

철도 통합무선망 활용방안 연구



김경희
한국철도기술연구원
선임연구원
T.031.460.5492
kimkh@krii.re.kr



김용규
한국철도기술연구원
수석연구원
T.031.460.5434
ygkim1@krii.re.kr



윤용기
한국철도기술연구원
책임연구원
T.031.460.5440
ykyoon@krii.re.kr



채은경
한국철도기술연구원
선임연구원
T.031.460.5562
ddial@krii.re.kr

1. 서론

철도 통합무선망은 기존 철도에서 유선 또는 무선을 활용하여 별도의 망으로 구축되어 운영 중인 열차제어 시스템, 철도 시설감시 시스템, 화물정보시스템, 열차운영관리 시스템 등을 무선을 활용한 통합망으로 구축하여 시너지 효과 창출을 목표로 한다. 국내 철도의 기능 중 현재 무선을 활용하고 있는 분야는 열차운행관리, 도시철도의 열차방호 등 일부 기능에 한정되어 있다[1]. 이를 위해 철도에서 활용하고 있는 주파수는 VHF(Very High Frequency) 대역 200kHz, TRS(Trunked Radio System) 800MHz 대역 1.5MHz의 총 1.7MHz이며[2], 이는 철도에서 요구하는 다양한 기능을 수행하기에는 매우 부족한 상황이다.

이에 반해 유럽 등은 철도전용 주파수 8Mhz를 활용하여 열차제어를 비롯한 다양한 기능을 무선망을 활용하여 수행하고 있다. 더욱이 철도 무선망에 대한 수요가 증대되어 2011년에 ECC(Electronic Communications Committee)에서 추가로 6MHz의 주파수를 할당하여 일부 국가에서 사용 중이다[3]. 하지만 유럽에서 철도 통신방식으로 활용 중인 GSM-R 등도 데이터와 음성통신만이 가능하여 영상정보 이용 등 부가 가치를 창출할 수 있는 정보에 대한 요구가 증대되고 있다. 따라서 차세대 철도용 통신방식에 대한 논의가 진행 중이며 유력하게 거론되고 있는 방식인 LTE-R에 대한 연구가 진행 중이다[4].

국토교통부는 철도 통합무선망에 대한 필요성과 국제적 표준 선도 등을 목표로 2012년 10월에 철도 통합무선망 구축을 주요 내용으로 하는 「지능형 철도시스템 구축 계획(안)」을 발표하였다[5]. 발표된 계획안은 철도 통합무선망의 통신방식으로 LTE-R을 적용하여 철도 통합무선망의 단계별 구축계획 및 전략을 포함하고 있다. 또한 철도 통합무선망의 구축을 위한 필수요소인 주파수를 위해 미래창조과학부, 국토교통부, 연구기관, 학계 등의 전문가 20여인으로 구성된「철도 주파수 연구반」이 2012년 3월에 구성되어 철도 전용망에 대한 필요성, 국내의 동향, 통신방식, 주파수 소요량 등에 대한 연구를 수행하였다. 최종적으로 철도용 주파수를 확보하기까지는 공공주파수와 연계방안 등 논의되어야 할 점이 많지만, 철도 주파수를 활용한 통합무선망 구축은 임박해 있다고 볼 수 있다.

본 원고는 철도 통합무선망의 향후 활용방안에 대해 다룬다. 이미 국내 연구기관 및 대학 등에서 철도 전용주파수가 있다는 가정하에 다수의 활용방안 연구가 수행되어 왔다. 본 원고는 이를 종합하고, 무선활용 및 확장된 서비스 이용 측면에서 철도 통합무선망 활용방안에 대하여 분석한다. 이를 위하여 국내의 철도 무선망 사용현황을 용도 관점에서 분석하고, 향후 철도 통합무선망 활용방안을 열차제어시스템, 실시간 열차·설비 모니터링, 철도지령망, 열차운행 및 유지관리, 철도 승객서비스, 화물열차시스템으로 나누어 분석한다.

2. 철도 무선망 사용현황

2.1 국내 철도 무선망 사용현황

우리나라는 열차운행관리를 위해 VHF, TRS 통신방식을 활용 중이며, 통신방식의 제한된 기능에 의해 대부분 열차운행관리를 위한 음성통화로 사용이 제한되고 있다.

