervaka vagnar under gång. Accelerometrar registrerar vibrationer och stötar inom olika frekvensområden. HealthTrak kan monteras på vagnar eller lok för att övervaka det kunden önskar och specificerar, t ex:

- Koppelkrafter och längskrafter i tåget,
- Ovarsamhet (krafter/stötar)
- Inbrottslarm
- Låg bränslenivå
- Instabil gång i boggierna
- Hjulslitage

När enheten är monterad på godsvagnar sker strömförsörjningen från batterier och små solcellspaneler. Kunden bestämmer vad som skall övervakas, metod, frekvens och larmnivåer. Kunden kan via Internet följa var varje vagn och container befinner sig.

Beträffande relationen mellan kostnaden för och nyttan av denna övervakning skulle 1 M\$ i investering ge en besparing på 8 M\$, enligt vad en kund hävdade till StarTrak, genom att vagnparken kan utnyttjas bättre och att färre vagnar behövs.

10.5 I.D.Systems, Inc

ID Systems, Inc använder ett helt annat koncept, en blandning av ett oberoende system på vagnarna som konfigureras ihop genom ett gemensamt kommunikationssystem i tåget. Företaget har utvecklat två varianter av övervakningssystem. Ett äldre system är avsett för sammanhållna systemtåg och ett nyare system avsett för vanliga ”löst” sammansatta godståg med vagnslaster.

10.5.1 Övervakning av systemtåg

Det första systemet för systemtåg använder ”**asset communicators**”, dvs. kommunikationsenheter som monteras på varje vagn i tåget. De är utrustade med en radio som fungerar som lokal repeater för meddelanden som sänds längs tåget. Det ledande loket tar hand om informationen för databehandling och utvärdering. Förutom att vid behov larma och presentera informationen för föraren och tågpersonalen på dataskärm sänds den undantagsbaserade (exemptions based) informationen om fel och avvikelser vidare via satellit från loket till kundens egna nätverk. Det betyder att bara viktig information om fel och sådant som inte är normalt tillstånd belastar kommunikationssystemet. Dessutom tillåter systemet fjärrstyrd pollning i realtid, det betyder att kunden när som helst kan fråga systemet om det aktuella läget på något specifikt av det som övervakas. System

är kostnadsbesparande vad gäller kommunikationen. Endast en enhet, det ledande loket, behöver ha utrustning för den externa kommunikationen. På bangårdar (i varje fall rangerbangårdar) installerar I.D. Systems, Inc egna system med högintelligenta antenner. Det betyder att uppställda vagnar kan kommunicera direkt med övervakningscentra från sina "asset communicators" via antennerna utan någon debitering för meddelandena som utväxlas. Detta anses vara en viktig egenskap eftersom vagnar tillbringar 70 – 95 % av sin tid på bangårdar.

Vagnens "asset communicator" innehåller anordningar för att samla in informationen från de givare som används i övervakningen. Det som kan övervakas är i stort det samma som för de flesta system som används ombord, dvs. gångegenskaper (ostabil gång på boggier), temperatur, fukthalt, tryck, bränslenivå på lok, oljetryck på lok, och intrångsövervakning i vagnar och stöldskyddslarm på containers.

10.5.2 Övervakning av oberoende vagnar

I.D.Systems, Inc började utveckla ett nytt system med namnet "the **Accumulator**" för enstaka vagnar i vanliga godståg. Detta system kombinerar mobiltelefon teknik med en bas/lokalradio och ett GPS-system till en batteridrivna enhet som installeras på godsvagnen. När vagnar med denna utrustning ingår i ett godståg kan dom tala med varandra om avståndet mellan vagnarna ifråga är högst 150 m (500 fot). De vagnar som kan kommunicera med varandra bildar en dynamisk grupp och utser en master inom gruppen, som motsvara det ledande loket i systemtåget. Det kan bildas skilda grupper inom tåget om de inte når att kommunicera med varandra. Även en ensam isolerad vagn kan bilda en grupp. Mastern ombesörjer sedan kommunikationen för sin grupp med den yttre världen.

Allteftersom antalet utrustade vagnar ökar, blir grupperna större i tågen vilket leder till större besparingar.

10.6 Triant Technologies

Triant Technologies har utvecklat ett övervakningssystem **Vehicle Health Monitor (VHM)** för Docklands Light Railway i London. Övervakningssystemet ingår i vagnskonstruktionen. Varje tågsätt består två semipermanent kopplade vagnar. VHM-systemet består av två datorer för övervakningen, en i varje vagn. De övervakar en del system i vagnarna, t ex för temperatur, signalövervakning, bromssystem och dörrar. Datakommunikationen mellan datorerna sker via en optisk fiberkabel under vagnsgolvet. När ett fel upptäcks meddelas det till huvuddatorn på tåget som tolkar meddelandet och sänder det vidare från det förarlösa tåget till ledningscentralen via det signalsystem som löper längs banan. Information om felet presenteras också för konduktören på en flytande kristall display (LCD screen) i vagnen.

Denna applikation skiljer sig från de övriga som beskrivs i detta avsnitt eftersom den används i ett motorvagnståg för resande. I sådana tåg används ofta helt andra typer av kommunikationsbussar och kommunikationsprotokoll. Det som främst skiljer är motorvagnstågens miljö, den permanenta hopkoppling och den fasta

konfigurationen av datornäten, sofistikerade koppel med överföringsdon för tryckluft, el och signaler samt korta kommunikationsvägar.

I detta fall finns också det mycket speciella kommunikationssystemet för den yttre kommunikationen mellan det förarlösa tåget och ledningscentralen och som gör den förarlösa trafiken möjlig men också används för att föra över informationen från övervakningssystemet.

10.7 ALSTOM och AEA Technology

Företagen ALSTOM och AEA Technology har ingått partnerskap för att utveckla övervakningsprodukter. Deras produktsortiment omfattar:

WheelChex Wheel Impact Load Detection System bygger på trådtöjningsgivare fästa på rälsen för att övervaka hjullaster och -krafter. Vid för höga värden slås larm via Internet till berörd personal. En kamera registrerar den aktuella vagnens identitet genom den Automatic Equipment Identification tag som alla vagnar har.

VIEW Automated Vehicle Inspection System övervakar hjul och bromsar med kamera och laserutrustning. Hjulprofil och hjulslitage registreras utan att vagnarna behöver tas ur trafik. Data som insamlas bearbetas och används som underlag för underhållsplaneringen och kan användas för felsökning. T ex obetydligt slitna bromsblock på en vagn med dålig bromsverkan ger ledtrådar som kan förenkla felsökningen.

EngMon Engine Monitoring System använder en dator för att bl a övervaka dieselmotorn på lok. Ett GPS-system används för att bestämma lokets position och för att beräkna körsträcka. Systemet kan övervaka stötar, vibrationer, temperaturer, bränsleförbrukning osv.

10.8 GE Harris Harmon Railway Technology

GE Harris Harmon Railway Technology saluför ett antal övervakningsprodukter.

Static Dragger övervakar att inte last eller annat på fordonen överskrider lastprofilen vilket kan leda till stora skador. Det har t ex hänt att sidlåsningen på en vagnsmonterad mobilkran långt bak i tåget släppt med följd att kranarmen svängde ut åt sidan och slog sönder signaler och liknande på en sträcka av 100 miles längs banan innan det upptäcktes.

