

DSRC 기술을 활용한 지능형 교통 시스템의 통신망 구조 연구

이성룡¹ · 최경일¹ · 이희상¹ · 김윤배²

¹한국의국어대학교 산업정보시스템공학부 / ²성균관대학교 시스템경영공학부

A Study on Telecommunication Network Architecture for Intelligence Transportation System Based on DSRC Technology

Soung Ryong Yee¹ · Kyung-Il Choe¹ · Heesang Lee¹ · Yun Bae Kim²

ITS(Intelligent Transportation System) is an advanced system which can effectively handle the current transportation and traffic problems. In order to beneficially apply ITS to the current transportation infrastructure we need a telecommunication technology which guarantees high speed data transmission between the road side units and the on-board units in the vehicles. DSRC(Dedicated Short Range Communication) is considered as a promising technology since it has the capability of two-way communication and can serve to implement various ITS services. In this paper, we study an architecture of telecommunication network for ITS based on DSRC. We use the ISCNA(Information Systems and Communication Networks Architecture) framework for the method of approach. We first analyze the requirements for ITS services using DSRC in Korea, and then establish a logical architecture for the network. We also analyze the types of data and process between the network components. Based on these we propose an architecture for the telecommunication network for ITS. We also briefly discuss the simulation which we perform to validate the proposed network architecture.

1. 서론

최근 우리나라가 처한 교통 환경의 실태와 기존 교통체계의 문제점을 고려할 때 당면한 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 교통체계이다.

정부도 ITS 기본계획을 1996년도에 확정하여 추진 중에 있으며, <그림 1>과 같이 첨단 교통관리 분야(ATMS), 첨단 교통정보 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 기본계획에는 도로 및 교통 정보 서비스, 여행 정보 서비

스, 차량 인식 및 식별 서비스, 자동 통행료 징수 서비스, 응급 구난 지원 서비스, 물류정보 및 차량위치 추적 서비스, 화물 교통 연계 정보 서비스 등의 응용 서비스를 제공하는 것으로 되어 있는데, 양질의 서비스를 제공하기 위해서는 무엇보다도 교

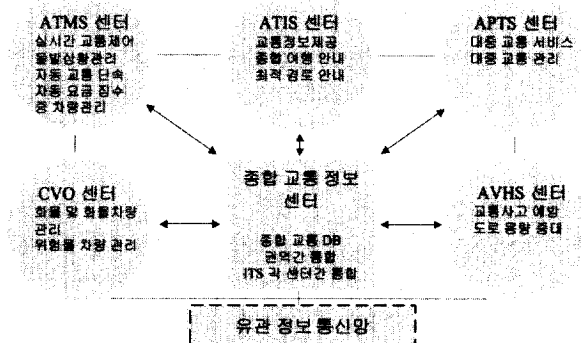


그림 1. 국가 ITS 서비스 시스템 구성.

† 이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

통 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; Aulock, 1994; Jurgan, 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 Communication
 - Cellular, Satellite
 - GSM(Global System for Mobile Communication)
 - DSRC(Dedicated Short Range Communication)
- Wireline Communication
 - Data Network
 - Variable Message Sign
- Monitoring Technique
 - CCTV
 - Vehicle Detector
 - Road Condition Sensor

이중 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: 30~90m)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 노변기지국을 통해 신속하게 전달함으로써 운전자 안전을 도모한다. 노변기지국은 차량으로부터 얻어지는 정보를 서버로 전송하여 필요한 이용자에게 정보를 제공할 수 있도록 한다. 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).

본 논문에서는 이러한 DSRC를 기본으로 하는 ITS 통신망에 관해 다루고자 한다. ITS 서비스를 효과적으로 구현하기 위해



그림 2. 차량단말기, 노변기지국 및 서버와의 통신.

서는 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.

2절에서는 DSRC를 기반으로 하는 통신망 구조를 정립하기 위한 접근방법으로써 CVISN 준거모형을 설명하였고, 3장에서는 DSRC 통신방식이 사용되는 ITS 서비스에 대해 정리하였다. 4절에서는 요구되는 서비스를 만족하기 위한 전체적인 ITS 시스템 구조를 정의하고, 5절에서는 인터페이스 구조를 제시하였다. 6절에서는 구조 정의를 바탕으로 ITS 통신망 구조를 정립하였고, 7장에서는 정립된 통신망 구조의 성능을 분석하기 위해 행한 시뮬레이션의 내용에 대해 간략히 언급하였다.

2. 통신망 구조 연구를 위한 준거모형

전체적으로 정합성을 갖도록 ITS 통신망을 설계하기 위하여 표준체계의 확립이 필수적이다. 시스템 특성의 집합을 정의하기 위한 ISCNA(Information Systems and Communication Networks Architecture)의 준거모형(Framework)은 많은 연구자들에 의해 제시되어 왔으나, 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.

CVISN 준거모형의 최상위 수준은 vision으로써, 이것에 근거하여 level 1의 사용자 서비스, 구축원칙, 운영원칙 등이 전개된다. 사용자 서비스는 최종 사용자에게 제공되는 서비스를 의미한다. 구축원칙은 시스템과 프로세스를 주요 대상으로 한 것으로서, 예를 들면 다음과 같다.

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

- 특정 기술과 프로세스의 선택은 시장 중심으로 선택되어야 한다.
- 서비스는 기업, 정부 등을 포함하는 사용자의 업무절차와 효율성을 개선하도록 설계한다.
- 서비스는 참여주체와 사용자 간의 전자정보교환을 가능하게 하여야 한다.

운영원칙은 참여주체와 구성요소에 따라서 달라지며, 그 예는 다음과 같다.

