



자동차 통신기술의 현황과 전망

최민음·김성우·서승우(서울대학교)

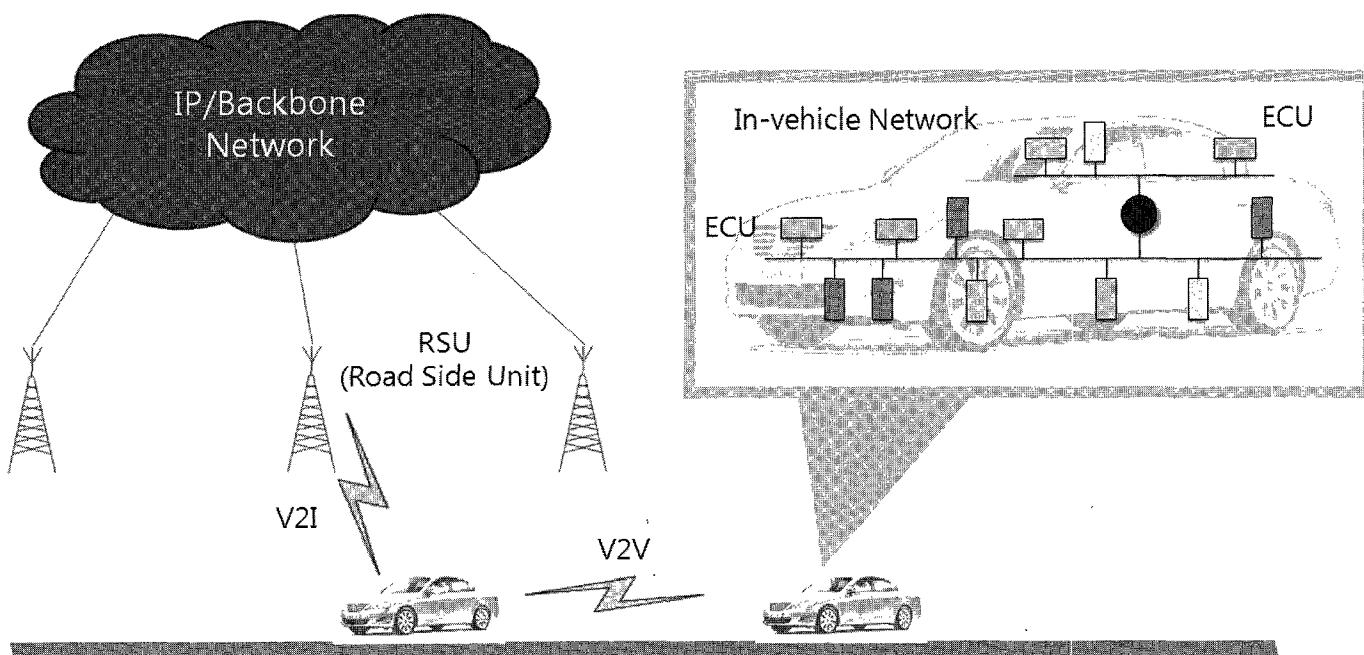
I. 서 론

자동차 산업은 2008년 한국 수출총액의 약 8.3%를 차지하는 등 국민경제 전반에 미치는 영향이 매우 큰 국가기간산업이다. 국내 자동차 업체들은 수요감소, 공급 과잉 및 R&D 비용증가 등 의 어려움 속에서도 효율적이고 차별성을 지닌 새로운 자동차 개발을 위해 적극 노력하고 있다. 자동차 기술은 주로 안전과 운전 편의를 증대시키기 위한 목적으로 개발되어 왔으나 최근에는 하이브리드 자동차, 연료전지 자동차 등 친환경 자동차의 상용화가 가속화되면서 이들 목표를 동시에 달성할 수 있는 미래 지능형 자동차를 목표로 개발되고 있다.