Det finns markbunden utrustning baserad på IR- (infraröd) teknik för övervakning av **temperaturen på lagerboxar**.

Två typer av detektorer finns för övervakning av hjul, i områden med stora höjdskillnader. En typ används för att upptäcka **överhettade hjul**, vilket visar på för kraftig bromsverkan i den aktuella vagnen vid bromsning i utförslutningar eller möjligen på konstant anliggande broms (tjyvbroms). Den andra typen är avsedd för att upptäcka **kalla hjul** och därmed avslöja vagnar med svag bromsverkan eller bromsar som inte alls fungerar.

PinPoint är GE Harris Harmons övervakningssystem för lokomotiv.

10.9 Salient Systems, Inc.

Bland produkterna finns följande:

WILD (Weel Impact Load Detector) är en markfast anordning som mäter den kraft som hjulet utövar mot rälen för att upptäcka fel, t ex hjulplattor på lok och vagnar. Informationen vidaresänds till databaser som samlar in uppgifter från övervakningssystem för hjulpar som finns på olika platser.

Wild kan även inkludera anordningar för att upptäcka skeva boggier och boggier med instabil gång.

Salient Systems, Inc. har tillsammans med TTCI (Transportation Technology Center Inc, som tillhör AAR) utvecklat en anordning kallad **Truck Performance Detector (TPD)**. Den skall övervaka hur boggier och fjädringssystem fungerar i kurvor. Det är i kurvor de flesta urspårningar inträffar. Den skall mäta hjul-/rälkrafter och hjulparens anloppsvinkel samt registrera värdena och vagnens identitet med hjälp av fordonets AEI-tag.

Truck Performance Detector (TPD) skall överföra den insamlade informationen till TTCI:s databasservice **InteRRis (Integrated Railway Remote Information Service)**, se 8.3.4.

Syftet är att järnvägsbolag och vagnägare skall fokusera underhållet till vagnar med fel och verkliga underhållsbehov i stället för att utföra underhåll baserat på hur långt vagnen rullat eller på tiden mellan underhållstillfällena.

11 GSM-system för åkeri- och återvinningsbranschen

11.1 GSM larmar när containern är full

Detta svenska exempel visar hur ett lågpris GSM-baserat larm- och övervakningssystem används för att förbättra verksamheten vid återvinningsstationer och för det lastbilsåkeri som sköter hämtningen och tömningen av återvinningscontainrar när det behövs⁴⁷.

Nedskräpningen på återvinningsplatser är ett stort problem. Det är nödvändigt att fulla containrar hämtas i tid och att nya ställs på plats i rätt ögonblick. Annars spolieras hela miljön och folk skräpar ner ännu mycket mer, platsen blir otrevlig och folk slutar att lämna till återvinningen.

Återvinningsföretagen har nu tagit till elektroniska nivåvakter till hjälp i containrarna för att i tid se när de behöver bytas. Omkring 1500 nya containrar med nivåvakter hade i september 2003 placerats ut i landet och ytterligare lika många till sätts ut under 2004. Kostnaden för övervakningsanordningen är 2500 kr per container.

Sensorer monteras i taket på containern. De sänder ut IR-strålar en gång i timman mot behållarens fyra hörn, på en nivå som motsvara 80 % av volymen figur 16. När minst tre av strålarna bryts larmar sensorn via SMS-meddelande.

Larm och statusuppdateringarna skickas till företaget Wireless Maingate som ansvarar för systemets kommunikationsdel. De sänder informationen vidare som e-post till återvinningsföretaget Stena Scanpaper och till entreprenören Sita som sköter hämtning och tömning av containrarna.

Statusinformationen från sensorerna i containrarna går också till en webbsida som drivs av förpackningsindustrin. Där kan kommuner och återvinnarna se statistik och det aktuella läget.

⁴⁷ Niklas Dahlin: *Larmar när containern är full*, Ny Teknik, Nr 38, 17 September 2003, del 2, sid 6-7,

Det är enkel teknik i nivåvakterna. Energiåtgången måste begränsas eftersom batteriet skall hålla lika länge som containern.



Figur 16: Återvinningscontainer med den elektroniska nivåvakten i mitten av taket

Containrarna får inte stå fulla längre än 24 timmar. Åkeriet kör även helger och har jourtjänst för chaufförerna. Bilarna kör rutinrundor som ändras om någon behållare larmar. Genom webbgränssnittet kan chaufförerna kontrollera läget hemifrån.

Idag kan chaufförerna inte ta emot körorder direkt i hytten. Man har planer på att införa det genom mobiltelefoner eller handdatorer.

Det anläggs ofta bränder i behållarna och detta förstör sensorenheten. I samband med en skolavslutning i Gävle anlades många bränder. Reparationskostnaden blev dyr, den motsvarade en nyinvestering. Hittills har systemet använts i containrar för pappersåtervinning men intresse finns för att använda det för annan återvinning, t ex återvinnig av returglas.

11.2 GSM-positionering införs

I nuvarande utförande sänder sensorenheten information om sitt id-nummer med larmet. Men det är inte säkert att man vet var just den containern står, även om man bör göra det i normalfallet. Containrar kan bli utställda på fel plats eller av misstag byta plats med varandra. I en kommande variant införs en del förbättringar, bl a ska sensorernas läge kunna pejlas via GSM-nätet och de ska kunna rapportera i procent hur mycket som finns lagrat i containern. Det betyder att man kan följa med vilken hastighet containern fylls och att man bättre kan förutse när det är dags att hämta den.

Kostnaden för det nuvarande systemet med nivåövervakning och GSM-anordning är 2500 kr/container, vilket förefaller vara en måttlig kostnad, särskilt om batteriet håller och inget annat underhåll behövs under hela livstiden. Det förutsätter att anordningen inte förstörs genom sabotage. Risken för vandalisering genom anlagd brand torde vara speciellt hög vid denna applikation där containern är fylld med lättantänt papper eller kartong, där det finns öppningar i sidorna på containern och där uppställningsplatsen ofta ligger enskilt.

12 Projektet F-MAN inom UIC

Projektet F-MAN⁴⁸ avser att utveckla ett totalomfattande europeiskt system för att hantera bokning, tilldelning, kostnadsberäkning, planering samt offerter rörande transporter av gods med godsvagnar som är avsedda för vagnslasttrafik och som tillhör en speciell gemensam godsvagnspool i Europa⁴⁹. Avsikten med F-MAN är att komma till rätta med många av de nackdelar som dagens vagnslasttrafik brottas med, inte minst i internationell trafik i Europa. Förutom problem med höga fraktkostnader som dessutom är svåra att beräkna, är det långa transporttider och oförutsägbara ankomsttider. Ofta kan kunden inte få information om var lasten befinner sig, om den är försenad och när den kan beräknas anlända om transporten sträcker sig över två eller fler länder.

Liknande problem förhindrar ett effektivt utnyttjande av godsvagnsparken. På övergripande Europa nivå är det huvudsakligen två system som hittills styrt hanteringen av godsvagnar för vagnslasttrafik, EUROP (UIC vagnpool) samt RIV (returnera vagnen till avsändaren). Detta gäller inte för trafik med systemtåg och blocktåg samt intermodal trafik som går i speciella flöden.