- 정부기관의 관리자 및 실행요원은 필요정보에 대한 전자적 접근권한을 부여한다.
- 물류업체는 물류의 각종 행정규제 준수를 위한 관리부담을 최소화할 수 있어야 한다.
- 운전자는 안전운전에 필요한 정보를 적시에 획득할 수 있어야 한다.

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 위한 것이다. 따라서 각 서브시스템 내부의 프로세스보다는 여러 개의 서브시스템을 포함하는 상위 수준으로 정의하는 것이 바람직하다. 한편, 데이터 구조정의의 가장 중요한 목적은 시스템 구축 과정에서 모든 데이터 요소들이 명확히 통합 관리되어 모든 개발자들이 공유하게 하기 위한 것이다.

Level 3의 어플리케이션 구조정의는 구체적인 물리적 시스템 설계보다는 상위 개념이다. 이 단계에서는 수행되어야 할 주요 기능을 정의하고, 각 서브시스템이 대응할 최상위 요구수준을 결정하며, 관련 데이터베이스와 서브시스템간의 데이터 분배 및 교환 방식을 정의한다. 예를 들면, 전체 시스템을 서브시스템들과 각 서브시스템의 서버(들) 그리고 그들간의 데이터 흐름들로 표시한 후, 어플리케이션 구조는 서브시스템별 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. level 3의 기술적 구조는 서비스를 효과적으로 제공하기 위한 어플리케이션과 데이터베이스에게 최적의 환경을 제공하기 위한 컴퓨터와 주변기기, 통신기기, 시스템 소프트웨어 등을 포함하는 기술적 요소들을 정의한다. 일반적인 원칙으로는 개방형 규격을 사용하고 새로 개발하기보다는 이미 시장에 신뢰성이 입증된 제품을 채용하는 것을 들 수 있다.

본 연구에서는 이러한 준거모형의 단계를 밝아서 ITS 통신망의 구조 연구를 진행하되 어플리케이션 구조정의에 초점을 두고 있다. 어플리케이션 구조정의는 크게 ITS 시스템의 논리적인 구조정의와 시스템을 구성하고 있는 요소간의 인터페이스 구조정의, 그리고 이러한 구조 정의를 바탕으로 하는 물리

적 통신망 구조의 정립을 목표로 한다. ITS 시스템의 논리적인 구조 하에서 요소간 인터페이스 구조를 결정하기 위해서는 자연스럽게 level 2의 프로세스 구조와 데이터 구조의 확인 작업이 수반된다. 따라서 연구 수행의 방법론은 횡적으로는 CVISN의 준거모형을 따르고, 종적으로는 통신망 서비스의 분석, 통신망의 논리적 설계를 포함하는 통신망 시스템의 정의, 설계된 통신망 구성요소간의 인터페이스 구조정의, 그리고 물리적인 통신망 구조의 정립 순으로 진행하게 된다. 또한 정립된 어플리케이션 구조에 대한 검증은 시뮬레이션을 통하여 수행하게 된다.

3. ITS 서비스 분석

ITS 통신망 구조를 정립하기 위해서는 ITS 서비스의 형태에 따른 서비스 요구 분석이 우선되어야 한다. 이는 차후에 망 설계에 필요한 트래픽 분석과도 관련이 있는데, 국가 ITS서비스 시스템 사양에 따라 서비스 분야와 이에 따른 구체적인 서비스를 정리하고 각 서비스의 방식과 발생 간격 유형에 따라 구분한 ITS 사용자의 요구를 <표 2>에 정리하였다.

<표 2>에서 알 수 있듯이 ITS 서비스는 서비스의 방식에 따라 수집형, 방송형, 인증형으로 구분되어진다. 수집형은 차량단말기로부터의 정보를 노변기지를 통해 서버로 전달하는 단방향(one-way) 형태의 정보흐름을 발생하고, 이와 반대인 방송형은 정보가 서버로부터 차량단말에 단방향으로 전달되는 정보흐름을 발생한다. 한편, 인증형은 필요로 하는 시점에 차량단말에서 서버로부터의 정보를 요구하여 전달받는 양방향(two-way) 형태의 정보흐름을 발생한다. 따라서 이러한 서비스에 대한 통신 트래픽은 수집형의 경우 특정 노변기지역 내의 차량단말에서 발생하고, 방송형의 경우는 서버에서 발생한다. 한편, 인증형의 경우는 차량단말기에서 우선 트래픽을 발생하고, 서비스 요청에 대응하는 서버로부터의 트래픽이 발생하게 된다.

서비스들은 또한 발생간격에 따라 주기형과 간헐형으로 구분되어진다. 주기형은 서비스의 내용상 주기적으로 계속 전달이 되어야 하는 서비스 처리를 말하며, 간헐형은 서비스가 간헐적으로 발생함을 말한다. 주기적 서비스는 방송형의 경우에는 서버에서 방송을 위해 필요로 하는 일정한 시간 간격마다 서비스가 행해지고, 수집형의 경우는 단말기로부터 일정 시간 간격마다 트래픽이 발생하여 서버로 전달되게 되며, 인증형의 경우에는 지역의 실제 차량 트래픽에 따르는 차량의 도착율과 서비스가입을, 각 서비스들의 요청 확률에 따라 각 서비스 트래픽의 발생 간격이 결정된다. 간헐적 서비스는 대부분 수집형이나 인증형 서비스의 경우 발생하는 데, 수집형의 경우는 서버의 요청에 의해 단말기로부터 간헐적인 정보의 수집이 발생하고, 인증형의 경우는 단말기로부터 불특정한 시각에서 서비스 요청이 발생하게 되며 평균 차량 소통량에 비례하여 서