2.1.1 VHF 통신방식 사용현황

VHF 통신방식은 철도 노선 중 일반철도 전 구간과 고속철도 일부 구간에서 활용하고 있다. 철도에서 활용중인 VHF 통신방식은 용도에 따라 사령용, 차량용, 역용, 휴대용으로 구분되며 구체적인 용도는 다음과 같다.

- 사령 무선통신: 사령과 기관사의 음성통화로 열차를 통제하고 운행정보를 전달하여 긴급사태 대비
- 차량 무선통신: 기관사와 타기관사, 열차 승무원, 역사 역무원 사이의 통신망으로 운행정보 전달 및 긴급사태 대비
- 역 무선통신: 각 역사의 역무원과 기관사간의 통신망으로 열차운전, 역사 진입 정보에 이용
- 휴대 무선통신: 유지보수자, 열차 승무원 등이 휴대하여 열차의 진입, 선로보수 작업 등에 사용

국내에서 사용하는 철도용 VHF 통신방식은 전체 통신망을 제어, 관리, 교환하는 개념 없이 단순히 무전기에 의한 일대일(Point-to-Point) 통신 방식이 이용되고 사용주파수대는 153MHz 대역의 200kHz이다.

2.1.2 TRS 통신방식 사용현황

철도 TRS 통신망은 고속철도의 운행 상황, 고장발생, 장비점검 상태 등 열차 운행의 중요 정보들에 대해 열차와 관제센터간 등의 송수신이 가능한 시스템으로 국내의 고속철도는 자가 통신망으로 열차 무선설비가 구축되어 있다. 구체적인 통신방식은 경부고속철도 1단계 구간은 TRS-ASTRO 방식, 경부고속철도 2단계 구간은 TRS-TETRA 방식으로 구축되어 있으며, 호남고속철도는 TRS-TETRA 방식으로 구축 중에 있다. 국내 철도에서 사용 중인 TRS 통신방식은 용도에 따라 비상용, 관제업무용, 유지보수용, 일반업무용으로 구분되며 구체적인 용도는 다음과 같다.

- 비상용: 천재지변, 열차운전사고와 같이 위급한 사태가 발생하였거나 발생할 우려가 있을 때의 통신
- 관제업무용: 열차운행에 관한 정보교환을 위해 관제사와 기관사간의 통신
- 유지보수용: 설비의 건설 및 유지보수 업무에 사용하는 통신
- 일반업무용: 비상, 관제, 유지보수용 이외의 통신

2.2 해외 철도 무선망 사용현황

해외의 경우는 많은 국가에서 우리나라에서 사용하는 용도인 열차 운행관리뿐만 아니라 열차제어 등에도 무선망을 활용하고 있다. 유럽의 경우 2세대 통신방식인 GSM(Global System for Mobile Communications) 이동통신규격을 기반으로 GSM-R(Global System for Mobile Communications-Railway) 시스템을 구축하여 음성과 데이터를 활용하고 있으며, 열차제어, 열차운행관제, 유지보수 등에 활용하고 있다.

열차제어를 위해서는 각종 신호정보와 유럽 열차제어시

Table 1 Utilization part for the GSM-R

활용분야	상세활용분야
열차제어	신호정보
	ETCS level 2
	열차 이동권한
	안전 시스템 지원
승객서비스	좌석 예약
	매표(SMS)
	승객 정보
유지보수	열차 상태
	고장 정보
	진단(과열 차륜 정보 등)
텍스트 메시지	운행, 비운행정보
보안/감시	CCTV
	원격감시
	추적
	경고
운행정보	마지막 정비후 운행거리/운행시간
	도착 추정시간
	화물상태(온도 감시 등)
	화물 추적