RIV2000 är inriktad på hantering av vagnar som tillhör den privatfinansierade marknaden. UIC undersöker möjligheten att införa ett nytt system (projektet "new wagon status") som inbegriper all information, hantering och styrning av vagnar. Det bygger på bilaterala överenskommelser om det pris som vagnägaren skall ta när andra utnyttjar vagnen för transporter.

Det finns andra begränsade system som erbjuds av privata företag, t ex FLEETVIEW från Socratec GMBH (se 9.3).

I nuläget finns det inte något integrerat och övergripande system för hantering, styrning och tilldelning av godsvagnar (wagon fleet management) i Europa. Uppföljning av var vagnar befinner sig baseras i allmänhet på data från de nationella tågtrafikledningarna (train control management) och fördelningen av lediga vagnar sköts av tågklarare som grundar det på tidigare erfarenheter. På nationell nivå bygger det på uppbyggda rutiner mellan de nationella operatörerna och tågledningen hos landets banförvaltning. Där fungerar tilldelningen av lediga vagnar relativt bra. Men så snart en vagn korsar gränsen till ett annat land

⁴⁸ Railway Gazette International, November 2003, sid 720-722: *F-MAN will Boost wagon productivity in Europe*

⁴⁹ Eckhard Kuhla, project manager: *Railcar Asset Management – EU Project F-MAN*, &th UIC Internet Club Forum 28.-29. November 2002, Paris UIC HQ

uppkommer problem. Ny kontaktytor uppkommer, vilket leder till ett dåligt utnyttjande av vagnarna, speciell då aktörerna talar olika språk.

Projektet F-MAN startade i oktober 2001 och skall vara klart vid halvårsskiftet 2004.. Projektet finansieras av EU. Information om projektet finns på projektets hemsida www.fman.org

12.1 On line fleet management

Behovet av ett on-line system för att hantera problemet är uppenbart. UIC projektet F-MAN (Fleet MANagement) syftar till att utveckla ett Internetbaserat system för att hantera godsvagnarna samt för bokning och tilldelning av lämpliga vagnar. Systemet spårar och följer upp vagnarnas geografiska läge. Alla vagnar i systemet måste vara utrustade med en dator benämnd on-board terminal (OBT) som sköter kommunikationen med övervakningscentralen via SMS-meddelande på GSM-radio, positionsbestämningen via satellit (GNSS-mottagare) och som samlar in data från övervakningen av vagnen och lasten. Meddelandena sänds i standardiserad form till markstationsmoduler i övervakningscentralerna (headquarters). Med hjälp av informationen kan ankomsttiden för varje vagn beräknas och informationen göras tillgänglig för godskunderna.

När F-MAN är färdigutvecklat kommer det att ingå ett centralt beslutsstöd för hanteringsfunktionen för godsvagnar (wagon management) som tar hänsyn till tekniska, kommersiella och ekonomiska kriterier.

12.2 Vagnpoolen

En speciell vagnpool kommer att bildas för F-MAN. Vagnarna får utnyttjas av registrerade vagnägare respektive vagnarrendatorer. De vagnar som ingår i poolen är registrerade och kan inte användas utanför poolen annat än genom att dras tillbaka vilket kräver en speciell procedur.

Trots det kan F-MAN utnyttjas av bara en vagnägare/vagnarrendator eller av en grupp vagnarrendatorer som agerar oberoende. Denna möjlighet är viktig under uppbyggnadsfasen eftersom harmoniseringen av en mängd nationella regler och bestämmelser sker långsamt vilket förmodligen kommer att fördröja tillkomsten av den i sann mening gemensamma vagnparken. Vagnägare/arrendatorer och de som sköter fördelningen av vagnar (fleet managers) hos nationella operatörer kan använda systemet för att erbjuda vagnar till poolen medan företag i behov av godstransport kan använda systemet för att söka efter lediga vagnar av passande typ.

En ”fleet manager” kan samtidigt var både vagnägare som hyr ut en ledig vagn av viss typ och arrendator som vill hyra en vagn annan typ av för sitt transportbehov. Alla deltagare måste vara registrerade och acceptera gällande villkor.

13 Intern kommunikation i tåg

För den inre kommunikationen mellan datorsystemen i lok och vagnar inom det intelligenta godståget behövs det ett kommunikationssystem med protokoll. Det kan behövas ytterligare ett kommunikationssystem (fordonsbuss) inom varje fordon för att koppla samman fordonets egna (huvud-) dator med andra datorer som kan finnas i delsystem. Delsystemen kan vara s.k. intelligenta inbyggda system (embedded technology) som kan finnas i olika styr- eller övervakningssystem. Embedded technology är ett samlingsbegrepp på mjukvara, hårdvara och övriga teknologier som ger delsystemet i fråga en egen inbyggd intelligens.

Att koppla ihop olika delsystem inom ett tåg är inte enkelt. Tillverkare använder olika system, ibland egna som är patenterade och skyddade vilket hindrar andra från att använda systemet. Detta försvårar integration av delsystem från olika leverantörer och från olika länder inom ett fordon eller tåg.

I det följande beskrivs i korthet några begrepp, protokoll och system som kan vara aktuella för interna kommunikationssystem i tåg och i enskilda fordon.

13.1 Intra Train Communication (ITC) network

Intra Train Communication (ITC) network kallas det nätverk som används för den kabelbaserade ECP-bromsen och därmed också för den kabelbaserade integrerade DP-styrningen (dvs. fjärrstyrningen av i tåget fördelade lok) inom AAR. Protokollet som används är LON från företaget Echelon (se 13.6). Överföringen av data och elkraft sker på samma kabel, Train Line kabeln som består av två tvinnade ledare. Detta beskrivs ingående i rapporten Bromssystem.

13.2 ROSIN

ROSIN (Railway Open System Interconnection Network) är namnet på ett EU-projekt för att skapa en öppen standard för kommunikationen inom tåg.

13.3 Train Communication Network, MVB och WTB

Inom IEC, International Electrotechnical Commission, har pågått ett arbete i samarbete med UIC sedan 1989 med att ta fram en standard för ett nätverk, **Train Communication Network (TCN)**.

TCN omfattar två busstyper:

- **Multifunction Vehicle Bus (MVB)** för att koppla samman utrustning inom ett fordon
- **Wired Train Bus (WTB)** för att överföra data mellan fordonen inom ett tåg

Normen UIC556 specificerar TCN för användning i internationella tåg i Europa.

13.4 Profibus

Profibus har utvecklats mellan 1987 och 1991 i Tyskland. Den utvecklades för att användas inom automationstekniken. Det finns numera en CENELEC norm EN50170 för Profibus. Maximala antalet noder och konfigurationen är relativt begränsad. Det finns tre varianter av Profibus med olika egenskaper:

- **FMS (Fieldbus Messaging Specification)**
- **DP (Decentralised Peripherals)** och
- **PA (Process Automation).**

Profibus/FMS är ett kraftfullt multimastersystem som används som ryggrad medan andra bussystem används på den lägre nivån för kommunikation med givare/verkställande organ.

