

DSRC 기반 지능형 교통 시스템의 통신망 구조 연구

A Study on DSRC based ITS Telecommunication Networks Architecture

이성룡¹, 최경일¹, 이희상¹, 김윤배²

¹한국외국어대학교 산업정보시스템공학부, ²성균관대학교 산업공학과

Abstract

지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System)은 도로, 차량, 신호시스템 등 기본 교통 체계의 구성요소에 첨단 정보통신 기술을 접목함으로써 교통시설의 기반구조에 대해 지능화와 첨단화를 꾀하고자 하는 차세대 교통체제로 우리 나라가 처한 교통 환경의 실태와 기존 교통체계의 문제점을 고려할 때 당연한 교통 문제를 해결해 줄 수 있는 유력한 방안으로 여겨진다. ITS는 운전자 혹은 도로 교통 시스템에 각종 응용 서비스를 제공하게 되는데 이를 위해서는 도로변에 위치하는 기지국 등의 ITS 기반 요소들과 도로를 운행 중인 차량간의 빠르고 정확한 정보교환이 가능해야 한다. 정보교환을 위한 통신 기술 중 하나인 DSRC(Dedicated Short Range Communication)는 저출력의 양방향 통신 특성을 갖고 ITS가 제공하는 대부분의 서비스에 다양하게 적용될 수 있으므로 효과적인 ITS의 구축과 빠른 확산을 위해 필수적인 기술로 간주되고 있다. 본 논문에서는 이러한 DSRC를 기반으로 하는 ITS 통신망의 구조 정립에 대해 논하고 있다. 효과적인 ITS 서비스를 위해서는 물리적 통신망은 물론 통신망을 구성하고 있는 각 요소들과 관련되어있는 정보시스템들이 동시에 연구되어야 하므로 ISCNA(Information Systems and Communication Networks Architecture) 준거모형에 의한 접근을 하였다. 세부적인 측면으로는 서버 시스템의 구조, 서버와 서버간, 서버와 노변 기지국, 노변 기지국과 차량 단말 간의 통신망 구조 정립에 대해 살펴보았다.

1. 서론

최근 우리 나라가 처한 교통 환경의 실태와 기존 교통체계의 문제점을 고려할 때 당연한 교통 문제를 해결해 줄 수 있는 유력한 방안으로 지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System)이 논의되고 있다. ITS는 도로, 차량, 신호시스템 등 기본 교통체계의 구성요소에 첨단 정보통신 기술을 접목함으로써 교통시설의 기반구조에 대해 지능화와 첨단화를 꾀하고자 하는 차세대 교통체제이다.

정부는 ITS 기본계획을 1996년도에 확정하여 추진 중에 있으며, 첨단 교통관리 분야(ATMS), 첨단 교통 정보 분야(ATIS), 첨단 대중교통 분야(APT), 첨단 화물운송 분야(CVO), 첨단 차량 및 도로 분야(AVHS) 등 5개의 대 과제로 구분하고 있다 (건설교통부, 1997).

ITS 기본계획은 도로 및 교통 정보 서비스, 여행 정보 서비스, 차량 인식 및 식별 서비스, 자동 통행료 징수 서비스, 응급 구난 지원 서비스, 물류 정보 및 차량위치 추적 서비스, 화물 교통 연계 정보 서비스 등의 응용서비스를 제공하게 되는데 양질의 서비스를 제공하기 위해서는 무엇보다도 교통 정보를 원활하게 수집하고 효율적으로 분배하는 것이 필요하다. 따라서 도로변에 위치하는 기지국 등의 ITS 기반 요소들과 도로를 운행 중인 차량간의 빠르고 정확한 정보교환이 가능하여야 하는데, 이를 위한 통신 기술은 크게 다음과 같이 구분된다 (Wu 1992, Sato 1996, Von Aulock 1994, Jurgen

1995, Yoshikai 1998).