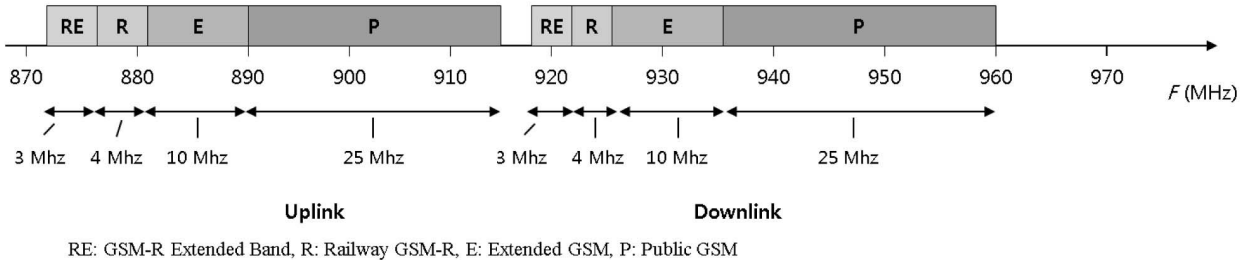


Fig. 1 GSM/GSM-R frequencies

스택의 표준인 ETCS(European Train Control System) Level 2를 지원하고, 열차 이동권한, 안전 시스템 지원에 활용되고 있다. 승객서비스 분야는 좌석 예약, 매표, 승객정보 조회 등에 활용되고 있으며, 이는 철도가 승객에게 서비스를 하기 위한 용도로서, 승객이 주체가 되어 사용하는 서비스인 인포테인먼트 등의 검색 등에는 지원되지 않는다. 유지보수 분야를 위해서는 열차상태, 고장정보, 진단을 위해 GSM-R 통신망이 활용되고 있다. 또한 운행 및 비운행정보 전달을 위한 텍스트 메시지가 활용되고 있다. 보안/감시분야는 CCTV, 원격감시, 추적, 경고 등이며, CCTV와 원격감시 등의 영상이 필요한 분야이므로, GSM-R의 미래 활용방안으로 고려되고 있다. 운행정보를 위해서는 정비 후 운행거리 · 운행시간, 열차 도착 추정시간, 화물열차정보시스템 분야에서 활용되고 있다.

Tiberg[6]은 GSM-R에서 활용되고 있거나, 향후에 활용할 계획을 가지고 있는 활용분야를 Table 1과 같이 요약하고 있다.

유럽에서 이와 같이 다양한 분야에서 철도 무선통신망 이용이 가능한 가장 큰 이유는 GSM-R 구축을 위하여 상향 4MHz, 하향 4MHz 총 8MHz의 철도 전용 주파수를 할당 받아 통신망을 구축하고 있기 때문이다. 더 나아가 2011년 5월 ECC(European Communication Community)에서는 양방향 3MHz 대역폭의 Extended GSM-R 주파수 대역을 추가로 할당하였다[3]. Fig.1은 유럽의 철도전용 주파수 할당현황을 나타낸다.

3. 국내 철도 통합무선망 활용방안

국내 철도 통합무선망의 통신방식으로 채택될 것이 유력해 보이는 LTE는 데이터, 음성, 영상이 모두 가능한 통신망 방식이다. 따라서 기존에 철도 통신망의 응용분야인 음성을 이용한 열차 운행관리 이외에도 부가가치가 높은 여러 기능을 구현하는 것이 가능하다. 본 절에서는 철도 통합무선망이 구축되면 활용 가능한 여러 방안에 대하여 분석한다. Fig. 2는 철도 통합무선망의 대표적인 활용방안을 나타낸다.

3.1 열차제어시스템

현재 국내에서 운용되고 열차제어시스템은 일정한 간격

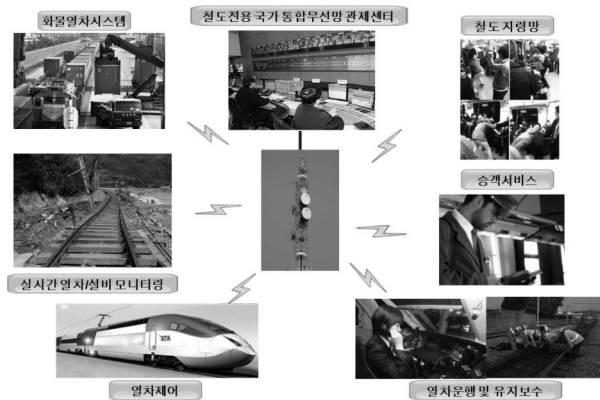


Fig. 2 Utilization Plans of Integrated Wireless Network for Railways

Table 2 Utilization plans for train control system

항목		As Is		변화방향
대항목	세부항목	존재유무	유무선	
열차제어 시스템	열차위치정보 전송	有	유선	개선
	열차속도제어 명령전송	有	유선	개선
	열차간격제어 명령 전송	有	유선	개선