Profibus/DP är en kraftigt reducerad variant av FMS och optimerad för korta reaktionstider. Det är ett rent master/slave system.

13.5 CAN

CAN (Controller Area Network) utvecklades av företagen Bosch och Intel för applikationer inom bil och fordonsindustrin. CAN-bussen användes i det tyska datorstyrda bromssystemet EBAS som även inkluderar annan övervakning och styrning i fordonen. EBAS och CAN beskrivs i rapporten Bromssystem.

13.6 LON

LON (Local Operational Networks) från företaget Echelon är ett kommunikationsprotokoll som används i applikationer för automatisering. Nätverket kan omfatta från två till tiotusentals deltagare. Den amerikanska kabelbaserade ECP-bromsen använder LON. Det beskrivs i rapporten Bromssystem, avsnittet om kabelbaserad ECP-broms. LON är ett asynkront system.

Deltagande noder får gå in och sända på eget initiativ. Det gäller både radio och ledningsbunden kommunikation. Noderna lyssnar först efter bärvågen för att kontrollera om det är ledigt i rummet respektive på linjen (Carrier Sense Multiple Access, CSMA). Är det ledigt sänder enheten. Men det kan bli en kollision mellan meddelanden om mer än en enhet börjar sända samtidigt. Det upptäcks av en anordning (Collision Detect, CD). Om en kollision inträffar måste noderna sända om de förstörda meddelandena. Det finns olika strategier för att minska risken för en ny kollision, t ex genom slumpvisa och varierande väntetider. Om det blir trångt om utrymme på linjen kan viktiga meddelande prioriteras genom att ha kortare väntetid än mindre viktiga för att på nytt få access till ledningen sedan den blivit ledig.

Vid tilltagande trafik på bussen blir kollisionerna allt vanligare vilket kräver allt fler omsändningsförsök och trafikkapaciteten avtar. Till sist kollapsar trafiken. Det är det asynkrona systemets nackdel.

I det kabelbaserade alternativet av det europeiska projektet FEBIS (Freight Electronic Brake and Information System) används en modifierad variant av LON som har både asynkron kommunikation och en tidslucka för synkron, deterministisk kommunikation för att förbättra kommunikationen.

Olika kommunikationsmedier kan användas vid LON, tvinnad tvåledarkabel, koaxialkabel, radio, optisk fiberkabel samt ledningar där både elkraft, som kan vara AC dvs växelström eller DC likström och datainformation överförs på samma ledare. Att överlagra datasignalerna på elkraftöverföringen anses vara fördelaktigt ur flera synpunkter. Bl.a. kan båda uppgifterna klaras med en enda tvåledarkabel samt att elkraftöverföringen hjälper till att "rensa" kontakterna i kopplingsdonen vilket underlättar överföringen av de överlagrade signalerna med låg spänning (elektriskt genombrott av eventuella isolerande oxidskikt).

Vid den amerikanska kabelbaserade ECP-bromsen överförs elkraften i form av 230 V DC med datasignalerna överlagrade på en tvinnad tvåledare i en skärmad kabel som benämns **Train Line**. Bärvågen för överföring av datasignalerna har en nominell spänning på 14 V_{pp} (topp till topp värde) och bärvågens mittfrekvens är 132 kHz.

För kabelvarianten av det europeiska FEBIS-systemet gäller samma princip men där används dubbla kablar, för att få högre överföringskapacitet både för data och för elektrisk effekt och för ökad redundans. I FEBIS är benämningen på kablarna **Powerline** (se rapporten Bromssystem).

13.7 FIP

FIP (Flux Information Process eller Factory Instrumentation Protocol) har utvecklats för att få fram en fältbuss med bra prestanda till lågt pris.

Ett WorldFIP-nät kan bestå av ett eller flera segment som kopplas samman via repeaters. Maximala längden på varje segment beror på datahastigheten, vid 31,25 kbit/s är den 1900 m, vid 1,0 Mbit/s är den 750 m och vid 2,5 Mbit/s 500 m. Varje segment kan ha upp till 32 noder och maximalt 4 repeaters kan användas i serie.

13.8 TrainTalk för radiobaserad ECP-broms

Vid den amerikanska radiobaserade ECP-broms **EP^x** som utvecklats av företaget GE-HARRIS används radio-kommunikation med GE-HARRIS protokoll **TrainTalk**. Dessa båda är GE-Harris egna produkter, registrerade varumärken och patentskyddade egendom och sålunda inga öppna system för andra tillverkare (se rapporten Bromssystem).

13.9 Kabelbaserad tågbus för intelligenta godståg

Den naturliga lösningen för en godstågbus med kabel utgörs av en tvinnad dubbelledare och ett linjärt nät genom tåget enligt de lösningar som valts vid kabelbaserad ECP-broms, FEBIS och EBAS. Stjärnnät eller ringnät är inte lämpliga. UIC styrkabel för EP-broms som används på en del persontåg innehåller två tvinnade ledare samt 7 andra ledare för speciella ändamål, men enkla skärmade tvåledarkablar med tvinnade ledare är att föredra vid godståg. Kablarna behöver ha reflexionsfria avslutningar i fram och bakändan på ledningen/tåget (se rapporten Bromssystem). Vid intelligenta godståg och särskilt vid TSC- (Train Sharing and Coupling-) konceptet är automatiska koppel med inbyggda kontaktdon för automatisk koppling av både luft- och el/signal-ledningar viktiga delsystem i strävan mot säkra, snabba och personalbesparande godståg. Det är inte lika viktigt vid nuvarande applikationer med ECP-bromsar på systemtåg, där tågen i regel hålls ihop ganska permanent.

Kontakterna för den automatiska kopplingen av el/signalledningen samt de reflexionsfria avslutningarna som skall in-/urkopplas i ledningen vid tågets båda ändar är viktiga problem i TSC-konceptet. Det måste vara en robust lösning som ger en säker funktion då tåg skall slås samman till ett större tåg respektive delas i mindre tåg. Inte minst om det skall kunna ske fjärrstyrt från förarhytten utan att okulär kontroll ska behövas efter att ihop- eller isärkoppling gjorts.

14 Extern kommunikation i tåg

Den externa kommunikationen kan baseras på olika former av radiokommunikation mellan tåget och olika lednings- eller övervakningscentraler. Ibland sker kommunikationen till/från tåget via lokomotivet. Vid autonoma vagnssystem har vagnen ett eget kommunikationssystem.

Dessutom finns andra speciella system där fordon i tåget kan kommunicera med ledningscentraler via IR- eller transpondersystem med radiovågor och fasta läsare vid sidan av spåret.

14.1 MORANE

EU-projektet **MORANE (Mobile Radio for Railway Networks in Europe)** syftade till att utveckla GSM-R⁵⁰. Projektet startade 1996 och pågick i tre år.

MORANE användes för att undersöka radiotäckningen i svår terräng, för att prova tal- och dataöverföringen vid höghastighetståg samt för att prova nya funktioner vid GSM-R.

14.2 EIRENE

IRENE (European Integrated Railway radio Enhanced Network) var ett projekt för att utveckla GSM och anpassa det för behovet vid järnvägsapplikationer i Europa.

