



전기철도에 대한 기대와 기술의 전망

1. 머리말

철도의 고속화, 쾌적화, 안전성 향상, 효율화 등은 일본의 운수기술심의회(1994년 6월)에서 21세기를 향한 철도기술개발의 기본 방향으로 제시한 중점기술개발 과제이다. 이러한 새로운 체제하에 의욕적인 JR와 이에 자극받은 민철 등 철도 각사는 이들 과제에 대해 적극적으로 대처해 나가고 있다.

고속화는 그중에서도 가장 화려한 성과를 올리고 있다. 교류전동기 구동방식의 도입을 비롯하여 전기적·기계적 시스템 교체로 차량의 경량화·고성능화·저소음화를 이루어 270~300km/h 운전을 실현한 新幹線을 그 상징으로 하여, 재래선에서도 振子制御와 操舵機能을 도입하여 곡선통과속도를 향상시키고 브레이크 粘着성을 개선하여 운전속도를 향상시켰다. 또 21세기의 고속철도로 기대되고 있는 자기부상식철도도 山梨리니어實驗線에서 550km/h의 목표속도가 달성되어 영업선 건설을 위한 기술과제 시험이 진행되고 있다.

미쓰비시電機는 이들 철도 각사의 니즈에 응하여 제품 개발을 추진해 왔으며, 전술한 운수기술심의회의 내용에도 있는 바와 같이 日本국토의 발전과 풍요로운 사회를 구축하는 기반으로 철도에 대한 기대는 앞으로 더욱더 커질 것으로 생각된다. 여기서는 보다 매력

적인 21세기의 철도를 전망해 보면서 아울러 同社의 대처에 대한 기본적인 생각을 기술한다.

2. 철도의 현황과 앞으로의 전망

2.1 발전하는 철도

철도회사와 관련제작업계의 노력은 고속화 이외의 중점과제에서도 많은 성과를 올리고 있으며 철도의 발전을 지탱하고 있다.

쾌적성에 있어서는 차량이나 역시설의 수준이 대폭 향상된 것을 비롯하여, 큰 과제인 러시아워 혼잡완화를 위해 多扉·廣幅扉 등의 각종 차량, 열차의 増結·増發 등을 가능케 하는 운전시스템의 개발과 복복선화공사 등의 양적개선뿐만 아니라 착석률 향상과 통근시간 단축이라는 질적개선, 즉 2층 차량의 투입과 새로운 直通루트의 설정 등이 적극적으로 이루어지고 있다. 또 도시 사이의 편리성 향상에서 높은 평가를 받고 있는 新幹線과 재래선의 직통운전, 승객의 편리성을 제일로 생각한 유연성 있는 열차다이어의 설정과 철도에 의한 공항 Access(진입로)가 있다.

철도를 지탱하는 안전대책으로서 새로운 보안장치의 개발과 신호시스템의 전자화, 장애물 검지장치의 설치를 위시한 건널목 설비의 개선에도 큰 투자가 이루어져

운전사고나 건널목사고가 대폭 감소되고 있다. 또 효율 면에서는 중요한 경영과제인 유지관리를 위하여 초음파 자동계측과 카메라영상의 화상처리 기계화 등에 적극적인 투자가 이루어짐과 동시에 사회적 설비로서 역의 자동개찰기와 발권기도 정착되고 있다.

2.2 이제부터의 철도와 그 니즈

눈앞에 다가온 21세기를 향한 기술개발로는 앞으로의 세계와 경제·사회환경을 전망하여, ① 환경문제, ② 이용자 본위, 이용자에 의한 선택, ③ 코스트를 특히 중요한 키워드로 하고 싶다.

①은 새로운 세기에 특히 요구되는, 즉 20세기의 기술이 사회에 가져다 준 여러 가지 왜곡(歪曲)을 해결하고, 달성하지 못한 것을 이루는 중요한 과제이며, ②는 고도성장을 이룬 성숙한 사회에서의 시장 요구이며, ③은 과제에 대한 기술개발도 실사회가 받아들일 수 있는 코스트로 실현시켜야 하는 것이라고 말할 수 있다.