으로 설치된 열차 궤도회로를 이용하여 열차 위치정보, 열차속도제어명령, 열차간격제어명령을 전송하고 있다. 이러한 기능들은 현재도 구현이 되고 있으나 유선인 궤도회로를 이용하고 있다. 궤도회로는 전기회로의 단락(shunt)을 이용하여 열차의 위치를 검지한다. 속도제어/간격제어 명령전송의 경우 궤도회로의 송수신 장치를 이용하여 레일로 코드화된 정보를 전송하면 해당코드가 전기신호로 변경되고, 차상에 있는 안테나가 이를 검지/해독하여 열차를 제어하고 있다.

철도 통합무선망이 도입되면 궤도회로가 아닌 무선을 활용하여 열차위치를 검지하여 열차제어를 할 수 있다. 이를 통하여 높은 정밀도로 실시간 열차의 위치를 추적하는 것이 가능하게 된다. 확보된 열차위치정보를 이용하여 실시간으로 열차속도제어명령을 전송하면 열차 투입간격을 단축하여 열차 수송용량을 증대시키는 효과를 기대할 수 있다. 열차 진로제어의 경우 향후 무인운전 환경을 위하여 열차운행 수km 전방의 영상정보를 반영한 열차 진로제어가 가능하다.

Table 2는 철도 통합무선망의 활용방안에서 열차제어시스템 분야의 세부항목, 현재의 존재유무 및 유무선 종류, 개선방향을 요약하여 설명한다.

3.2 실시간 열차·설비 모니터링

주행중인 열차상태를 모니터링 하기 위해서 현재는 TCMS(train control monitoring system)에 수집된 열차상태정보를 역사내에서는 무선랜 방식으로 전송하고, 달리는 중에는 이동통신망(CDMA 방식)을 이용하여 데이터를 전송하고 있다. 하지만 향후 통합무선망이 도입되면 주행중인 열차내 전기·기계 장치의 진동, 온도, 전류, 전압 등의 상태정보를 실시간으로 이용하는 것이 가능하고 차량의 상태를 예측하여 유지보수 시스템과의 연동을 기대할 수 있다. 또한 영상정보를 활용하여 전차선과 팬티그래프 사이의 이선율, 스파크 발생 등을 실시간으로 감시할 수 있다.

현재 레일, 노반, 침목과 같은 철도 기반시설은 일정시간 간격으로 검측차량에 설치된 카메라 등을 이용하여 정보를 수집한 후 유지보수에 활용하고 있으며, 철도 안전설비의 경우 센서를 이용하여 정보를 수집한 후 유선으로 정보를 전송하고 있으나, 전자연동장치, 신호기장치, 궤도회로장치와 같이 일반 철도 설비 모니터링은 모두 유지보수자에 의해 직접 수행하는 것만 가능하다. 향후 통합무선망이 도입되면 센서를 이용하여 각종 설비의 상태정보를 수집

Table 3 Utilization plans for real-time train/equipment monitoring

항목		As Is		변화방향
대항목	세부항목	존재유무	유무선	
열차·설비 모니터링	주행중인 열차상태 모니터링	有	무선(무선랜, CDMA)	개선
	철도 기반시설 모니터링 (레일/노반/침목 등)	有	유선	개선
	철도 설비 모니터링	無		신설
	철도 안전설비 모니터링	有	유선	개선
	열차/설비 상태정보 관계기관 전파	일부有		부분신설

한 후 무선으로 정보 전송이 가능하게 되어 현재는 음성통화를 이용해서만 관계기관에 전파되던 정보가 실시간으로 관계센터 · 유지보수센터 등에 전송할 수 있게 된다.

Table 3은 철도 통합무선망의 활용방안에서 열차 · 설비 모니터링 분야의 세부항목, 현재의 존재유무 및 유무선 종류, 개선방향을 요약하여 설명한다.

3.3 철도지령망

철도특별사업경찰대는 2011년에 CIC(철도범죄수사통합센터)를 전국 4개역사에 유선으로 구축하여 시범적으로 운영하고 있다. 하지만 이를 전국 1152개역사에 확장하기까지는 상당한 비용과 시간이 소요될 것으로 예상된다. 차량 내 모니터링 또한 도시철도 2호선과 7호선에 무선을 활용한 구축계획을 가지고 있으며 전체 노선으로의 확장은 요원한 상황이다. 하지만 철도 통합무선망이 구축되면, 무선을 활용하여 전체 역사를 대상으로 출입구, 대합실 영상 정보를 이용한 치안유지가 가능하고, 열차 내 영상정보 또한 이용이 가능하다.