14.3 GSM-R

GSM-R är ett integrerat radiosystem baserat på GSM standard inom 900 MHz-bandet och som är avsett för applikationer vid järnvägarna i Europa⁵¹. GSM-R

⁵⁰ Internetinformation om MORANE: <http://www.cordis.lu/transport/src/morane.htm>

⁵¹ International Railway Journal (IRJ), December 2003, sid 30 och 32: *GSM-R Starts To Roll Out Across Europe*

skall bl a stödja ERTMS/ETCS applikationer liksom multimedia service för passagerar samt en mängd andra applikationer. GSM-R skall till en början användas för kommunikation med tågpersonal, tågledning, banpersonal och för nödsamtal. Vid ERTMS nivå 2 utgör GSM-R det huvudsakliga kommunikationssystemet.⁵²

GSM-R skall ha täckningsområde längs banorna intill ett avstånd av 100 till 200 m från spåret/spåren. Bara speciella telefoner avsedda för GSM-R kan användas. Uppkopplingstiden för ett samtal är ca 2 sekunder, vilket är ungefär halva tiden jämfört med vanlig mobiltelefoni. Systemet skall ha hög tillgänglighet genom hög redundans och hög funktionssäkerhet hos den ingående utrustningen.

GSM-R är ett öppet nät vilket innebär att det finns olika tillverkare och att deras produkter skall fungera tillsammans. Marknadsledare inom utrustning för infrastrukturen i GSM-R är Siemens och Nortel Networks. Större tillverkare av GSM-R mobiltelefoner är Siemens STSL och Alstom HFWK i Tyskland, Sagem i Frankrike, Marconi i Italien och Kapsch TrafficCom i Österrike.

Anledningen till att GSM-R införs är att man vill ha ett harmoniserat och enhetligt kommunikationssystem för Europas järnvägar. I Europa finns nu mer än 35 olika system och bara inom DB i Tyskland finns 8 olika system. Underhåll och modernisering av alla dessa olika system är dyrt. Analoga system är inte kompatibla med moderna kommunikationssystem och kan inte lösa behoven vid moderna intelligenta informationssystem.

Det fanns två alternativa system att välja på för den framtida utvecklingen inom UIC: **GSM** respektive **Tetra (Terrestrial Trunked Radio)**. Efter ingående försök valdes GSM som visade sig mer lämpat för höghastighetståg eftersom det kan fungera i tåghastigheter upp till 500 km/h.

Om systemet blir överbelastat ges prioritet till nödsamtal och till samtal som har med tågets kontroll och säkerhet att göra medan lågprioriterade samtal bryts.

Systemet kan användas för Internetanslutning ombord, för nöjen och underhållning för passagerare samt för kommunikation till olika anordningar vid järnvägen, men också för kommunikation till andra fasta eller mobila analoga eller digitala telefontät. T ex kan en biljettautomat via GSM-R meddela till berörd instans om den är full med mynt och sedlar eller om något fel uppstått. Användardata, t ex geografisk lägesinformation lagras så att användare kan nå informationen från olika nät. Ett intelligent nätverk erbjuder områdesberoende servicefunktioner, t ex automatisk koppling mellan ett tåg och den tågledningscentral som har ansvaret vid den plats tåget för ögonblicket har.

Gruppsamtal är möjliga inom grupper, t ex personalen på en bestämd rangerbangård kan ingå i en grupp. Nödsamtal är alltid gruppsamtal riktade till berörda instanser inom det aktuella geografiska området för samtalet.

GSM-R kan användas för att överföra diagnostiska data från övervakningsanordningar för att meddela underhållsansvariga om underhålls- och

⁵² International Railway Journal (IRJ), December 2003, sid 30 och 32: *GSM-R Starts To Roll Out Across Europe*

reparationsbehov. När tåget kommer fram vet de redan exakt vad som behöver göras.

År 1997 skrev 32 europeiska järnvägar under en avsiktsförklaring att införa ett europeiskt GSM-R nät. En plan för införandet i Europa antogs år 2000. Sverige var först med att beställa och införa GSM-R. Hittills har 13 andra europeiska länder beställt GSM-R system. Prov med försökssystem pågår i Ungern och Ryssland.

Även utanför Europa finns intresse för GSM-R. USA och Indien testat systemet och planerar att införa ett system för försök på en 300 km lång sträcka.

Eftersom GSM-R täckning är längs en smal korridor utefter järnvägen verkar det osäkert om det går att bestämma positionen genom triangulering för en GSM-R telefon på samma sätt som för vanlig GSM (se 7.5).

14.4 Mobisir

Mobisir är namnet på det svenska Banverkets nya mobilnät av typ GSM-R⁵³. Mobisir ska på sikt ersätta alla radio- och mobilnät som finns längs järnvägen och systemet ska även fungera som plattform för annan teknik. Till skillnad från vad som sagts i föregående avsnitt om GSM-R så uppges att Mobisir är begränsat till att användas för järnvägens trafikledning och operativa drift samt för att koppla samman Europas tågtrafik.

Tidigare användes i Sverige ett analogt mobilnät för järnvägen som kallades **Driftradiosystem**. Det blev föråldrat, var svårt att underhålla samt hade dålig talkapacitet.

Ungefär 500 av 800 tänkta basstationer är i drift. Ytterligare 200 master är färdigbyggda men saknar radioutrustning. Masterna placeras längs järnvägen med ett medelavstånd på nio km. Full täckning finns inte ännu. Mobisir används än så länge bara på Malmbanan och i Öresundstrafiken, där täckningen är bäst, för kommunikation mellan trafikledning och lokförarna.

Systemet skulle enligt planerna vara färdigt under 2003 men är försenat och bara ca 60 % är nu klart. Nu räknar man med att 75 % skall vara klart till halvårsskiftet 2006, vilket då ska täcka stomnätet. Resterande 25 % som utgörs av länsbanorna beräknas få vänta till minst år 2009.

Transmissionen till basstationerna är byggd i en slinga och inte byggd med stjärnnät som vid publika system. Det ger nätet extra redundans. Även i andra avseenden är Mobisir byggt med mycket hög redundans och funktionssäkerhet.

14.5 GSM

Vanlig GSM mobiltelefon används både för telefoni och för positionsbestämning. Detta har behandlats i det föregående (se avsnitten 7.5, 9.3, 9.4 och 11). Ett problem med GSM är att det ofta saknas täckning i glesbygd men

⁵³ TI, Telekom Idag, Nr 3, 2004, sid 38 – 39: *Banverkets nät tuffar fram längs spåret*

även på andra ställen längs järnvägarna kan täckningen lokalt vara dålig pga den omgivande terrängen, bergskärningar, tunnlar etc.

14.6 Radiokommunikation via satellit

Förutom för positionsbestämning kan satelliter användas för radiokommunikation. Det finns ett utbud av kommersiella satellittjänster, se 7.6. Detta utnyttjas bl a i en del amerikanska övervakningsprodukter som beskrivits, se bl a 10.3 och 10.5.1.