표 2. DSRC 기반 ITS 사용자 서비스 요구 분석

분야	서비스	서비스 정보 내역	서비스 방식	발생 간격
첨단 교통 관리 분야 (ATMS)	사고 정보 수집 및 방송	· 사고 유형 · 사고 지점 · 사고 시각 · 사고 내용 · 사고 조치 상황	수집/방송	간헐/주기
	트래픽 정보 수집 및 방송	· 주행속도 · 통행량 · 정체지점 · 병목지점	수집/방송	주기적
	교통 정보 방송	· 분기점 · 연계교통 · 터널 정보 · 우회도로	방송	주기적
	차량 관리 서비스	· 전자 번호판을 이용한 범죄, 도난, 과속, 차선 위반 차량 등 검지 · 통과, 주차 차량 통제	수집	간헐적
	자동 요금 징수	· 차량단말 확인/징수명령 · 징수 결과 확인	인증	간헐적
첨단 교통 정보 분야 (ATIS)	교통 정보 제공	· 주행속도 · 통행량 · 정체지점 · 병목지점	인증/방송	간헐/주기
	도로 정보 제공	· 터널정보 · 우회도로 · 도로공사 · 사고발생	인증/방송	간헐적
	노선 정보 제공	· 고속도로 노선 안내 · 인터체인지 안내	인증	간헐적
	거리 정보 제공	· 인터체인지 간 거리 · 휴게소 간 거리	인증	간헐적
	경로 안내	· 목적지까지의 최적 경로 · 경로상의 평균 속도	인증	간헐적
	여행 정보 제공	· 주요 관광지 · 숙박시설 · 음식점 · 편의시설 · 병원 등 공공 시설	인증	간헐적
	운전자 정보 제공	· 긴급전화 · 정비업소	인증	간헐적
첨단 대중 교통 분야(APTS)	대중 교통 관리	· 화물차, 버스, 택시의 현재 위치 · 현 상황 정보	수집	주기적
첨단 화물 운송 분야(CVO)	운행 관리	· 화물차의 현재 위치 · 공차 여부 등	수집	간헐적

비스가 발생하는 것이 일반적이다.

확장시 문제점 발생의 극소화

4. ITS 시스템 구조 정의

4.1 ITS 시스템의 기술적 목표

ITS 시스템은 위에서 정의한 DSRC 관련 서비스의 원활한 제공을 위한 다음과 같은 기술적 목표를 갖게 된다.

- 망성능(network performance)
네트워크 용량, 활용도, throughput, 반응시간, 지연, 지연의 편차 등
- 경제성(affordability)
단말기, 노변기지국, 서버 시스템, 통신 네트워크 등 전체 시스템 구축의 경제성 확보
- 유연성(flexibility)
제안된 다양한 서비스를 위한 운영의 융통성
- 확장성(scalability)
초기에 소규모에서의 시험망 운용 후 대규모 네트워크로

○ 호환성(consistency)

기존 혹은 실험 중인 시스템과의 호환성

○ 안전성(availability)

서비스가 가용한 정도를 나타내는 가용도, 통신 시스템의 내적 구성 요소의 고장 또는 천재지변 등의 장애에 대해서 네트워크 차원의 대처 능력을 나타내는 생존도(survivability), 통신망 구성요소 상호간의 통신에서 bit error, misordering, packet loss 등을 최소화하거나 발생 시 수정 능력을 갖는 신뢰도(reliability), 그리고 고의적인 공격에 대한 안전도(security) 등으로 일반적인 데이터 통신망의 안전성 척도를 따름

○ 표준화(standard)

국제적 ITS 통신 표준 준수, 타 통신 수단과의 호환성, 상호 접속 능력 확보

이러한 기술목표 중 본 연구에서는 서비스 요구를 충족하기 위한 망 성능 부분을 중점적으로 고려하여 망 설계를 논의하였다. 기타 유연성, 확장성, 호환성, 안전성, 표준화 부분은 기

존에 개발되어 사용되고 있는 표준 프로토콜과 유무선 통신망의 사용, 그리고 통신망을 구성하는 물리적 요소의 표준화된 정합을 가정하였다.

4.2 ITS 통신망의 논리적 구조

DSRC를 기반으로 한 ITS 통신망을 준거모형에 의해 설계한 논리적 구조가 <그림 3>에 나타나 있다. 본 논문에서는 특히 어플리케이션 구조를 중점적인 연구범위로 설정하고 있는데, 설계된 ITS 시스템은 광역 ITS 서버 시스템, 지역 ITS 서버, DSRC 노변기지국 등으로 구성되어 있다.

각 권역의 광역 ITS 서버 시스템과 지역 ITS 서버 시스템은 제공하는 서비스에 따라 복수 개로 연결될 수 있으며, 이들은 노변기지국과 차량단말기의 경로를 통해서 실제 기능을 수행하게 된다. 각 시스템은 단수 혹은 복수의 서버로 구성되며, 시스템에 따라서는 타 시스템과 서버 등을 공유할 수도 있다. 노변기지국은 hub, transponder 등의 field device들을 관리하며, 서비스에 따라 ITS 시스템의 해당 서버 시스템과 연결되어 서버스 프로세스를 수행한다.