원래 철도는 각종 교통기관 중에서 에너지 효율이 높고 이산화탄소 배출이 적은 점 등 환경적합성이 우수하다고 평가되어 왔으나 지금까지의 성장사회에서는 이러한 평가가 충분히 이해되었다고는 할 수 없고, 역으로 대기오염, 교통정체, 교통사고, 소음·진동 등 특히 도시지역에서의 교통환경문제가 심각해지고 있다.

이러한 주요과제에 대한 해결책을 새로운 세기에서 찾기 위해서는

- (1) 철도의 환경적합성을 더욱 높인다. 즉 지구환경에 관한 에너지효율만이 아니라 소음·진동 등의 沿線環境, 고령화와 인구감소 등의 노동력·사회환경에의 대응력을 더욱 굳건히 한다.
- (2) 다른 교통기관과 비교하여 “보다 더 이용되는 철도”로 만든다. 즉 이용자의 다양화·고도화에 따른 니즈, 특히 교통의 네트워크로서의 관점과 고령자·약자에 대한 관점을 강화한 서비스 향상을 기한다.
- (3) 이것들을 사회와 이용자가 받아들일 수 있는 코

스트로 실현한다. 즉 철도의 경쟁력을 높이기 위하여 제조에서 경영까지의 토털 코스트, 라이프사이클 코스트의 저감을 기한다.

이상의 내용이 중요하며, 여기에 철도의 근본인 안전성을 더하여 앞으로 철도에 요구되리라 예상되는 니즈를 그림 1에 나타내었다.

3. 미쓰비시電機의 대처

이제까지 철도는 국토형성의 軸으로서 착실하게 개발되어 왔는데, 안전을 제일 우선으로 하고 있어 그 기술은 경험공학적인 요소가 강하다고 인식되어 왔다. 최근 들어 일렉트로닉스기술의 진전이 철도에도 많은 기술혁신을 가져오고 있으나, 아직은 개개의 서브시스템에 대하여 각각의 실적과 경험을 바탕으로 각 니즈에 대응한 기술개발을 선행시켜왔다는 면도 부인할 수 없다.