미래 지능형 자동차는 단순한 운송 수단으로서의 역할을 넘어 안전하고 편리한 이동 정보 공간 제공을 지향하고 있다. 미래 지능형 자동차는 인간 지각 능력의 한계를 넘어, 자동차가 스스로 기상 여건, 노면 상태 등 외부 위험을 감지하고 능동적으로 탑승자의 안전을 보장해야 한다. 또한 고장 등 위급 상황에서도 정상적 작동이 가능한 신뢰성 있는 운전 환경을 제공해야 한다. 그러나 기존의 차량안전 확보방식은 브레이크와 타이어

의 성능향상과 사고발생 직후 운전자의 부상을 최소화하기 위한 차체 설계 및 에어백 시스템에 초점이 맞춰져 있어 사고 발생시 인명 피해를 최소화할 수는 있으나, 사고의 발생확률을 근본적으로 낮추는 데에는 기여하지 못하는 한계를 지니고 있다는 데에 그 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 정보통신(IT) 및 전자기술이 요구되면서 최근 관련 연구개발의 필요성이 증가하고 있다. 자동차 생산원가의 추이를 살펴 보면 IT 및 전자 부분의 비중이 2014년 50%로 증가될 것으로 전망되는 등 미래 자동차에 있어서 IT 및 전자기술의 중요성이 점차 증가하고 있음을 알 수 있다. 특히 안전성 제고를 위한 센서 기술, 통신 기술 및 제어 기술들은 미래 지능형 자동차의 성능 제고를 위한 핵심 기술로 범세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다.

현재 자동차 내부의 편의, 안전, 멀티미디어 시스템에서 동력전달을 담당하는 파워트레인에 이르는 다양한 서브시스템은 다수의 전자제어장치(ECU: Electronic Control Unit)를 통해 제어되고 있다. 그러나 미래 지능형 자동차의 경우에는 이보다 더 많은 IT 및 전자기술이 요구된다. 안전성 제고 관련 시스템 중 하나인 능동 충



〈그림 1〉 차량 내부 네트워크와 차량 외부 네트워크

돌방지 시스템의 경우, 기존의 수동적 안전 확보 방식 한계를 극복하기 위해 차량 주변의 환경뿐만 아니라, 주변 차량의 속도와 위치를 감지하고 브레이크, 에어백, 안전벨트 시스템 등을 자동으로 제어하기 위한 전자제어장치가 요구되고 있다. 자동차에 요구되는 이러한 전자제어장치의 수와 제어 신호량이 급격히 증가하면서, 차량 내부의 통신복잡도와 통신 연결선의 부피 역시 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 통신복잡도와 통신연결선 부피의 감소를 위해 현재 차량 내부에는 CAN, LIN, FlexRay와 같은 제어 네트워크 기술이 적용되고 있는데, 점차 전자제어기기의 수가 증가함에 따라 이러한 제어 네트워크의 비중 역시 크게 확대되고 있는 상황이다.

반면 미래 지능형 자동차를 위한 통신기술로 차량 내부 네트워크 기술과 더불어 차량 외부 네트워크 기술에 대한 필요성도 크게 부각되고 있다. 차량간(V2V: Vehicle to Vehicle), 혹은 차량-인프라간(V2I: Vehicle to Infrastructure) 통신의 형태로 이루어지는 차량 외부 네트워크는 주변 차량환경 정보 및 안전메시지교환을 가-

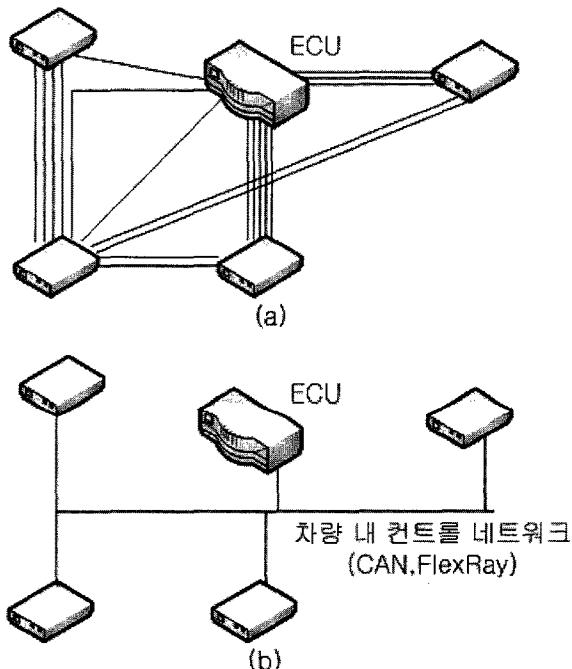
능케 함으로서 보다 광범위하고 정확한 상황 정보를 기반으로 하는 고안전 차량 주행환경을 제공한다. 이러한 차량 안전메시지 통신은 향후 지능형 운동안전 시스템과 연계되어 극도로 높은 차량 안전성을 제공하는 데에 응용될 것으로 전망된다. 차량 외부 통신 네트워크 분야에서는 대표적 무선통신 기술인 IEEE 802.11p와 이를 기반으로 통신하는 차량간 통신(VANET: Vehicle Ad-hoc Network), 자연허용 네트워크(DTN: Delay Tolerant Network) 등의 기술 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 차량 외부 통신환경의 실질적 구현을 위해서는 차량 통신인프라 구축과 관련 서비스 및 사업 모델 개발과 같은 노력이 필요하고, 통신기술 상용화 이후에도 통신 성능개선을 위한 연구는 지속적으로 진행되어야 한다.