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

- ITS 서버 시스템 계층구조: 광역 ITS 서버, 지역 ITS 서버, 노변기지국, 차량단말기
- 계층별 어플리케이션 구조: 서버별 서브시스템, 인터페이스
- 계층 내/간 통신망: 서버 대 서버, 서버 대 노변기지국, 노변기지국 대 차량단말기

노변기지국의 기능과 역할은 비교적 한정되어 있으므로 계층구조의 가장 큰 이슈는 광역 ITS 서버와 지역 ITS 서버 기능과 역할의 분할 문제이다. 광역과 지역 ITS 서버의 분할·통합 문제는 각 서버의 수행 기능과 관리구역의 범위에 따라 결정된다. 즉, level 1의 분석을 통해 서비스 요구 사항이 정의되어야 하는데, <표 2>에서 보듯이 현재 우리나라에서 예상되는 ITS 서비스는 일반 사용자 대상뿐만 아니라 교통단체와 관제에 관한 서비스 역시 포함되어 있으므로 광역 서버만으로 모든 서비스를 제공하는 것이 아니라 ITS 외부 시스템과의 연동도 가능해야 한다.

또한, 프로세스 구조와 데이터 구조에 따라 전개된 계층구조에 따라 ITS 서버의 기능은 큰 차이를 보이게 된다. 현 시점에서 예상되는 서비스 시나리오는 매우 다양하나, 이들을 지원하기 위한 프로세스와 데이터 유형을 크게 분류하여 서비스별로 분할된 서버의 역할 등은 다음절에서 정리하였다.

5. ITS 시스템 인터페이스 구조 정의

5.1 프로세스 및 데이터 구조 분석

ITS 서버가 제공하는 서비스에 따라 정보의 흐름과 시스템 요구 사항이 확연히 달라지기 때문에 데이터 유형분석은 중요하다. 예를 들어, 터널 내 교통상황 혹은 노면상태 정보와 같은 국지 교통정보 서비스는 해당 정보의 실시간 수집과 수집된 정보의 실시간 배포 수단의 확보가 중요하다. 또한 이들 정보가 단순한 정보 조회가 아니고 교통신호제어와 같은 목적을 가지고 있다면 신뢰도와 응답속도가 보장되어야 한다. 한편, 여행정보 제공 같은 부가통신 서비스는 외부 시스템과의 인터페이스가 중요하다. 따라서 ITS 서버 내의 서브시스템들이 동일한 구조를 가지는 것은 비효과적이며, 할당된 기능과 요구 사항에 따라 달라져야 한다. <표 3>은 각 서비스별로 분류된 인터페이스 구조 분석 내용을 보여주고 있다.

5.2 ITS 시스템 구성요소의 기능 구조 설계

DSRC 기반 ITS 통신망을 구성하는 시스템 요소인 차량단말기, 노변기지국 및 서버들은 위에서 정의된 인터페이스 요구를 충족시키도록 설계되어야 한다. 이들의 기능적 요구사항은 <표 4>와 같다.

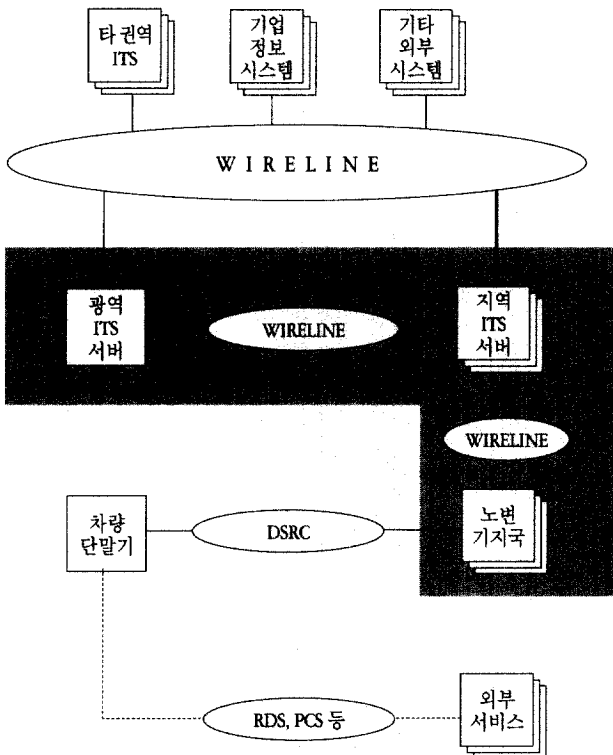


그림 3. DSRC 기반 ITS 통신망의 논리적 구조

표 3. 서비스별 인터페이스 구조 분석

분야	서비스	기지국-서버간 응답속도	서버간 프로세스와 데이터 유형		DB 관할서버	외부 시스템 연동
			프로세스	데이터		
첨단 교통관리	사고정보 수집	seconds	서버 간	서버 내부	지역	무
	사고정보 방송	minutes	서버 내부	서버 내부	지역	무
	트래픽정보 수집	milliseconds	서버 내부	서버 내부	지역	무
	트래픽정보 방송	seconds	서버 간	서버 내부	광역	무
	교통정보 방송	minutes	서버 간	서버 내부	광역	무
	차량관리	milliseconds	서버 간	서버 외부	광역	유
	자동요금징수	milliseconds	서버 간	서버 외부	광역	무
첨단 교통정보	교통정보 제공	milliseconds	서버 내부	서버 내부	지역	무
	도로정보 제공	seconds	서버 내부	서버 내부	지역	무
	노선정보 제공	seconds	서버 간	서버 내부	광역	무
	거리정보 제공	minutes	서버 간	서버 내부	광역	무
	경로 안내	minutes	서버 내부	서버 내부	광역	무
	여행정보 제공	minutes	서버 간	서버 외부	광역	유
	운전자정보 제공	minutes	서버 간	서버 외부	광역	유
첨단 대중교통	대중교통관리	seconds	서버 간	서버 내부	지역	유
첨단 화물운송	운행관리	minutes	서버 간	서버 외부	광역	유