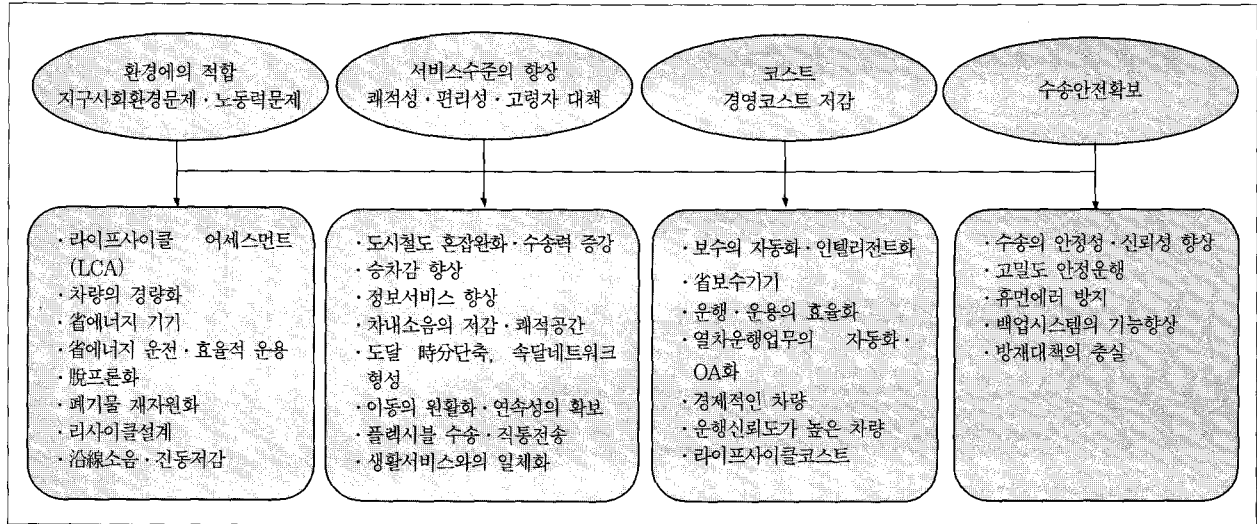
그러나 이제부터의 철도니즈에 응하기 위해서는

- (1) 서브시스템 개개의 기능 달성만으로 결코 이용자를 만족시킬 수 없으므로 차량과 역을 포함한 철도의 시스템과 네트워크로서의 안전성, 정확성, 신속성, 쾌적성, 편리성이 요구되고 있다.
- (2) 각 서브시스템별 코스트저감 노력이 반드시 토털 코스트의 저감에 이른다라는 할 수 없는 면도 있어 시스템 전체의 코스트 퍼포먼스를 최적화하는 것이 중요하다.

이상과 같은 내용의 인식을 기초로 토털시스템으로서의 대처가 반드시 필요하다.

이와 같은 관점에서, 同社は 오랫동안 배양해 온 풍부한 경험의 철도기술과 20세기 최대의 발명이라고 하는 반도체와 그 응용에서의 신세대 최첨단기술을 기반으로 하여

- 넓은 분야에서 이제부터 중핵이 될 “정보기술”
 - 필요한 전체기능의 달성을, 허용되는 토털코스트로 실현하는 “시스템기술”
- 을 앞으로의 키테크놀로지에 포함하여 지금까지 철도



〈그림 1〉 철도에 요구되는 니즈

각사가 진행해온 시스템최적화에 더하여 메이커 스스로도 노력하여 니즈의 실현에 공헌하고자 한다.

예를 들면 절약에너지화에도 깊이 관련되어 있는 차량 성능/운행패턴/전력공급제어를 협조가 취해진 인텔리전트 시스템으로 하고, 토털시뮬레이션 기술을 고도화시켜 시스템 설계와 효과를 용이하게 파악함으로써 철도의 장점을 보다 더 높일 수가 있다.

또 철도회사는 경영코스트의 저감과 노동력문제에 대한 대책으로, 유지보수의 혁신을 중요과제로 하여 차량 기기의 省보수화, 보수검수 설비의 자동화 · 기계화 등에 각별한 노력을 기울이고 있다. 각 기기의 일렉트로닉스와 인텔리전트화를 추진함과 동시에 地上과 車上간의 정보전송을 구사한 시스템화를 이루어, 기능분담의 최적화와 전체의 효율화를 도모함으로써 이에 응하고 싶다. 나아가 유지보수 그 자체의 효율화뿐만 아니라 이를 충분히 고려한 설계, 설계설정수명에 따른 유지보수 등 설계와 유지보수와의 관계도 대단히 밀접하기 때문에 이런 관점에서 메이커는 유지보수 · 관리에의 대처도 앞으로의 과제로 생각하고 있다.

토털코스트 저감에 있어서도 다양한 니즈에 대한 대응과 기술 · 제품의 표준화의 양립, 라이프사이클 어세스먼트(LCA)의 전개 등 시스템기술이 중요한 역할을 다할 것으로 생각하고 있다.

4. 車輛시스템

'70년대 이후 일렉트로닉스 선진기술의 도입으로 철도차량은 비약적으로 발전하여 각 서브시스템이 개개에 요구되는 성능과 기능을 최대한으로 발휘하고 또한 절약에너지, 省유지보수화 등을 실현할 수 있도록 매진하여 왔다고 할 수 있다. 따라서 이용자나 운행측에서 보아, 상호관련된 시스템으로서의 만족도와 운전, 유지 · 보수를 포함한 차량 토털코스트 면에서 최적화하여야 할 과제가 적지 않다고 할 수 있다.

이러한 점에서 同社는 눈부시게 발전한 정보제어기술을 응용한 車上정보시스템을 핵으로 하여 차량의 각 서브시스템 기능을 통합하여 열차 단위, 차량시스템 전체로서의 最適의 解答를 항상 추구하면서 무리가 없고 또

한 유연성이 있는 시스템 구축을 지향하고 있다.

4.1 推進制御 · 브레이크 시스템

전동기의 구동방식은 혁신을 가져온 VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) 인버터 제어방식이 정착되어 있으나, 앞서 말한 철도니즈에 부응하기 위해 소형 · 경량화, 고효율화, 省유지보수화, 쾌적성 향상을 좀더 경제적으로 실현하기 위하여 기술개발에 전력을 기울이고 있다.