본 기고에서는 미래 지능형 자동차에 요구되는 차량 내부 통신기술과 차량 외부 통신기술, 그리고 관련 연구 이슈에 대해 살펴보고, 관련 응용 서비스와 차량 통신기술의 향후 전망 대해 설명하고자 한다. II장에서는 차량 내부 통신기술을

소개하고, III장에서는 차량 외부 통신기술에 대해서 소개한다. IV장에서는 차량 통신기술 관련 이슈에 대해 설명하고, V장에서는 관련 응용서비스 모델에 대하여 다룬다. 마지막으로 VI장에서는 향후 자동차 통신기술에 대한 전망을 논의한다.

II. 차량 내부 통신기술

다양한 서브시스템의 제어를 위하여 장착되는 전자제어장치(ECU)의 수가 크게 증가함에 따라 전자제어장치간의 제어 신호량도 급격히 증가하고 있다. 이에 따라 요구되는 통신연결선의 무게와 설치비용이 크게 증가하였고, 전자제어장치간의 통신복잡도 역시 기하급수적으로 늘어났다. 차량 내부 네트워크 기술은 이러한 통신복잡도 및 연결비용을 크게 줄임과 동시에 비교적 정확한 제어환경을 제공하기 때문에 자동차 내에서 차지하는 비중이 점차 증가하고 있다 <그림 2>. 차량내 네트워크는 현재 차량 계기판(dash board), 편의 기능(body and comfort electronics), 그리고 파워트레인(powertrain) 등과 같은 여러 서브시스템에 적용되고 있다. 차량내 네트워크에는 대표적으로 제어메시지 통신을 위한 CAN, LIN, FlexRay 기술과 멀티미디어 통신을 위한 MOST가 있다. CAN은 주로 계기판, 파워트레인과 같이 빠른 응답시간을 요구하는 제어 통신에 사용되며, LIN은 주로 차량 내부의 편의기능 제공 시스템(body and comfort subsystem)에 적용되고 있다. FlexRay는 CAN, LIN보다 더 높은 통신신뢰도와 더 빠른 메시지 전송속도를 보장하기 위한 고가의 네트워크로서 CAN, LIN의 적용범위뿐만 아니라 기준에 구현되지 못했던 X-by-wire의 구현도 가능케 하기위한 목적



<그림 2> (a) 차량 내부 네트워크가 없는 경우
(b) 차량 내부 네트워크로 구성된 경우

으로 개발되었다. MOST는 이러한 제어 네트워크와는 달리 멀티미디어 통신만을 위한 광통신 기반의 네트워크 기술이다. 이번 장에서는 이러한 차량 내부 네트워크에 대해서 자세히 설명하도록 하겠다.