14.7 Kommunikation via transpondrar

Överföring mellan fordon i tåg och övervakningscentraler kan ske med transpondrar som överför informationen via radiovågor vid de tillfällen tåget och respektive fordon befinner sig mitt för en markfast läsare. **Automatic Equipment Management, AEM** är en sådan transponder. Den fungerar som en AEI-tag som talar om fordonets identitet men har utökats för att överföra ytterligare data som samlats in av övervakningsanordningar på fordonet, se 10.1.2. Nackdelen är att kommunikation bara kan ske sporadiskt vid de tillfällen tåget passerar en markfast läsare.

14.8 Kommunikation via IR-optik

På motsvarande sätt som med transpondrar (AEM) i föregående stycke kan information överföras optiskt mellan fordon och markfasta avläsningsanordningar som samtidigt avläser identiteten för att ange det när fordonet passerar. Dubbelriktad kommunikation för informationsutbyte kan då ske via IR- (infraröda) ljusstrålar som moduleras, se 7.3. Precis som med transpondersystem är kommunikationen begränsad till sporadiska tillfällen då tåget passerar en fast avläsningsanordning.

Bilaga 1

Litteratur och referenser

AAR kabel- och radiobaserade ECP-bromssystem

Fred Carlson, Privat kommunikation, Transportation technology Center, Inc. (TTCI) Pueblo Colorado, USA

Frederick G. Carlsson, Alfred J. Peters (AAR/TTCI): *Electronically-Controlled Pneumatic (ECP) Brakes – Implementation Through Cooperation*, WCRR, Colorado Springs, Colorado, USA, 17-19/6 1996

Brian Smith, Fred Carlson (AAR/TTCI): *Electronically Controlled Pneumatic (ECP) Brake Systems*, WCRR, Köln, 25-29/11 2002

Internet: <http://www.tsd.org/ecpbrake.html> : *Electronically Controlled Pneumatic Brake, Technical Briefing*, Prepared by Paul Niquette, Revised March 6, 1997

Railway Age, August 1998, sid 55-, *How R&D is shaping the 21st Century railroad*

PROGRESSIVE RAILROADING, November 1998, sid 31-37

Mikel Popke: *Braking through: ECP slowly gains ground*, Progressive Railroading, November 1998 p 34

Railway Age, September 1999, sid 61-, *Elektro-pneumatic brakes, AAR moves toward a standard*

PROGRESSIVE RAILROADING, November 1999, sid 39-40, *Market Made to Spec? Release of cable, radio specifications could fuel interest in ECP brakes*

Railway Age, January 2000, *Are we there yet? The slow journey to electronically-controlled pneumatic braking should pick up speed with pending AAR specs. suppliers are ready. Are the railroads?*

International Railway Journal, April 2000, *Switch to ECP Brakes in heavy haul Takes Time*

Railway Age, October 2000, sid 50-52, *ECP braking gets results. Field trials in Canada and Australia are illustrating the benefits of electronically controlled pneumatic braking systems*

Railway Age, January 2001, sid 56-59, *ECP: How soon?*

BNSF Today, <http://www.bnsf.com/media/articles/2001/07/2001-07-03-a.html> BN SF Moves Heaviest Load Ever (BNSF transporterade sin tyngsta last någonsin, 20484 netto ton taconite i ett ECP-bromsat tåg med 180 vagnar den 18/6 2001)

International Railway Journal, August 2001: *Rail Operators And Wagon Owners Benefit From ECP*

Railway Age, January 2002, sid 33-, *ECP: A waiting game*

Railway Gazette International, January 2002, sid 7: *Richards Bay to use ECP braking*

Railway Age, March 2002, sid 25: *TTCI goes global*

Fred Carlson: *Railways Start to Realize Benefits of ECP Technology*, International Railway Journal June 2002, sid 19-20

.

Wabtec, Press Release, August 12, 2002: *Wabtec signs \$12 Million Contract With Queensland Rail, Continues International Expansion Of On-Board Electronics Equipment (Avser utrustning huvudskligen för lokomotiv avseende kabelbaserad ECP-bromsar samt både kabel/radiobaserad DP samt EOT-utrustning m.m.)*

Railway Age, January 2003, sid 54-55: *Taking a brake from the norm. Elektropneumatic brakes on freight trains are becoming more common. Choosing which type of ECP system to install depends on the type of service in which the cars operate.*

International Railway Journal, January 2004: *The Intelligent Heavy-Haul Train Is Here To Stay*

Railway Age, January 2004, sid 65 – 66: *What's putting the brakes on ECP in the U.S.?*

Railway technical Web Pages: <http://www.trainweb.org/railwaytechnical/>,
Brakes – ECP brake systems, written by Randy Buchter

AAR kabelbaserade ECP-broms

Cliff Smyrl: *Benefits of a Distributed Electro-Pneumatic Brake control system for freight Trains using LonWorks® Technology*, LONUSERS®International Spring 1998 Conference (www.knightronix.com)

AAR Manual of Standards and Recommended Practices. ELECTRONICALLY CONTROLLED PNEUMATIC (ECP) CABLE-BASED BRAKE SYSTEM–PERFORMANCE REQUIREMENTS, Standard S-4200

Wabtec hemsida: <http://www.wabtec.com>

Wabtec, broschyr: *ECP-4200 Electronically Controlled Pneumatic Brake System*, 2 sidor

New York Air Brake (NYAB), hemsida: <http://www.nyab.com/>

Zeftron Inc, Montgomery, Illinois, USA, Hemsida: <http://www.zeftron.com>

Robert Kull, Wabtec, Privat kommunikation

James Zemyan, Wabtec: Privat kommunikation

Bryan McLaughlin, New York Air Brake: Privat kommunikation

Marshall Beck, New York Air Brake: Privat kommunikation

AAR radiobaserade ECP-broms och radiobaserade DP

R J Foy, GE-HARRIS Railway Electronics, L.L.C, Privat kommunikation

Mike Darby, Vice-President Railways, BHP Billiton Iron Ore, Privat kommunikation

AAR SPECIFIKATION (DRAFT) S-4300 PERFORMANCE REQUIREMENT FOR ELECTRONICALLY CONTROLLED PNEUMATIC (ECP) RADIO_BASED FREIGHT BRAKE SYSTEM (UTKAST)

Tony Lynch, BHP Iron Ore and David Peltz, GE-Harris Railway Electronics:

IMPLEMENTING ELECTRONICALLY CONTROLLED PNEUMATIC BRAKING SYSTEMS, 26 pages

Alternativa kabel- eller radiobaserade system för bättre fjärrstyrnings- och bromsegenskaper inom AAR

Robert Kull, Wabtec: *New Train Braking Systems for Train Handling Improvement*, Paper presented to: Association of American Railroads 2000 Damage Prevention & Freight Claim Annual Session–Portland Oregon July 20, 2000

Wabtec, Informationsbroschyr: *HELPERLINK™, "On the Fly" Uncoupling System*

Robert Kull, Wabtec, Privat kommunikation

James Zemyan, Wabtec, Privat kommunikation

Europeiska datorstyrda pneumatiska bromssystem och "Intelligent godståg"

Allmänt

Internetinformation: <http://www.erri.nl/conferences/98feb.html> :

ERRI Interactive Conferences 1998: High Productivity Freight and ECP Brake Paris, 4 & 5 February 1998, (Innehåller en kort sammanfattning och delegaternas rekommendationer för den fortsatta utvecklingen. Avser utvecklingsstrategi, betonar vikten av att utnyttja vad som redan finns för att reducera utvecklingskostnaderna)