주역인 반도체는 인버터의 발전을 지탱해온 GTO (Gate Turn-off Thyristor)에서 고속동작/저손실의 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)로 이행하고 있는데, 同社는 “시스템화”의 방침에 따라 “시스템 온칩”, “인텔리전트화”의 設計思想을 전개하여 IGBT에 최적설계된 구동기능과 보호기능을 집약한 IPM (Intelligent Power Module)을 전략소자로 개발, 실용화하여 장치의 간소화와 고신뢰도화를 추진하고 있다. 특히 주변요인에 의한 소자고장을 없앴으로써 차량의 운행신뢰도 향상을 기하고 있다.

제어기술면에서는 차량성능과 저소음 · 쾌적성 향상을 위한 고주파 변조제어, 빠른 응답과 안정성 높은 벡터제어, 지능형 고점착제어 등의 고도화를 위해 노력하고 있는데, 차량의 유지보수에서 큰 비중을 차지하는 브레이크 시스템의 혁신, 라이프사이클 에너지(LCE)의 대부분을 차지하는 주행에너지와 탑승감 최적화를 위한 電氣브레이크域의 확대와 純電氣브레이크화에도 관심을 기울이고 있다.

4.2 車輛情報管理 시스템

同社는 차량에 탑재한 전자기기의 상태감시, 고장기록 기능을 가진 차량모니터링 시스템을 처음으로 실용화한 이래, 승무원에게 운행정보를 제공하고 자동입력, 이상 발생시에 상황 및 처치요령을 표시하는 운전지원 기능, 각 기기의 자기진단기능과 연계된 車上試驗을 포함한 檢修支援機能 및 승객에 대한 행선지 · 운행 안내

정보 서비스기능을 확장함으로써 차량인텔리전트화의 핵으로 업계에 앞서 발전하여 왔다.

이 풍부한 실적과 최신기술의 도입으로 차량에 요구되는 안전성 · 신뢰성을 만족시키는 차량정보기술을 확립하여 “열차 · 차량의 시스템화”를 강력히 추진하고 있다. 즉 정보네트워크의 진전에 따라 각 서브시스템의 기능통합과 유기적결합을 한층 더 진전시켜 지상설비와 연대하는 종합적인 인텔리전트화를 담당하는 “차량통합 관리시스템”을 말하는 것으로 이의 확립과 정착에 노력하고 있다.

차량제어신호의 전송화로 전선을 대폭 삭감할 수 있으며, 각 기기와의 기능통합과 인터페이스의 간략화는 차량의 경량화와 코스트저감을 진전시키고, 출고시의 운전정비조작 자동화, 동태기록의 예방보전응용, 지상-차상간 이동체통신 · 화상전송은 檢修機能의 성력화와 정보서비스의 고도화를 진전시켜, 차량의 省에너지화와 유지보수의 혁신에 크게 공헌할 수 있게 된다.

4.3 補助시스템

보조전원은 IPM소자 응용과 제어기술의 고도화로 소형 · 경량화, 저소음화를 진전시킴과 동시에 차량구동용 인버터와의 일체화 · 부품공통화, 차량정보관리시스템을 통한 열차편성의 최적제어 등으로, 차량의 시스템화를 위한 기술을 전개해 나가고 있다.

쾌적성에 관계되는 중요요소인 차량공기조화장치에서는 비특정Freon화, 省에너지화, 저소음화의 환경대책을 비롯하여 차량정보관리시스템과의 협조로 제어의 인텔리전트화를 추진, 쾌적성의 질적향상을 도모하고 있다.

5. 情報制御 · 通信시스템

5.1 列車制御, 運行管理

새로운 열차제어방법에 대해서는 세계적으로 차세대 시스템의 개발이 가동하기 시작하였다. 同社에서도 철도 각사의 개발프로젝트를 시작으로 열차제어기술 · 통

신기술·정보처리기술을 조합한 종합적인 시스템 구축 계획에 참여하여 고밀도수송을 실현하기 위한 개발에 진력하고 있다.