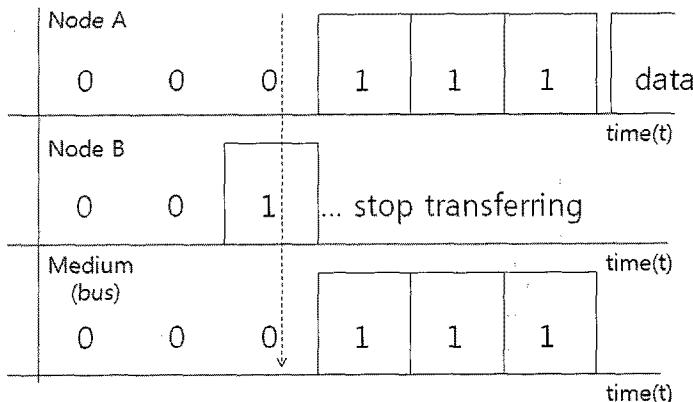
1. CAN (Controller Area Networks)

CAN 통신은 메시지 기반의 프로토콜을 통해 다중 마스터 직렬 버스 네트워크 통신을 제공한다. 1983년에 Bosch사에 의해 내부적으로 처음 개발이 시작되어 86년에 공식적으로 통신 프로토콜이 발표되었고, 91년에는 CAN 2.0 스펙이 지정되었으며, 현재 ISO 11898- 1~5 표준으로 정의되어 있다. 차량에 CAN통신을 적용하는 경우에 기술 권리 비용을 따로 지불할 필요가 없고, 오랜 기간 실제 차량에 탑재되어 사용되어 어느 정도 검증된 기술이라는 강점을 지니고 있어서 현재 차량 내부 네트워크로 가장 널리 쓰이고 있다. 그 종류도 다양하여 저속(혹은 통신실패극

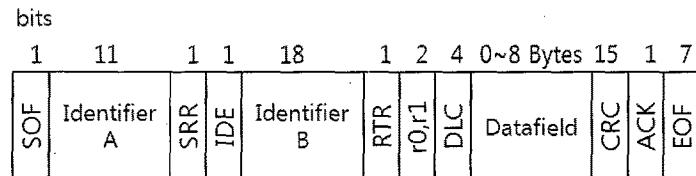
복: fault tolerance CAN, 고속 CAN, TT-CAN (Time-Triggered-CAN)뿐만 아니라 트럭, 농기구와 같은 특수 목적 차량을 위한 CAN통신도 정의되어 있다.

CAN에서는 모든 노드가 마스터로서의 역할을 수행한다. 이러한 다중 마스터 통신방식에서 발생할 수 있는 전송 메시지의 충돌 방지를 위해 CAN 프로토콜에서는 메시지 우선순위 기반의 충돌회피 방식을 사용한다. CAN 통신환경에서 메시지 우선순위의 판별이 가능한 것은 CAN의 모든 노드들이 자가 동기화 기능을 갖추고 있고, CAN 버스 위에 보내지는 모든 신호를 감지할 수 있기 때문이다. <그림 4>을 보면 모든 CAN 프레임은 고유의 ID를 지니고 있음을 알 수 있는데, 이는 메시지의 전송/수신 노드를 가리키는 목적 뿐만 아니라 낮은 ID값을 지닌 메시지가 높은 우선순위를 가지고 전송되도록 하는 목적을 위해 사용된다.

<그림 3>를 이용하여, A, B의 노드가 각각 000111, 001100의 ID를 지닌 메시지를 동시에 전송하려고 시도하는 예를 생각해보자, 일단 두 노드는 정해진 동기에 맞춰 메시지 ID를 앞부분부터 비트단위로 전송하기 시작한다. 첫 번째, 두 번째, 비트 전송까지는 두 노드 모두 0의 값을 전송하기 때문에 자신의 메시지보다 낮은 ID값을



<그림 3> CAN 메시지 ID 비교과정의 예



<그림 4> CAN 메시지 프레임 (CAN 2.0B)

지난 메시지의 전송을 감지하지 못한다. 그러나 세 번째 비트전송 때에 노드 A는 0의 값을, 노드 B는 1의 값을 전송하기 때문에 노드 B는 CAN 버스 위의 0값을 인지하고 현재 전송 시도를 중지하고 다음 전송 기회를 기다린다. 그러나 노드 A는 B의 전송시도 여부를 알아채지 못한다. 이후 ID 전송기간이 끝날 때 까지 노드 A가 자신의 메시지보다 낮은 ID를 지난 메시지의 전송을 감지하지 못하면, 노드 A는 자신이 보낼 메시지의 ID가 최소임을 알고, 해당 메시지를 잇달아 전송하게 된다. CAN 메시지 프레임 중 주요 부분은 다음에 설명되어 있다 <그림 4>.