- Wide Area Broadcast Communication
 - AM, FM, TRS 등 Voice를 이용하는 기술
 - AMDS(AM Data System)
 - RDS(Radio Data System)
- Wide Area Two-way Wireless Comm.
 - Cellular, Satellite
 - GSM(Global System for Mobile Comm.)
 - DSRC(Dedicated Short Range Comm.)
- Wireline Comm.
 - Data Network
 - Variable Message Sign
- Monitoring Technique
 - CCTV
 - Vehicle Detector
 - Road Condition Sensor

이중 그래픽 터미널을 기초로 하는 시스템으로 5.8 GHz 주파수대 사용을 전제로 하고 있는 DSRC는 주파수 전달거리를 매우 작게 하고 빨리 사라지는 micro파의 주파수 특성을 사용하여 작은 전력으로 짧은 지역 (선진국 표준안: 30~90meter)에 전송 가능하면서 모든 기후 조건에 같은 성능을 내는 것을 목표로 개발이 진행되고 있는 기술이다.

DSRC는 다른 통신 방식에 비교하여, 상대적으로 한정된 지역(location-specific)에서 빠르게 교환되어야만 하는 시간에 민감한(time-critical) 정보를 전달하기에 적합한 방법으로 주목받고 있다. 예를 들어 DSRC는 고속으로 주행 중인 차량에게 도로면의 조건이라든가 도로에서 발생한 위험상황 등

특정 지역에 국한된 정보를 노변 기지국을 통해 신속하게 전달함으로써 운전자의 안전을 도모한다. 이러한 DSRC는 기존의 단방향 통신 방법과는 달리 양방향 통신이 가능하므로 도로 이용자에게 필요한 각종 정보를 실시간으로 수집하고 처리하며 또한 이용자에게 제공하는 데에 적절히 사용될 수 있다. 또한 저출력의 무선통신이므로 DSRC는 단말기의 가격이 저가인 장점을 갖는다. 따라서 DSRC는 ITS의 서비스 중 대부분의 서비스에 다양하게 적용될 수 있는 방법으로 각광 받고 있으며 효과적인 ITS의 구축과 빠른 확산을 위해 필수적인 기술로 간주되고 있다 (US DoT 1996, ITS America 1997, Houser).

본 논문에서는 이러한 DSRC를 기본으로 하는 ITS 통신망에 대해 다루고자 한다. ITS 서비스를 효과적으로 구현하기 위해서는 DSRC 통신방식을 사용하는 노변기지국을 가입자망으로 하는 ITS 통신망의 효율적인 구성이 중요한 비중을 차지하게 되고, 다양한 ITS 정보 교환 체계도 통신에 적합하도록 효율적인 구조로 정립되어야 함이 필수적이다.

2장에서는 DSRC를 기본으로 하는 통신망 구조를 정립하기에 필요한 방법으로 준거모형과 이에 준한 통신망 구조의 예에 대해 논의하며, 3장에서는 ITS 서브시스템의 구조에 대하여, 4장에서는 ITS 시스템 통신망 구조에 대하여 논의한다.

2. 준거모형에 의한 통신망 구조

ITS와 같이 거대한 시스템의 구성을 전체적으로 또한 정합성을 갖도록 설계하기 위하여 시스템 특성의 집합을 정의하기 위한 ISCNA의 준거모형(Framework)은 많은 연구자들에 의해 제시되어 있으나, 현재 DSRC 중심의 ITS 사업과 관련한 ISCNA의 준거모형으로는 CVISN(Commercial Vehicle Information Systems and Networks) (APL 1997)이 가장 적합하다고 판단된다. CVISN (표 1)은 미국 Johns Hopkins University에서 ITS 사업을 위한 정보 및 통신 시스템 개발 중 CVO 시스템의 프로토타입으로 개발되었다.

표 1 CVISN 준거 모형

Level 0	VISION	
Level 1	사용자 서비스	구축원칙 운영원칙
Level 2	프로세스 구조	데이터 구조
Level 3	어플리케이션 구조	기술적 구조

CVISN 준거모형의 최상위 수준은 vision으로서, 이것에 근거하여 Level 1의 사용자 서비스, 구축원칙, 운영원칙 등이 전개된다.