승강장의 경우, 현재 승강장 양끝에 CCTV가 한대씩 설치되어 있고, 해상도의 문제로 범죄예방 목적이 아닌 승객 모니터링 목적으로 주로 이용되고 있다. 하지만 향후 전체 승강장내 영상정보를 역내로 접근하는 열차의 기관실과 관계센터, 철도지령망 등에서 공유하여 신속한 안전체계 마련이 가능할 것으로 예상된다.

사고가 발생했을 경우, 현재는 신고가 접수되면 최근접 철도경찰센터로 연락되어 처리가 되고 있다. 하지만, 철도 경찰 총원은 413명(2011년 기준)으로 우리나라 전체 역사에도 못 미치고 있어 신속한 사고대응이 힘든 상황이다. 향후 통합무선망을 활용하면 사고발생시 사고 종류에 따라

국정원(테러 등의 상황시), 경찰, 본부상황실, 관제센터 등에 실시간으로 전파하여 역사내/차량내 인력공조가 가능하고, 영상정보를 활용하여 사고 복구를 위한 원거리 지휘 등이 가능할 것이다.

Table 4는 철도 통합무선망의 활용방안에서 철도 지령망 분야의 세부항목, 현재의 존재유무 및 유무선 종류, 개선방향을 요약하여 설명한다.

3.4 열차운행 및 유지관리

본 원고에서 제안하고 있는 철도 통합무선망의 활용방안 중, 열차운행 및 유지관리부분은 유일하게 현재도 무선으로 운영되고 있는 부분이다. 앞 절에서 설명했듯이 일반 철도는 VHF 방식으로 운영되고 있으며, 고속철도는 TRS 방식으로 운영되고 있다. 하지만 두 통신방식의 특성상 대부분이 음성통화만 가능하며 철도용으로 확보한 채널 수가 부족하여 대기통화가 많은 상황이다.

열차운행 및 유지관리를 위한 통신은 크게 사령과 기관사간의 통신인 사령통신, 각 역사의 역무원과 기관사간의 통신인 역사 통신, 역사 역무원 · 승무원 유지보수 요원 사이의 휴대 통신, 기관사와 타기관사 · 열차승무원 사이의 차량 통신 등이 있다. 철도 통합무선망이 구축되는 경우 정확한 정보전달을 위해 영상정보가 추가될 수 있고, 유지보수 지시 및 이력관리를 위해 데이터 정보 등이 활용될 수 있다.

Table 5는 철도 통합무선망의 활용방안에서 열차운행 및 유지관리 분야의 세부항목, 현재의 존재유무 및 유무선 종류, 개선방향을 요약하여 설명한다.

3.5 철도 고객센터

현재 차량 내에 승무원이 철도 이용자에게 실시간으로

Table 4 Utilization plans for railway police network

대항목	항목 세부항목	As Is		변화방향
		존재유무	유무선	
철도 지령망	역사 안전유지	일부有	유선	부분신설
	승강장 안전유지	有	유선	개선
	차량내 안전유지	일부有	무선	부분신설
	사고발생시 관계기관 전파	有	유선	개선

Table 5 Utilization plans for train operation & maintenance

항목		As Is		변화방향
대항목	세부항목	존재유무	유무선	
열차운행 및 유지관리	사령 통신	有	무선	개선
	역사 통신	有	무선	개선
	휴대 통신	有	무선	개선
	차량 통신	有	무선	개선

Table 6 Utilization plans for train passenger service

항목		As Is		변화방향
대항목	세부항목	존재유무	유무선	
철도 고객센터서비스	차내 승객서비스	有	무선	개선
	피난 대피시스템	無		신설

열차운행정보를 제공하고 온라인 매표 등을 수행할 때는 이동통신사업자망(CDMA 방식)을 활용하여 수행하고 있다. 향후 통합무선망이 도입되는 경우 기존의 서비스뿐만 아니라 차량, 선로 등의 이상상황 발생시 선택적으로 승객에게 전달이 가능하고, 열차 내 이용자에 대한 도착역 중심의 실시간 타교통수단 운행정보 및 도착역사 내 연계환승 정보 등의 정보제공이 가능하다.