표 4. DSRC 기반 ITS 통신망 구성 요소의 기능적 요구 사항

구성 요소	기능 요구 사항
차량 단말기	<ul style="list-style-type: none"> · 노변통신장치와 양방향 다중 통신 가능 (최대 1Mbps 전송 속도) · 다양한 차량 단말과 통신 I/F · DSRC 셀 진입시 고유 ID 송신 기능 · 차량 단말과 서비스 서버 사이를 투명하게 연결 · 실시간 서비스 제공 기능 · 다수의 기지국 접속 기능 (허브 기능) · 실시간 대규모 컴퓨터 망 연동 기능 · 기지국 운용 현황 모니터 기능 · 인터넷 망 접속 기능
노변 기지국	<ul style="list-style-type: none"> · 5.8GHz 대역 송수신 장치 · 무게 및 크기 : 간편 기지국 부착 가능(예: 가로등, 공중전화부스) · 모듈라 구조 : 향후 system upgrade 용이 (RF 모듈, 서버 접속) · LOS에서 최대 100m 통신 거리 확보 (BER<math>10^{-5}</math>) · 통신을 지원하는 차량 최고 속도 : 150km/h · 교통 정보 반복 전송을 위한 메모리 내장 · 자가 진단 및 보고 기능 · wireline 통신망 정합 기능 (예: 모뎀/ADSL/T1)
서버	<ul style="list-style-type: none"> · 실시간 서비스 제공 기능 · 다수의 기지국 접속 기능 (허브 기능) · wireline 통신망 정합 기능 (예: ADSL/T1/ATM) · 실시간 대규모 컴퓨터 망 연동 기능 · 기지국 운용 현황 모니터 기능 · 인터넷 망 접속 기능

6. ITS 통신망 구조

6.1 무선 통신망 구조

앞서 살펴본 바와 같이 DSRC 기반의 ITS 통신망은 크게 노변 기지국과 차량단말기간의 무선 가입자망과 노변기지국과 지역/광역 서버간의 유선 전달망으로 구분할 수 있다. 무선 가입자망은 정지 또는 주행 중인 차량단말기와 노변기지국의 5.8 GHz 대의 DSRC 무선통신을 위한 망으로 <그림 4>와 같이 복수 개의 차량단말에서 하나의 노변기지국으로 전파를 송수신

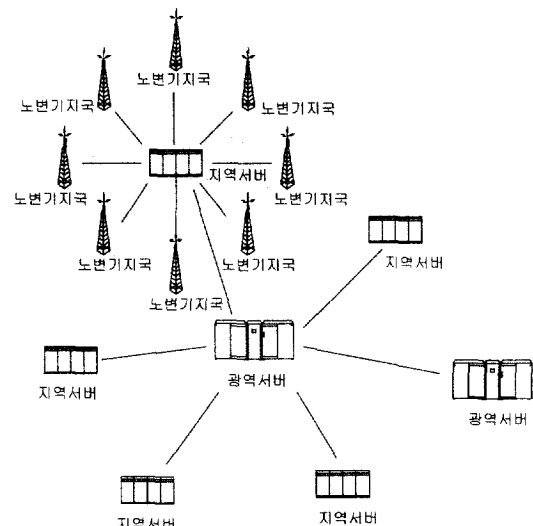


그림 4. 노변기지국-서버, 서버와 서버 간 통신망 구조.

하는 star형 망 구조를 갖게 된다.

노변기지국-차량단말기의 망 구성에 있어서 DSRC 기술적 표준안과 ITS 서비스 특성을 검토하면 개개의 서비스를 다음과 같이 공유와 그룹화(grouping)를 통한 채널 재사용(channel reuse)이 가능하도록 노변기지국-차량단말기 망을 구성할 수 있다.

- 서비스의 특성상 채널 공유에 문제없음: 몇 개의 그룹화를 통해 채널 공유 운영 가능.
 - 그룹1: 노선정보 제공 서비스, 거리정보 제공 서비스, 경로 안내 서비스
 - 그룹2: 여행정보 제공 서비스, 운전자정보 제공 서비스
 - 그룹3: 대중교통 관리 서비스, 운행 관리 서비스
- 운영간의 간섭을 방지하기 위해 독자 채널을 사용하여야 함.
 - 트래픽 정보 서비스
 - 교통정보 서비스
 - 차량관리 서비스
 - 자동요금 징수 서비스
- 그룹간에도 서비스의 지역적 요구 차이를 이용해 같은 채널을 사용함으로써 채널 이용을 극대화:
 - 여행정보 서비스와 대중교통관리 서비스 그룹은 같은 지역에서 서비스 발생 확률이 낮으므로 채널 공유 가능
 - 트래픽 정보 서비스와 자동 요금 징수 서비스는 같은 지역에서 서비스 요구가 있을 가능성 거의 없으므로 채널 공유 가능

따라서, 노변기지국-서버간에도 개개의 서비스 종류를 위해 모든 서비스가 전용 채널을 할당받기보다는 공유와 그룹화를 적절히 사용하여 채널 재사용이 가능하도록 통신망 구조가 설계되어야 최적화 될 수 있다. 그러나 본 연구의 구조 설계와 시뮬레이션을 통한 성능 분석에 이를 포함하기에는 차량단말기와 노변기지국간의 국내 무선 프로토콜의 구조 설계가 완성되지 않았기 때문에 채널 공유에 대한 구체적인 기능구조 설계 부분은 향후 네트워크 엔지니어링 과제로 남겨 둔다.

6.2 유선 통신망 구조

노변기지국과 지역/광역 서버간, 서버와 서버간은 유선 통신망으로 설계가 된다. 전 절에서 논의된 논리적 설계와 기능적 설계의 요구사항을 수용하여 유선 전달망을 이루는 네트워크인 access 전달망과 distribution 전달망은 <그림 4>에서 보듯이 전형적인 2계층의 hub-star 형 구조로 설계하였다.