Level 1이 정의되면 Level 2에서는 프로세스와 데이터의 논리적 구조를 결정해야 한다. 프로세스 구조는 필요한 모든 기능이 서비스에 포함되도록 보증한다. 즉, 프로세스 구조정의의 목적은 프로세스를 기술 독립적으로 서술하여, 문제범위를 결정하고 필요한 인터페이스의 정보흐름을 찾아내기 위

한 것이다. 한편, 데이터 구조정의의 가장 중요한 목적은 시스템 구축 과정에서 모든 데이터 요소들이 명확히 통합 관리되어 모든 개발자들이 공유하게 하기 위한 것이다.

프로세스와 데이터 구조가 결정되면 정보 시스템과 통신망의 물리적 요구사항을 결정할 수 있다. 어플리케이션 구조정의는 시스템 설계보다는 상위 개념이다. 이 단계에서는 수행되어야 할 주요 기능을 정의하고, 각 서브시스템이 대응할 최상위 요구 수준을 결정하며, 관련 데이터베이스와 서브시스템 간의 데이터 분배 및 교환 방식을 정의한다.

예를 들면, 전체 시스템을 서브시스템들과 각 서브시스템의 서버(들), 그리고 그들간의 데이터 흐름들로 표시한 후, 어플리케이션 구조는 서브시스템별로 서버(들), 구축과 개발에 관련된 조건들, 기능을 수행하기 위해 필요한 데이터를 정의한다. 각 서버에 대해서는 필요한 기능, 프로세스, 데이터베이스, 내부 및 외부 인터페이스 등을 정의한다.

기술적 구조는 서비스를 효과적으로 제공하기 위한 어플리케이션과 데이터베이스에게 최적의 환경을 제공하기 위한 컴퓨터와 주변기기, 통신기기, 시스템 소프트웨어 등을 포함하는 기술적 요소들을 정의한다.

DSRC를 기본으로 한 ITS 통신망의 구조를 준거모형에 의해 설계한 예가 그림 1에 도시되어 있다. 본 논문에서는 특히 어플리케이션 구조를 중점적인 연구범위로 설정하고 있는데, 설계된 ITS 시스템은 광역 ITS 센터 시스템, 지역 ITS 센터, DSRC 노변기지국, 노변 transponder 등으로 구성되어 있다.

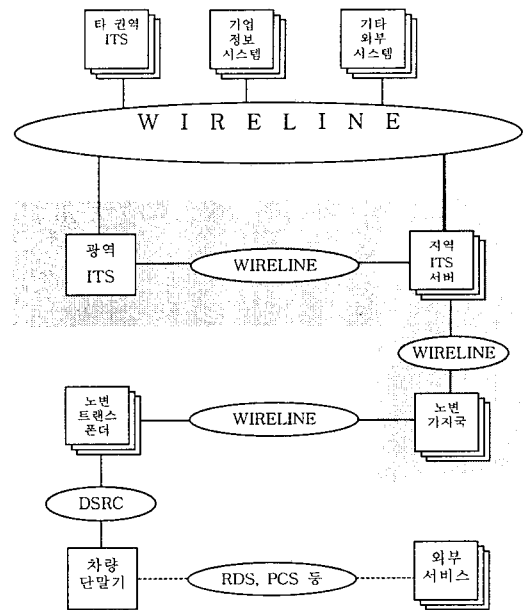


그림 1 DSRC 기반 ITS 시스템 구성 예

각 권역의 광역 ITS 센터와 지역 ITS는 제공하는 서비스에 따라 복수의 서브시스템으로 구성되며, 이들은 노변기지국, 노변 transponder, 차량단말기의 경로를 통해서 실제 기능을 수행하게 된다. 각 서브시스템은 단수 혹은 복수의 서버로 구성되며, 서브시스템에 따라서는 타 시스템과 서버 등을

공유할 수도 있다. 노변기지국은 hub, transponder 등의 field device들을 관리하며, 서비스에 따라 ITS 센터 내의 해당 서브시스템과 업무를 처리한다.