안전의 기반인 신호시스템에 있어서도 범용기술의 진보로 신뢰성, RAS기능, Maintenance성과 성능이 향상되었고 디지털화로 열차검지와 신호보안용이 포함된 다중고속전송이 가능하게 되는 등 새로운 시스템구축이 시작되고 있다.

또 운행관리시스템은 주변의 업무와 신호시스템과 유기적으로 결합하는 방향으로 가고 있으며, 주변업무를 지원하는 시스템으로서 운전정리지원, 열차다이어 작성 시스템, 승무원운용 작성시스템, 차량운용 작성시스템 등에 충실을 기하고 있다.

5.2 通信·傳送·멀티미디어

휴대전화 등의 보급이 가속화되고 있는 것으로도 알 수 있듯이 최근의 통신기술은 눈부시게 발전하고 있으며 특히 무선설비를 응용한 시스템화가 추진되고 있다. 열차무선은 디지털화에 따른 고기능화로 통화에 더하여 세큐리티와 데이터전송을 짜넣은 고부가가치화가 가능하게 되었고, 밀리파를 사용한 열차와 지상간의 쌍방향 동화상전송은 플랫폼 감시영상을 차량내에 표시하여 안전대책이 가능하게 되었다.

또 각 역을 잇는 정보전송은 대량의 화상·음성·데이터를 포함한 멀티미디어를 전송하기 위해 다양한 단말 인터페이스를 직접 수용할 수 있는 고속LAN을 시장에 투입하여 네트워크 整備를 향상시키고 있다.

6. 鐵道設備管理시스템

6.1 情報管理·設備管理·電力管理

정보처리기술의 발달로 이제까지의 공업용 컴퓨터, 전송장치, 컨트롤러 등의 조합은 워크스테이션, 퍼스컴, LAN, 시퀀서 등 범용정보처리장치에 의한 시스템으로 이행되고 있다. 즉 하드웨어의 처리능력 향상과

가격저하, 소프트웨어의 개발환경과 관련소프트웨어기술이 확대됨에 따라 범용제품에 의한 시스템 구축이 가능해짐과 동시에, 기존의 리얼타임성을 확보하면서 정보처리가 가능해져 시스템의 편리성이 비약적으로 향상되고 있다.

전력관리시스템에서는 시퀀서를 기본제어장치로 하여 LAN접속으로 정보를 집약하여 중앙의 워크스테이션과 퍼스컴에서 감시하는 간편한 시스템이 실현되고 있으며, 감시뿐만 아니라 작업신청소프트웨어(인트라넷 대응)와 설비자산관리 전체를 짜 넣는 방향으로의 시스템 확대도 이루어지고 있다.

또 保線設備管理시스템과 전기설비관리시스템 등의 멀티미디어 하이퍼링크를 이용한 자산관리시스템, 클라이언트/서버방식에서 어플리케이션을 묻지 않는 不特定 미디어를 보관참조할 수 있는 오픈환경에 적합한 도면관리시스템 등 장래의 철도CALS에의 기술축적도 착실하게 추진되고 있다.

6.2 環境制御·防災·유지보수保全

터널내의 기류나 열을 평가하는 톨로서 정착되어온 SES(Subway Environmental Control Simulation)의 활용을 포함하여 설비용량의 설정과 防災시나리오별 排煙·換氣制御모드의 알고리즘을 산출하여 방재·환경제어시스템을 구축하고 있는데, 최근 특히 안전면에서도 주목받고 있는 플랫폼도어(Platform Door)의 설치 검토 등의 분야에서 위력을 발휘하고 있다. 또한 철도기계설비 관리시스템 구축에는 설비의 라이프사이클 리엔지니어링, 즉 감시제어/유지보수보전/자산관리를 일련의 정보기술에 의하여 시스템화하여 설비관리업무의 프로세스를 개선하고 있다. 또 엑스퍼트 톨에 의한 고장진단과 예지시스템의 구축, 모바일기기를 이용한 설비점검정보의 페이퍼레스화, 철도회사와 관련보수회사를 포함한 유지보수네트워크의 구축으로 신속한 연락에 의한 설비의 고장시간의 삭감과 유지보수업무의 연대 등으로 효율화를 도모하고 있다.