서버간의 통신망 설계에 대해서는 미국의 경우에도 이에 대한 논의가 시작된 것은 극히 최근의 일이다(NEMA/NTCIP 1997, 1996). 현재까지의 논의에 의하면, NTCIP은 서버간 통신 규격으로 하위 레이어를 위해서는 TCP/UDP/IP 프로토콜 stack을, 상위 레이어를 위해서는 SNMP(Simple Network Management Protocol) 혹은 STMP(Simple Transportation Management Protocol)

를 권장하고 있다. 이외에도 다른 인터넷 계열의 응용 레이어 프로토콜(예: FTP)도 포함될 수 있다. 이러한 권장규격의 배경으로서는 이들 규격이 매우 다양한 매체와 전송속도를 지원하고, 관련 설비와 소프트웨어 역시 비교적 저렴하고 쉽게 확보할 수 있기 때문이다.

일반적인 정보시스템과는 달리 다양한 정보를 다양한 참여 주체가 공유하는 ITS 시스템의 경우, 서버간의 정보 유무 확인과 접근/획득 방법에 대한 별도의 규격이 필요하다고 NTCIP은 권장하고 있다. TCP/UDP/IP는 데이터가 어떻게 포맷되고 어떻게 전송될 지는 정의하나, 데이터의 내용에 대해서는 정의할 수 없기 때문에, NTCIP은 SNMP와 STMP에 MIB(Management Information Base)를 같이 채용하도록 논의하고 있다.

따라서, 현재 우리나라가 상정하는 모든 ITS 서비스를 제공하기 위해서 서버 간 통신구조의 가장 중요한 이슈는 SNMP/STMP상에서의 MIB 규격을 포함한 데이터 표준화에 관한 문제이다. NTCIP의 경우에도, 교통신호제어, 노변메시지 시스템(VMS) 등에 관한 규격은 정했으나, 서버간 통신규격에 대해서는 작업이 진행 중이며 확정된 것은 없다. 현재 국제표준으로는 ISO/Technical Committee 204 내의 WG(Work Group) 9와 16에서 표준화가 진행 중이다. WG 9는 교통정보의 기능과 데이터 세트에 관한 규격을, WG 16은 ITS에 적합한 WAN 프로토콜을 검토 중에 있다.

우리나라의 경우 역시 업계와 정부를 포함한 표준화 노력이 완료되지 않은 상황 하에서 국제표준 역시 미정이므로 한국의 고유 시스템으로 추진 방향을 정하는 것은 상당한 위험을 수반한다. 여기에서의 우회적인 방법의 예로 참고할 수 있는 것은 전술한 미국의 CVISN이다. CVISN은 경찰, 주 정부(세금, 통행료), 미국 및 캐나다 정부(통관), 민간기업 등이 참여한 CVO의 프로토타입으로 개발되었다. 이 시스템의 모든 서버간 통신은 ANSI X.12 EDI를 사용하고 있다(APL 1997). CVISN은 기본적으로 CVO 서비스를 주요 대상으로 하기 때문이기는 하지만 EDI의 표준관리 체계가 효과적으로 운영된다면 가장 손쉬운 인터페이스 수단이 될 수 있을 것이다. 물론 EDI를 채용하더라도 관련 서식의 표준화 문제는 여전히 남아 있으나 새로운 프로토콜 규격 채용보다는 쉬울 것이다.

따라서, 본 연구에서는 한국형 ITS 통신 네트워크와 서비스에 대한 요구분석을 통한 CSF(Critical Success Factor)를 도출하여 망 설계에 반영하였고(이성룡 외 2000), 노변기지국과 서버 간 그리고 서버와 서버 간 프로토콜은 기존의 유선 통신망을 구성하는 대안들에서 제공하는 표준 프로토콜을 중심으로 결정하였다. 연구에서 검토되었던 노변기지국과 서버 간, 그리고 서버와 서버 간을 구성하는 유선 통신망으로는 다음에 열거하는 대안들을 검토하였고, 이들 각각으로 유선망을 구성하였을 경우의 성능에 대해 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

○ 모델

현재 저속 데이터통신에 널리 이용되는 56Kbps 모뎀을 이

용하며, 노변기지국과 지역서버 사이의 통신망으로 적합하다. 문자위주의 서비스에 적합하며 현재 일반적으로 사용하는 공중망을 그대로 활용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 단 이때의 모델은 dial-up의 기능이 없이 항상 연결되어 있으며 digital-analog 변환 만 담당한다.

○ADSL

이 방식은 최대 8MB의 하향속도와 2MB의 상향속도를 가지는 ADSL을 이용하는 방식으로 교환 모드로 ATM25나 ATM/PPP를 이용하게 된다. 그러나 이 방식은 교환기(전화국)에서 일정거리 이상이 되면 속도의 보장이 힘들다는 단점을 가지고 있다. 또한 실제 서비스에서 이론적인 속도보다 아닌 56 Kbps의 상향속도와 256 kbps의 하향속도를 보인다.

○T1

T1을 이용하면 1.544 Mbps급의 전용선을 이용하여 유선 통신망을 구축하게 된다. 이는 노변기지국과 지역서버 사이의 통신망보다는 지역서버와 광역서버, 광역서버와 광역서버 사이의 통신망으로 적합하다.