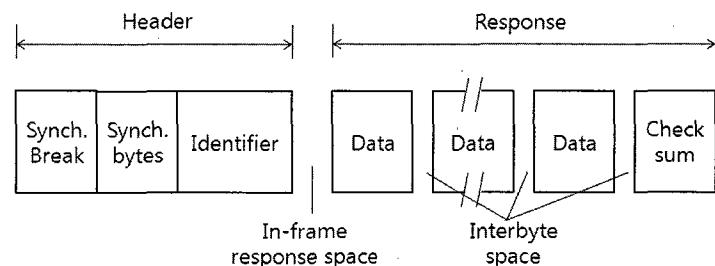
- Start-of-frame(SOF): 프레임 전송의 시작을 알린다.
- Identifier A: 데이터의 목적에 따라 사전에 정의되며, 해당 메시지의 전송/수신 노드 주소를 대신한다. 또한 낮은 ID 값이 높은 우선순위를 지니게 함으로써 메시지 충돌을 피할 수 있도록 한다.
- Identifier B: CAN2.0A에서는 정의되지 않으나 CAN2.0B에서는 보다 많은 ID를 제공하기 위해 확장 ID 부분인 Identifier B를 정의한다.
- Data length code (DLC): 전송되는 데이터의 바이트 수이다.
- ACK: 수신노드가 데이터 수신의 성공여부를 0(성공) 또는 1(실패)의 1비트 숫자로 알리는 부분이다.

- End-of-frame (EOF): 프레임의 끝을 알리는 7비트의 1로 (1111111) 이루어진 부분이다.

2. LIN (Local Interconnect Network)

LIN 통신은 저가의 시리얼 버스 통신 프로토콜로서 90년대 후반에 LIN 컨소시움이 설립된 이후 본격적인 개발이 시작되어, 2002년에 차량에 적용된 LIN 버전 1.3 스펙이 발표되었고, 2003년에는 LIN 진단요소 및 진단 인터페이스가 정의된 LIN 버전 2.0이 발표되었다. LIN은 LIN/CAN 게이트웨이를 통해 CAN과 상호 통신이 가능하며, 주로 CAN의 하위 네트워크 형태로 연결되어 있다. 현재 주로 차량 내부의 편의기능 제공 서브시스템(body and comfort subsystem)에 적용되고 있다.

LIN의 물리 계층은 단일 와이어로 구성되어 있어 전자 방해 (EMI: ElectroMagnetic Interference)의 영향을 많이 받기 때문에 최대 20 kbps의 저속 통신을 제공한다. LIN은 CAN과는 달리 기본적으로 특정 마스터(master) 노드가 여러 슬레이브(slave) 노드의 통신을 결정하는 마스터-슬레이브 방식의 통신 프로토콜을 사용한다. LIN 마스터는 메시지들의 우선순위와 순서를 결정하고 전송될 메시지의 종류와 시간을 결정한다. 또한 마스터는 LIN 버스를 통하여 교환되는 데이터를 감시하고 오류조정기능(error handler)을 제어하며, LIN 통신의 동기화를 위한 클락 레퍼런스(reference of clock)를 슬레이브 노드에 제공한다. 마스터는 단순 마스터의 기능뿐만 아니라 슬레이브의 역할도 수행할 수도 있다. 단일 LIN에는 최대 16개의 슬레이브가 연결될 수 있으며, 슬레이브들은 마스터로부터 보내진 LIN



〈그림 5〉 LIN 메시지 프레임

프레임에 지정된 전송가능 메시지의 ID 및 전송 시간에 따라 데이터를 송수신하게 된다.

LIN 메시지 프레임은 크게 마스터에 의해 보내지는 헤더(header)와 슬레이브에 의해 보내지는 응답(response) 부분으로 이루어져 있다. LIN 메시지 프레임의 주요 부분에 대한 설명은 다음과 같다 <그림 5>.