6.3 基地管理

가 지나 공장의 관리업무를 기지내 운행에 관한 시스템과 유지보수·보전을 주체로 한 시스템으로 구분하여 차량기지·공장 통합시스템을 추진하고 있다. 기지내 운행에 관하여는 新幹線 구내 작업계획시스템, 在線표시장치와 무인자동회송시스템이 있다. 또 검차장에서의 차량관리는 차량의 운행상태를 차량정보관리장치를 통하여 지상시스템에 자동적으로 데이터전송함으로써 유지보수·보전정보의 온라인화가 가능하게 되었다. 검수 기계로부터의 측정데이터는 휴대단말에 의한 입력과 구내디지털무선전화의 네트워크를 경유한 데이터통신 등으로 서버에의 보관과 가공을 실시하여 자동판별 및 豫知 등에 활용하는 시스템화를 실현하고 있다.

공장이나 기지에서의 에너지 활용에 대하여는 에너지 시뮬레이션기술의 확립으로 코제너레이션에 의한 이용효율의 확대, 히트펌프에 의한 배열이용, 나아가 태양광발전이라는 신에너지의 응용제안 등 유틸리티 관리시스템의 도입단계에서부터 에너지 매니지먼트에 대한 대응을 하고 있다.

6.4 사이버네틱스機器·檢修近代化·防音패널

역무기기시스템으로서 장기간의 실적이 있는 정기권 발행기 기술을 기초로 비접촉 IC 카드를 이용한 새로운 출개찰시스템과 관련하여 국내의 표준화추진기관에 참여하여 관련기기를 개발하고 있다.

차량 유지보수의 근대화를 도모하는 시스템으로서 同社는 팬터그래프擦板 계측장치와 車軸自動探傷機 등의 초음파기술 응용제품, 화상처리기술을 응용한 차륜踏面形狀 계측장치와 차량지붕위 감시장치 등을 납품하여 호평을 얻고 있는데, 異품진단기술을 이용한 각종 회전기계부의 진단장치, 조임부 등의 이완발견장치의 개발과 제품화를 추진하고 있다.

또 沿線환경문제의 대책으로서 철도연선 주민에 대해

소음경감효과가 높은 吸音플라스틱 방음벽을 개발하여 실용화하고 있으며 설치장소가 꾸준히 신장되고 있다.

7. 超電導磁氣浮上式鐵道

시속 500km로 주행하는 21세기의 고속철도의 실현을 위해서 山梨리니어실험선의 주행시험에서 지금까지의 개발성과를 검증하고 있다. 주역인 초전도기술은 다른 분야에서의 응용을 포함하여 21세기를 개척하는 중요기술이 될 것이며, 그 경제적 실용화를 위하여 설계기법의 확립과 각 요소기술의 개발을 추진하고 있다. 또 지상제어를 주체로 하는 이 시스템은 지상-차상간의 신호전송·통신기술은 물론, 운행, 보안, 열차구동에 있어서도 정보기술이 중요한 역할을 담당하고 있어, 재래철도에서의 개발성과를 크게 전개해 나가고 있다.

8. 맺음말

작년 11월의 세계철도연구회의(WCRR '97)에서는 “경쟁력과 생산성이 높고 환경을 존중하는 21세기의 철도”가 기본테마로 제창되었다. 그리하여 철도는 지금, 정보기술의 진보와 함께 그 시스템기술이 눈부신 진전을 이루어가고 있다고 할 수 있다. 제품개발에서 다양한 니즈에 대응하는 복합시스템에로의 통합이 이루어지고 있고, 리엔지니어링의 틀을 비롯한 업무프로세스의 개선도 진전되고 있다.

同社는 고령화·少子化를 포함한 21세기의 환경문제를 비롯하여 교통이용자의 니즈와 실현코스트를 충분히 인식하고, 철도를 새로운 시대를 담당하는 서비스사업으로 전환시키고자 하는 철도각사의 요구에 부응하기 위하여 기술개발을 더한층 강력하게 추진해 가고자 한다. ■

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.