Om EBAS

Egbert Sonder:*Elektrische/elektronische Brems-Abfrage und Steuerung für Güterzüge*, ZEVrail Glasers Annalen 119 (1995) Nr. 11/12 November/Dezember, sid 505-512

Stefan Witte: *CAN in Güterzügen Feldbus-Technik*, artikel på Internet <http://www.elektroniknet.de/topics/automatisieren/fachthemen/artikel/1998/98016.htm>

Om FEBIS/EFIS

Frank Minde, Stefan Witte: *FEBIS: Kommunikationsbasierte elektronisch gesteuerte bromse*, EisenbahnTechnisches Rundschau, Mai 2001

Frank Minde, Dario Barberis, Alain Bonnet: *FEBIS: Kommunikation-based electronically controlled brake*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Stefan Witte: *FEBIS System Aspects*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Roberto Tione, Private communication SAB WABCO

Fördelad dragkraft – Distributed Power, DP och pålok

AAR Manual of Standards and Recommended Practices Brakes and Brake Equipment: Specification S-4250-03, PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR ITC CONTROLLED CABLE-BASED DISTRIBUTED POWER SYSTEMS Adopted: May 1, 2003

GE Harris Harmon Railway Technology, GE Transportation Systems Global Global Signaling: *LOCOTROL® Distributed Power*, Informationsskrift 29 sidor

GE Harris Harmon Railway Technology, GE Transportation Systems Global Global Signaling: *LOCOTROL® Distributed Power*, Informationsbroschyr, 2 sidor

PHP Iron Ore Pty Ltd, broschyr: *BHP Iron Ore World Record Train, 21 June 2001*, (Om världsrekordtåget, utrustat med DP typ GE Harris Locotrol III. Tåget bestod av 8 lok, 682 malmvagnar, tåglängd 7,353 km, tågvikt 99732,1 ton, lastens nettovikt 82262,5 ton järnmalm. Avsikten var att prova Locotrol III systemets till dess fulla kapacitet i kombination med de nya lokomotiven typ General Electric typ AC6000 som BHP Iron Ore nyligen hade köpt).

Hoerl,Pohl, Witthuhn, DB AG: *Multiple Radio Remote Control of Locomotives in Train Sets at Deutsche Bahn AG*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Pulse Electronics (ett företag inom Westinghouse Air Brake Company);
Broschyr: *HELPERLINK™ "On the Fly" Uncoupling system*, 3 sidor

R J Foy, GE-HARRIS Railway Electronics, L.L.C, Privat kommunikation

Robert Kull, Wabtec, Privat kommunikation

James Zemyan, Wabtec: Privat kommunikation

Försök med och införande av kabelstyrd DP/ECP-broms samt utvecklingsstrategier för lönsam tung godstrafik

Dave van der Meulen, Chief Engineer (Systemic Rail Solutions), Spoornet, South Africa: Privat kommunikation

Dave van der Meulen: *"Towards the next level of train handling technology"* presented at the 90th Convention, Air Brake Association, Chicago, September 1998

Dave van der Meulen: *"Evaluation of Wireline ECP Braking and DP on the Ermelo-Richards Bay Coal Export Line"*, Presented at 92nd Annual Convention, Air brake Association, Chicago, September 2000

Dave van der Meulen: *"Progress with Evaluation of Cable-based ECP Braking and Distributed Power"*, Presented at the 7th International Heavy Haul Conference, Brisbane, June 2001

Dave van der Meulen: *"Strategies for freight train integrated ECP braking plus distributed power"*, Presented at World Congress on Railway Research, Köln, November 2001

Dave van der Meulen: *"Developing Business Cases For Integrated ECP Braking Plus Distributed Power"*, Presented at the 94th Convention, Air Brake Association, Chicago, September 2002

Dave van der Meulen: *"Integrated ECP Braking Plus Distributed Power: From business Case To Strategic Context"*, Presented at the South African society for Railway Engineering, 21 November 2002

Dave van der Meulen: “*Why heavy haul? Learning from the cost effectiveness of heavy axle loads in South Africa*”, ERRI, UIC & UNIFE Heavy Haul: The solution for Europe’s future? Paris 11& 12 March 2003

Dave van der Meulen: “*Globalisation and Open Architecture for Railways: A Role For Integrated ECP Braking Plus Distributed Power*”, Presented at World Congress on Railway Research, Edinburgh, 28 September-1 October 2003
28 September-1 October 2003

Om övervakningssystem och intelligenta godståg

Allmänt om övervakningssystem

Internetinformation: <http://www.niquette.com/paul/issue/tbm.html> , *Transaction-Based Monitoring systems, Technical Briefing*, Prepared by Paul Niquette, March 14, 1997

Internetinformation: <http://www.niquette.com/paul/issue/smrtsens.html> , *SMART SENSOR NETWORKS IN RAILWAY VEHICLES*, by Paul Niquette,. Adapted from paper delivered at the 1994 Smart Sensor konferens sponsored by IEEE and NIST

Internetinformation: <http://tsd.org/wgl/TownHall97.htm> , *Freight Car On-Board Health & Safety Monitoring*, Town Hall Meeting, Holiday Inn O’Hare, April 16, 1997, Jim Kemp (Mötesanteckningar angående övervakningsutrustning ombord på tåg).

Internetinformation från ITS America News, The Monthly Newsletter of the Intelligent Transportation Society of America, Vol. 12, No. 9 , September 2002.
(<http://www.itsa.org/>)

Internetinformation från FRA, Federal Railroad Administration
(<http://fra.dot.org/>)

U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration: *Five-Year Strategic Plan for Railroad Research , Development, and Demonstrations*, March 2002. Bl a: Chapter 2.0: *A vision for the Future: Intelligent Railroad systems*

Om övervakning via AAR ECP-bromssystem

RailwayAge, September 2000, Products: Productinformation:

Automatic Set and Release Hand Brake, 9300-ASR from Carwell Westinghouse

Om oberoende övervakningssystem i USA

Internetinformation:

http://café.postech.ac.kr/research/recognition/jhangjh_2/tnrs.html

RailwayAge, September 2000, Products: Productinformation:

Railcar monitoring service: Sky Eye monitoring system

Om intelligenta godståg och INTELFRET i Europa

INTELFRET, Intelligent Freight Train, Final Report For Publication, ERRI 31/1 2000

Marc Guigon, SNCF: *Intelligent Freight Train*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Trafikering med Train Sharing and Coupling, blocktåg och modulära tåg

Markus Bürkl, DB AG: *Modular Freight Train System*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Heinz Weinmann, Deutsche Bahn AG: *New procedures of coupling and splitting-up trains*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Marc Guigon, SNCF: *Intelligent Freight Train*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Om oberoende övervakningssystem i Europa

SKF broschyr (Publication 4477 E): *Sensorised bearing units for axleboxes*

SKF and Sécheron, broschyr (Publication 5041 E/2): *BoMo, Bogie Monitoring System, Measurement and recording to detect: Bearing condition, hotbox, wheel condition, bogie instability and derailment*, 4 pages.