따라서 어플리케이션 구조를 중심으로한 ITS 통신망은 광역/지역 ITS 서버 시스템의 구조와 ITS 시스템 통신망 구조로 구분해 볼 수 있다.

3. ITS 서버 시스템 구조

한국의 ITS 기본추진계획은 전국을 5대 권역으로 구분하여 권역별 ITS 시스템을 구축하는 기본 골격으로 하고 있다 (건설교통부 1997, 교통개발연구원 1997). 따라서 한국의 ITS 시스템 또한 권역별 구축계획에 대응하도록 추진되어야 하며, 이에 따른 주요 구조 요소는 다음과 같다.

- ITS 서버 시스템 계층구조: 광역 ITS 센터, 지역 ITS 센터, 노변기지국, 차량단말기
- 계층별 어플리케이션 구조: 센터별 서브시스템, 인터페이스
- 계층내/간 통신망: 센터 대 센터, 센터 대 노변기지국, 노변기지국 대 차량단말기

노변기지국과 transponder의 기능과 역할은 비교적 한정되어 있으므로 계층구조의 가장 큰 이슈는 광역 ITS 센터와 지역 ITS 센터의 분할문제와 노변기지국/노변 transponder와 차량단말기의 분할 문제로 구분될 수 있다.

광역과 지역 ITS 센터의 분할/통합 문제는 각 센터의 수행 기능과 관리구역의 범위에 따라 결정된다. 현재 우리 나라에서 예상되는 ITS 서비스는 일반 사용자 대상뿐만 아니라 교통단체와 관제에 관한 서비스 역시 포함되어 있으므로 광역 센터만으로는 모든 서비스를 제공할 수 없다. 특히, 교통신호제어와 같이 제어신호를 송수신하는 경우에는 통신망 설계 역시 변화가 예상된다.

노변기지국과 차량단말기 간의 기능 분할은 다시 두 가지 주요 이슈가 있다. 즉, 차량단말기의 개발 문제와 개발된 단말기의 시장성 문제이다. 원칙적으로는 프로세스와 데이터 구조에 의하여 필요한 bandwidth가 결정되면 이를 만족시키는 단말기를 개발하여야 하며 이러한 차량단말기의 기능범위는 Level 1의 구축원칙과 운영원칙에 따라 결정되어야 한다.

프로세스 구조와 데이터 구조에 따라 전개된 계층구조에 따라 ITS 센터의 기능은 큰 차이를 보이게 된다. 현 시점에서 예상되는 서비스 시나리오는 매우 다양하나, 이들을 지원하는 프로세스와 데이터 유형을 크게 분류하면 표 2와 같이 4가지 유형으로 요약할 수 있다.

ITS 센터 제공하는 서비스에 따라 정보의 흐름과 시스템 요구 사항이 확연히 달라지기 때문에 데이터 유형분석은 필수적이다. 예를 들어, 뉴스 서비스 혹은 항공권 예약 같은 부가통신 서비스는 외부 시스템과의 인터페이스가 중요하다. 이 경우의 통신표준으로는 EDI 혹은 Web EDI 같은 것이 가능하나, 관건은 해당 Information Provider와의 협력관계 성립이다. 반면에 터널 내 교통상황 혹은 노면상태 정보와 같은 국지교통정보 서비스는 해당 정보의 실시간 수집과 수집된 정보의 실시간 배포 수단의 확보가 중요할 것이다. 또한 이들 정보가

표 2 프로세스와 데이터의 유형별 분류

유형	프로세스	데이터	서비스 예
I	센터 내부	센터 내부	국지교통정보 서비스
II	센터 내부	센터 외부	주차정보제공 서비스
III	센터 간	센터 내부	광역교통정보 제공
IV	센터 간	센터 외부	부가통신 서비스

단순한 조치가 아닌 제어 목적을 가지고 있다면 (예: 교통신호제어) 신뢰도와 응답속도가 보장되어야 한다. 따라서 ITS 센터 내의 서브시스템들이 동일한 구조를 가지는 것은 비효과적이며, 할당된 기능과 요구사항에 따라 달라져야 한다. 일반적으로 서버 구조는 아래와 같은 세가지를 검토할 수 있다 (Utamaphethai 1998, Von Tomkewitsch 1991, Shladover 1991).