○ATM

ATM은 53 byte의 작고 고정된 크기의 셀을 이용하는 비동기식 전달방식이다. ATM은 다양한 통신서비스와 멀티미디어 응용의 증대에 대비하여 가장 포괄적이고 통합적인 망 구조로 제안되었으며 VP(Virtual Path), VC(Virtual Channel)를 사용하여 효율적인 네트워크 구성을 도모하고 있다. 특히 52 Mbps~2.5 Gbps 범위 내에서는 물리적 전송속도의 제한만 받는 사용자 대역을 제공할 수 있으므로 ITS 통신망의 구성에서 현재 구상중인 대부분의 서비스를 수용할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 ATM의 경우 노변기지국에서 무선구간의 프로토콜에 의한 패킷을 다시 ATM Cell로 바꾸어 주어야 하기 때문에, 부하가 크며 가장 비용이 많이 드는 통신망 구조가 될 전망이다.

7. 통신망 설계 대안 검증을 위한 시뮬레이션

본 연구에서는 위에서 설계된 DSRC 기반 ITS 통신망 구조의 성능을 <그림 4>에서 설명된 hub-star 형태를 기본으로 하여 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 노변기지국의 인터페이스로써는 5.8 GHz 무선망, 그리고 처리 시스템에서는 지역 서버와 광역 서버 사이의 이질적인 종류의 유선 망으로 이루어진 여러 형태의 ITS 서비스 망 구조에 대해 분석하였는데, ITS 서비스의 분류와 데이터 용량에 따른 트래픽 형태, 그리고 각 망 종류의 처리 능력에 대해서 각각 성능 분석을 수행하였다.

7.1 시뮬레이션 모델링 및 도구

DSRC망의 유선 통신망 구성으로 모델, ADSL, T1, ATM 등을 고려하여, 노변기지국-지역서버 간 통신방식과 서버-서버 간

통신망의 구성을 달리한 여러 경우에 대하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 다양한 크기의 패킷들이 혼합되어 들어오는 망에 대해 확률적 이벤트 시뮬레이션을 통한 성능분석 및 검증을 수행하였다.

시뮬레이션 모델은 서울 및 수도권 지역의 ITS 서비스를 제공하기 위한 것을 기본으로 하나, 수도권의 3000여 개 노변기지국의 수를 모두 고려하는 것은 시뮬레이션을 수행하는 플랫폼의 계산학적 성능한계를 초과하므로 1개의 지역서버가 4개, 8개, 16개의 노변기지국을 관장하는 것을 시뮬레이션하고 중앙서버는 복수개의 지역서버에 대한 시간 공유(time sharing)를 하는 것으로 가정하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 도구로는 OPNET Modeler를 이용하였으며, 시뮬레이션의 수행과정을 간략하게 표현하면 <그림 5>와 같다.

7.2 시뮬레이션 대상 환경

DSRC 망 통신방식의 성능을 검증하기 위하여 수도권 중 가장 DSRC 수요가 크고 교통 혼잡도가 큰 서울의 강남구 지역을 대상으로 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 시간으로는 가장 혼잡한 퇴근시간 (17:30~19:30)에 대하여 시뮬레이션을 수행하였는데, 차량의 도착은 우회전차량, 직진차량, 좌회전차량(좌회전신호 존재시)으로 가정하고 각각에 대해 입력값을 달리하여 도착 차량을 생성하였다.

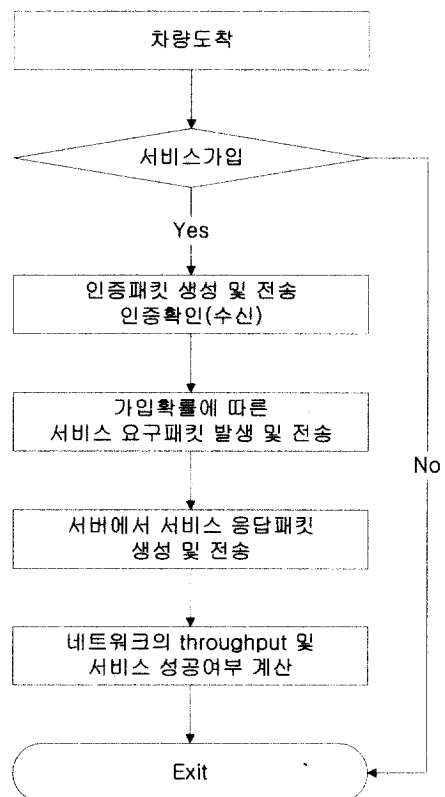


그림 5. 시뮬레이션 수행 과정.

DSRC 망 설계/검증 및 성능분석을 위한 시뮬레이션 모델의 입력값은 ① 각 차량의 도착간격 분포, ② 차량의 서비스 가입율, ③ 노변기지국 영역에 들어갈 수 있는 최대 차량의 수, ④ 차량이 노변기지국 영역에 들어와서 빠져나가는 데 까지 걸리는 시간, ⑤ 각 서비스별 발생확률, ⑥ 패킷의 크기, 및 ⑦ 서비스 성공을 결정하는 기준시간 등이다.

7.3 시뮬레이션 결과

통신망의 성능을 측정하기 위한 척도로 요구한 서비스에 대한 인증 성공 확률 및 서비스 성공 확률, 그리고 단위시간당 throughput을 비교하였다. 인증 성공 확률은 차량이 도착하여 인증 요구를 하고 이에 대한 응답을 받았을 경우의 확률이고, 서비스 성공 확률은 인증을 받은 차량이 서비스를 요구하였을 경우에 대한 성공 확률이다. Throughput은 단위시간 당 모든 링크에 흘러간 총 패킷의 양을 의미하며, 각 링크에 흐른 패킷의 양을 모두 더하여 시뮬레이션 수행시간으로 나눈 값으로 정했다.