또한 역사 내외 차량내의 연기 및 열 센서 정보를 기반으로 상황을 모니터링하고 센서 정보를 무선으로 전송하여 피난 안내 알고리즘을 활용한 승객 안내 등이 가능하다.

Table 6은 철도 통합무선망의 활용방안에서 철도 고객센터 서비스 분야의 세부항목, 현재의 존재유무 및 유무선 종류, 개선방향을 요약하여 설명한다.

3.6 화물열차시스템

철도 통합무선망은 여객뿐만 아니라 화물열차시스템도 통합이 가능하다. 예를 들어 현재 화물이동경로 추적에 있어서 화주는 출발역 시간과 도착역 시간만 열람이 가능하나,

통합무선망이 도입되는 경우 컨테이너 상태정보(냉동 컨테이너 등) 등의 전송 및 위험물 철도 수송의 경우, 각 단계별 위험물 상태 및 경로를 실시간으로 추적할 수 있게 된다.

현재 별도의 네트워크로 운영되고 있는 철도 CY(Container Yard)의 정보시스템도 철도 무선망에 통합되어 CY 컨테이너 점유정보 등에 대한 이용이 가능하다.

Table 7은 철도 통합무선망의 활용방안에서 화물열차시스템 분야의 세부항목, 현재의 존재유무 및 유무선 종류, 개선방향을 요약하여 설명한다.

4. 결론

철도 통합무선망 구축을 위한 국토교통부의 기본계획(안)이 수립되었고, 국가 연구과제를 통해 통합무선망에 대한 요구사항, 표준화 방향 등에 관한 진행 중이다. 본 원고는 구축될 철도 통합무선망을 어떤 용도로 활용가능 할 것인지에 대하여 활용방안의 단위시스템을 기준으로 분석

Table 7 Utilization plans for freight train system

항목		As Is		변화방향
대항목	세부항목	존재유무	유무선	
화물열차시스템	화물 이동경로 추적	有	유선	개선
	철도 Container Yard내	화물 정보 처리	일부有	유선

하였다.

본 원고에서 제안된 철도 통합무선망 활용안은 이미 철도 주파수가 있다는 가정하에 연구되고 있거나, 무선이 아닌 유선시스템으로 구축되어 활용되고 있는 서비스 또한 포함되어 있다. 향후 본 원고에서 제안한 철도 통합무선망의 활용방안 외에도 여러 방안이 추가로 도출될 것이다. 또한 단일기관만이 아닌 복수의 기관이 다양한 방법으로 통신망 활용을 희망할 것이다. 더욱이 현재 미래창조과학부는 철도를 포함한 재난안전망, 경찰망 등 여러 공공기관의 주파수 요구를 종합하여 공공주파수를 하나의 대역으로 할당하는 것도 검토 중이다. 따라서 철도 통합무선망의 효율적인 활용을 위해서는 주파수 분배방안 및 각 기능과 기관의 연계방안을 포함한 철도 통합무선망의 운영방안을 마련하는 것이 시급하다 할 수 있다. ☺

♣ 참고 문헌

- [1] Jun-Young Choi, Kyung-Hee Kim, Yong-Kyu Kim, Sa-Hyuk Kim et al.(2012), Review of Domestic and Foreign Integrated Wireless Network for Railways, The Korean Society for Railway 2012 Spring Conference, Mokpo.
- [2] Chang-Jin Cho and Yong-Seok Choi(2012), Implementation plan for the national railway integrated wireless network, Korea Railroad Research Institute.
- [3] ECC Report 162(2011), Practical Mechanism to Improve the Compatibility Between GSM-R Public Mobile Networks and Guidance on Practical Coordination, Montegrotto Terme.
- [4] Sang-Young Son, Sa-Hyuk Kim et.al.(2012), Implementation plan and efficiency analysis for the national railway integrated wireless network, MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs).
- [5] MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) (2012), Intelligent Railway Integrated System Project(LTE-R Operation).
- [6] Peter Tiberg(2009), GSM-R Railway yesterday, today and tomorrow, Nokia Siemens Networks, Banebranchen May 2009.