Markus Hecht, Thomas RieckenbergTU,Berlin: *Überwachung von Eisenbahngüterwagen mittels Telematik*, ZEVrail Glasers Annalen126-8/2002, sid 312 – 322

Markus Hecht, Andreas Schirmer, TU, Berlin: *Versuche zur Erhöhung der passiven Entgleisungssicherheit*, Eisenbahn Technische Rundschau 5, Mai 2001, sid 294-295

Jens P. Hirschmann, Peter Gericke, Transportdata AG: *Telematics System for a competitive Railway System*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

Einsatz von Entgleisungsdetektoren bei Güter- und Gefahrgutwagen der Bahn, Bundesamt für Verkehr, Sektion Sicherheitstechnik, CH-3003 Bern

Om övervakningsprodukter från Socratec GM BH. Information på Internet: <http://www.railway-technology.com/contractors/vehicle/socratec/>

Silvan Weiss, Easo Schweiz GmbH: *Derailment detectors fitted to Swiss tank wagons*, Railway Gazette International, March 2003

Bundesamt für verkehr, Sektion Sicherheitstechnik CH-3003 Bern: *Einsatz von Entgleisungsdetektoren bei Güter- und Gefahrgutwagen der Bahn*

KNORR-BREMSE, Systeme für Schienefahrzeuge: *Produktinfo Pneumatischer Entgleisungsdetektor EDT100*

Michael Baranek und Klaus Georg Becker: *Gefahrgut im Bahntransport durch Nordeuropa*, Eisenbahn Technische Rundschau 5, Mai 2001, sid 272-274

Om amerikanska markfasta system för fordonsidentifiering

Freight Train ID Number Recognition System, Image Information Processing Lab. Internetinformation:

http://cafe.postech.ac.kr/research/recognition/jhangjh_2/tnrs.html

Jeong-Hun Jang, Jeong-Hue Ku, Ki-Sang Hong, Jae-Hoe Kim, *Two-Stage Recognition of Freight Train ID Number under Outdoor Environment*, International Conference on Document Analysis and Recognition, Montreal, Kanada, 14-16 augusti 1995

Jeong-Hun Jang, Jeong-Hoe Ku, Ki-Sang Hong: *Development of Freight Train ID Number Recognition System based on Subspace Method*, Joint Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, Kumamoto, Japan, 18-20 juli 1995.

Keith Thompson: *Tracking Freight Cars: AEI data tags and readers: (Automatic Equipment Identification)*, Trains Magazine, Jan 1996, v56 n1 p86(3), artikeln tillgänglig på Internet: <http://www.grex.org/~snowolf/rail/aei.html>

Automatic Equipment Identification (AEI) tags, Internetinformation: <http://www.dragg.net/users/romanj/info/state/rail/aei.html>

SAIC's Automatic Equipment Identification (AEI) products, RailNet™ *Automatic Equipment Identification Systems*, Internetinformation <http://www.saic.com/products/transportation/>

Ett kanadensiskt projekt för utveckling av system för optisk identifiering av godsvagnar och containrar som kommer in till eller lämnar intermodala terminaler, *Integrated automatic equipment identification/optical character recognition (AEI/OCR) system*, TRANSPORT CANADA, TRANSPORTATION DEVELOPMENT CENTER R&D. Internetinformation; <http://www.tc.gc.ca/tdc/projects/marine/a/9236.htm>

Om amerikanska markfasta övervakningsprodukter

Railway Age, October 2000: *You can't manage what you can't measure*

Railway Age, January 2004, page 65-66: *Searching for a hot one*

Övervakningssystem för åkeri- och återvinningsbranschen

Niklas Dahlin: *Larmar när containern är full*, Ny Teknik, del 2, sid 6-7, Nr 38, 17 September 2003

GSM-positionering

IQObject Geometers – Global tracking devices - , Internetinformation:

<http://www.iqobject.se/pagesign/visitor/default.asp?sChain=29,31,32>

What is aGeometer™, Internetinformation:

<http://www.iqobject.se/pagesign/visitor/default.asp?sChain=2,5,76>

GPS och positionsbestämningssystem för godståg

Allmän information om GPS, DGPS, WAAS, EGNOS, GALILEO etc kan sökas på Internet. Det finns information från en mängd källor.

Filip, A.-Mocek, H.-Bazant, L. –Maixner, V: *CHECH RAILWAYS; DDT SZT; Laboratory of Intelligent Systems: Architecture of GNSS Aided Signalling: Analysis and Experiments*

G. Barbu, ERRI: *Accuracy Performance Test Methodology for Satellite Locators on Board of Trains, Developments and results from the EU project APOLO*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

G. Gustafsson, ERRI: *GALILEO opens the doors to challenging railway applications in Europe*, WCRR, Köln 25-29/11 2001

K.T. Mueller, D. Dow, J. Brawner, R. Bortins, Seagull Technology Inc, S. Alban, Stanford University, F. Meek, Union Pacific Railroad: *Field Test Results with a High Speed Rail Prototype GPS Locomotive Location System*, The Institute Of Navigation (ION), GPS 2003, Session C1, Paper #6

Om MEMS-gyroskop

Barbara Grieco, STMicroelectronics: *MEMS-sensorer för rörelseavkänning*, Elektronik i Norden December 2003,

<http://www.edtnscandinavia.com/tek/OEG20031201s0048>

Internetinformation om kommersiella satellittjänster för navigering och/eller kommunikation

ORBCOMM Communications and GPSS: <http://www.gpss.co.uk/orbcomm.htm>

Inmarsat: http://www.inmarsat.org/about_inm.cfm

Hanteringssystemet F-MAN för beställning och övervakning av vagnar från en godsvagnspool inom UIC och liknande

Railway Gazette International, November 2003, sid 720-722: *F-MAN will Boost wagon productivity in Europe*

Eckhard Kuhla, project manager: *Railcar Asset Management – EU Project F-MAN*, &th UIC Internet Club Forum 28.-29. November 2002, Paris UIC HQ

Riccardo Bozzo, Andrea Derito, Eckhard Kuhla, Renzo nurchi, Valerio Recagno: *A vision of future freight rail fleet management*, WCCR, Köln 25-29/11 2001

Athanos Ballis, Dionysis Rigopoulos, Elias Koukoutsis: *Integrating operational information along the transportation chain: The case of wagon asset management*, NECTAR Workshop Ikaria, 10-11 May 2002

Intern och extern kommunikation i tåg

EU projekt: ROSIN, RAILWAY OPEN SYSTEM INTERCONNECTION NETWORK: WEB TECHNOLOGY FOR RAILWAYS (information på Internet)

EU projektet: MORANE, Mobile Radio for Railway Networks in Europe
Internetinformation: <http://www.cordis.lu/transport/src/morane.htm>

Om GSM-R

International Railway Journal (IRJ), December 2003, sid 30 och 32: *GSM-R Starts To Roll Out Across Europe*

TI, Telekom Idag, Nr 3, 2004, sid 38 – 39: *Banverkets nät tuffar fram längs spåret*

Om XML-standarderna (kommunikation inom F-MAN)

Internetinformation: W3C Architecture domain: Extensive Markup Language (XML), <http://www.w3.org/XML/>