시뮬레이션의 결과 노변기지국과 지역서버간에는 T1라인으로 충분한 패킷전송을 할 수 있었으며, 8개 이상의 노변 장치가 한 지역 서버에 묶이게 되면, 광역 서버와 지역 서버간에는 52 Mbps ATM이 적당한 것으로 나타났다. 하나의 지역 서버에 연결되어지는 노변기지국의 수 등은 시뮬레이션에서 설정한 환경에 밀접한 관계가 있으므로 제안된 ITS 통신망을 실제 구축을 위해 검토할 경우에는 제안된 논리적 망 설계를 기본으로 하여 실제 환경에 적합한 환경 변수를 모델링 하여 시뮬레이션 할 필요성이 있다. 본 연구에서 설계되어진 DSRC 기반 ITS 통신망 구조에 대한 모델링 및 성능 검증에 대한 자세한 내용은 시뮬레이션 부분을 상세히 다룬 논문(이희상 외 2000)에 제시되어 있다.

8. 결론

본 논문에서는 DSRC를 기반으로 하는 ITS 통신망 구조에 대한 연구 내용을 다루었다. ITS 통신망과 같이 규모가 큰 시스템을 총체적인 관점에서 설계하기 위한 ISCNA 준거모형(framework)을 사용하여 통신망 구조를 정립하였다. 우선 우리나라에서 필요로 하는 ITS서비스에 대한 요구 분석을 하였고, 이를 기반으로 시스템 및 인터페이스의 구조를 정의하였다. 구조 정의에는 통신망의 논리적 구조와 기능 구조가 포함되는데, ITS 서버 시스템간과 서버와 기지국간의 프로세스와 데이터 유형을 분석하고 이들의 서버간 정보교환 유형을 분석하였다. 이러한 구조 정의를 바탕으로 ITS 통신망을 정립하였고, 제안된 통신망 구조를 시뮬레이션을 통해 검증한 내용을 요약하였다.

DSRC는 저출력의 양방향 통신 특성을 갖고 ITS가 제공하는 대부분의 서비스에 다양하게 적용될 수 있으므로 효과적인 ITS의 구축과 빠른 확산을 위해 필수적인 기술로 간주되고 있

다. 본 연구는 DSRC를 기반으로 우리나라의 환경에 적합한 ITS 통신망 구조에 대해 다루고 있으므로 향후 국내에서 국가적 기간 인프라로 개발되고 있는 ITS 사업의 성공적인 수행을 위한 체계적인 연구와 분석의 준거모형으로 참조될 수 있다고 여겨진다. 또한 국내 ITS 통신망 구축을 위한 체계적이며 효율적인 통신망 구축 방안 수립에 활용될 수 있기를 기대한다.

그러나 본문에서도 밝힌 바와 같이, 이러한 통신망 구조는 현재 여러 국가와 기관에서 연구 진행 중인 시스템 구성 요소 간 통신 프로토콜의 표준화, 전송 기술의 변화 등에 직접적인 영향을 받으므로 변화되는 환경에 적응하기 위한 통신망의 기본적인 엔지니어링 고려 사항과 실제 구축에서 반드시 고려해야 할 기술 외적 요인 등은 계속 연구되어야 할 과제로 남는다.

참고문헌

- 건설교통부(1997), 지능형 교통시스템 기본계획.
 교통개발연구원, 한국전기통신공사(1997), 첨단화물운송시스템 (CVO) 기본설계 최종보고서.
 이희상, 김윤배, 박진수, 이성룡, 최경일 (2000), 지능형 교통시스템을 위한 수도권 지역에 대한 DSRC 통신망 시뮬레이션 연구, *한국시뮬레이션학회지*, 9(2), 103-118.
 이성룡, 최경일, 이희상(2000), 한국형 ITS 통신망 구조 정립을 위한 요구분석, *정보산업공학회논문집*, 4, 288-302.
 Applied Physics Laboratory (1997), Commercial Vehicle Information Systems and Networks (CVISN) Architecture, *The Johns Hopkins University, Unpublished Technical Report*.
 ITS America (1997), DSRC Status Report.
 Jurgen, R. (1995), The electronic motorist, *IEEE Spectrum*, 37-48.
 Mosley, G. and Ristow, R. (1996), NTCIP White Paper: Center-to-Center Communications, *Web Document, NTCIP*.
 NTCIP Joint Steering Committee (1997), NTCIP Guide.
 NTCIP Joint Steering Committee (1996), NTCIP: A family of protocols.
 NEMA (1996), National transportation communications for ITS protocol: Overview.
 NEMA (1996), National transportation communications for ITS protocol: *STMF*.
 NEMA (1996), National transportation communications for ITS protocol: Global object definitions.
 NEMA (1997), National transportation communications for ITS protocol: Class A, B, C, E profiles.
 Sato, Ken-Ici (1996), Advances in transport network technologies, photonic networks, ATM, and SDH, Artech House.
 Shladover, S. E. et al. (1991), Automatic Vehicular control developments in the PATH program, *IEEE Trans. Vehicular Technology*, 114-130.
 US Department of Transportation (1996), ITS Standard Program: 1996 Status Report.
 Uramaphethai, N. and Ghosh, S. (1998), Dica: A distributed architecture for intelligent transportation, *IEEE Computer*, 78-84.
 Von Aulock, W. H. (1994), Smart cars may not be smart, *IEEE Trans. Vehicular Technology*, 17-18.
 Von Tomkewitsch, R. (1991), Dynamic route guidance and interactive transport management with ALI-SCOUT, *IEEE Trans. Vehicular Technology*, 45-50, Feb.
 Wu, Tong H. (1992), Fiber Network Survivability, Artech House.
 Yoshikai, N. (1998), Reliable communication network for ITS, *DRCN 98 workshop*, IL5, 1-5.