- MOM (Message-Oriented-Middleware)
- C/S (Client/Server)
- P/P (Peer-to-Peer)

4. ITS 시스템 통신망 구조

ITS 서비스의 원활한 제공을 위해서는 ITS 서비스를 제공하는 통신 노드가 서버, 노변기지국, 차량단말기 등으로 다양하며 이에 따른 통신 방식과 대상은 서론에서 살펴본 바와 같다.

이러한 다양한 통신 방식을 제공할 서비스 및 네트워크 구조 중에서 ISCNA 준거 모형의 어플리케이션 구조 분석을 통하면 ITS 서버-서버, 노변기지국-서버 간의 통신망은 다음과 같은 특성을 요구한다.

- flexibility: 제안된 다양한 서비스를 위해 운영의 융통성
- affordability: 단말기, 노변기지국, 서버 시스템, 통신 네트워크 등 전체 시스템 구축의 경제성
- scalability: 초기의 island 형 소규모 운용이 향후 대규모 전국적인 네트워크로 확장의 기술적 경제적 용이성
- consistency: 기존, 실험 중인 시스템과의 호환성 고려
- standard: 향후 세계적인 표준의 등장 등에 대비한 호환성 확보
- reliability: 통신망 구성요소 상호간의 통신에서 bit error, misordering, packet loss 등을 최소화하거나 발생 시 수정 능력
- survivability: 통신 시스템의 내적 구성 요소의 고장 또는 천재지변 등의 장애에 대해서 네트워크 차원의 대처 능력

ITS 서버-서버, 서버-노변기지국 통신망 구조 정립을 위해서 ITS 망의 가입자망이 되는 ITS 노변기지국-차량단말기 간의 프로토콜 표준화 현황을 미국의 표준을 중심으로 살펴보면 표 3과 같다.

표 3에서와 같이 ITS 노변기지국-차량단말기 간의 프로토콜은 노변기지국에서 단거리에 있는 자동차의 차량단말기와의 직접 연결이므로 OSI 중간 layer를 갖지 않고 layers 1, 2, 7만을 표준화하고 있다. 또한 전체적인 프로토콜 개발 방향은 기능의

표 3 ITS 노변기지국-차량단말기 간의 프로토콜 표준화 현황

분야	내용
Communication Layer 1 (physical layer)	ASTM (American Society for Testing & Materials) DSRC Draft 7
Communication Layer 2 (data link layer)	ASTM Draft 7
Communication Layer 7 (application layer)	IEEE P1455 standard: resource manager, message sets 정의 ASTM Draft 7 응용성 보장, CEN Layer 7 information transfer controls 및 ASTM Draft 6 호환성
차량단말기 및 Position in Vehicle 표준화	SAE (Society of Automotive Engineers): electrical interface
노변장치 표준화	ITE (Institute of Transportation Engineers): configuration of the equipments

많은 부분을 노변 장치에 할당하여 차량단말기의 저렴화를 유도하여 많은 가입자를 유치하고자 하며 forward 및 backward 호환성을 매우 강조하고 있다. 이와 같은 사실이 ITS 서버-서버, 서버-노변기지국 통신망 구조에 가장 직접적으로 주는 영향은 서버가 상대적으로 많은 기능을 갖고 있는 노변기지국과 통신을 하게 된다는 것이며, 기존 장비 및 미래의 호환성을 위해 개방형을 좀 더 강조하는 방향으로 되어야 한다는 것이다.

서버-서버, 서버-노변기지국까지의 프로토콜 검토사항과 서버 시스템의 기능구조 분석을 통한 통신망의 요구사항과 함께 노변기지국-차량단말기의 망구성에 있어서 DSRC 기술적 표준안과 ITS 서비스 특성을 검토하면 개개의 서비스를 다음과 같이 공유와 grouping을 통한 channel reuse가 가능하도록 노변기지국-차량단말기 망을 구성할 수 있다.

- 일부 ITS 서비스는 그 특성상 channel 공유에 문제없음: 미국 ITS 서비스 기준으로는 4개의 installation group을 통해 channel 공유 운영 가능. in-vehicle signing group, commercial vehicle operation group, intersection installation group, mobile location interrogation group 등
- 일부 ITS 서비스는 운영간의 간섭을 방지하기 위해 독자 channel 사용하여야 함: 미국 ITS 서비스 기준으로는 automated highway systems, transit vehicle data transfer, ETC and access control 등
- installation group간에도 서비스의 지역적 요구 차이를 이용해 같은 channel 사용 가능(예: transit vehicle data transfer와 electronic toll payment는 같은 지역에서 서비스 요구 있을 가능성 거의 없음)

따라서 노변기지국-서버간에도 개개의 서비스 종류를 위해 모든 서비스가 전용 채널을 할당받기 보다는 공유와 grouping을 적절히 사용하여 channel reuse가 가능하도록 통신망 구조가 설계되어야 한다.

5. 결론

본 논문에서는 DSRC를 기반으로 하는 ITS 통신망 구조 정립을 위한 접근 방법에 대해서 살펴보았다. ITS와 같이 거대한 시스템을 총체적인 관점에서 설계하기 위한 ISCNA 준거모형(Framework)에 대해 논의하고 이에 따른 통신망 설계에 대해 논의하였다. 또한 통신망 구조를 ITS의 서버시스템의 구조와 서버와 서버간, 서버와 노변 기지국, 노변 기지국과 차량 단말 간의 통신망 측면에서 관찰하였다.

참고문헌

- 건설교통부, 지능형 교통시스템 기본계획, 1997.
- 교통개발연구원, 한국전기통신공사, 첨단화물운송시스템 (CVO) 기본설계 최종보고서, 1997.
- Applied Physics Laboratory, Commercial Vehicle Information Systems and Networks (CVISN) Architecture, The Johns Hopkins University, Unpublished Technical Report, 1997.
- Houser, P., DSRC Concept of operations and ISO layer implementation summary, IEEE SCC32 DSRC.
- ITS America, DSRC Status Report, 1997 January.
- Jurgen, R., The electronic motorist, IEEE Spectrum, pp. 37-48, 1995 March.
- Mosley, G. and R. Ristow, NTCIP White Paper: Center-to-Center Communications, Web Document, NTCIP, 1996.
- NTCIP Joint Steering Committee, NTCIP Guide, 1997 March.
- Sato, Ken-Ici, *Advances in transport network technologies, photonic networks, ATM, and SDH*, Artech House, 1996.
- Shladover, S. E. et al., Automatic Vehicular control developments in the PATH program, IEEE Trans. Vehicular Technology, pp.114-130, Feb. 1991.
- US Department of Transportation, ITS Standard Program: 1996 Status Report.
- Utamaphethai, N., S. Ghosh, Dica: A distributed architecture for intelligent transportation, IEEE Computer, pp.78-84, 1998.
- Von Aulock, W. H., Smart cars may not be smart, IEEE Trans. Vehicular Technology, pp.17-18, Mar. 1994.
- Von Tomkewitsch, R., Dynamic route guidance and interactive transport management with ALI-SCOUT, IEEE Trans. Vehicular Technology, pp.45-50, Feb. 1991.
- Wu, Tong H., *Fiber Network Survivability*, Artech House, 1992.
- Yoshikai, N., Reliable communication network for ITS, DRCN 98 workshop, IL5, pp. 1-5.

* 이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음