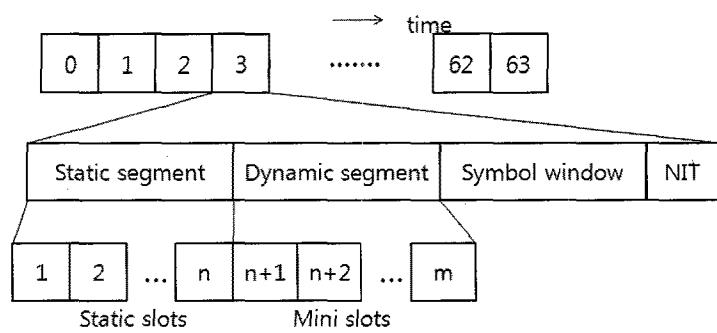
- Synchronization break: 13비트(bits)의 길이를 가지며, 메시지 프레임의 시작을 나타낸다.
- Synchronization byte: 동기화를 위한 특정 비트패턴으로 이루어진다. 이 비트패턴을 통해 슬레이브들은 마스터의 클락과 동기화를 수행할 수 있다.
- Identifier byte: 슬레이브가 송수신할 메시지의 목적에 따라 종류별로 할당된 메시지 ID로 구성된다. 6비트의 ID와 2비트의 패리티(parity) 비트로 이루어지기 때문에 64개 까지의 ID가 단일 LIN에 할당 될 수 있다.

3. FlexRay

향후 미래형 자동차에는 서브시스템의 경량화와 제어의 정확성의 향상을 위해 기존의 기계식으로 구동되었던 부분을 전자식으로 대체하는 X-by-wire 기술의 도입이 요구되고 있다. 그

러나 기존의 CAN, LIN과 같은 제어 네트워크는 X-by-wire와 같은 차량 안전관련 시스템에는 적합하지 않은 점들을 지니고 있다. LIN의 경우 전송속도가 최대 20 kbps로 매우 느려 많은 정보량을 빠른 시간 내에 전달하는 데에 큰 문제점이 있고, CAN의 경우에는 전송속도가 최대 1 Mbps로 빠른 편이나 점점 늘어나는 요구 데이터를 모두 수용하는 데에 한계를 보일 뿐 아니라, 메시지 전송 대기시간을 포함하는 전송시간의 불확실성으로 인해 예측 가능한 전송시간을 요구하는 X-by-wire 기술에 적용되기에는 무리가 있다. 이러한 문제를 극복하여 X-by-wire를 구현하고, 나아가 기존의 네트워크를 대체할 목적으로 개발된 네트워크 기술이 바로 FlexRay이다. FlexRay는 CAN, LIN을 이용해 구현된 서브시스템뿐만 아니라 안전관련 서브시스템이나 향상된 파워트레인 시스템에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

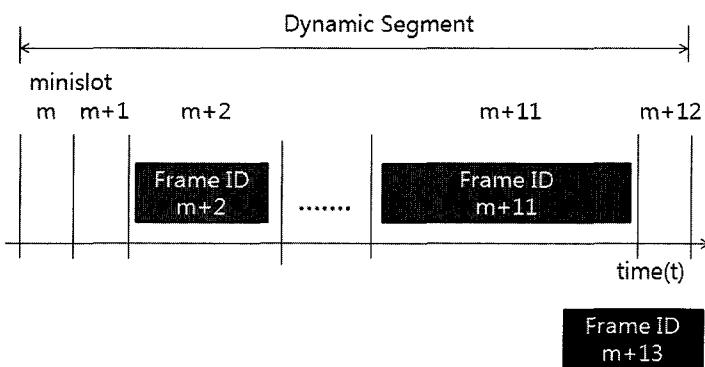
FlexRay는 10 Mbps의 통신채널 두개를 제공하여 최대 20 Mbps의 고속통신환경을 제공할 수 있으며, CAN과 같은 분산형 통신 네트워크를 지원한다. 그러나 CAN과는 달리 FlexRay는 분할된 시간슬롯(time-slot)에 사전 결정적으로 할당된 데이터를 전송하여 예측 가능한 메시지 전송 시간을 보장하는 타임 트리거링(time triggering) 방식과 우선순위에 따라 데이터를 전송하는 이벤트 트리거링(event triggering) 방식을 모두 사용한다는 특징을 지니고 있다. 이 두 가지 트리거링 방식은 <그림 6>에서 볼 수 있듯이 반복되는 사이클을 통해 주기적으로 이루어진다. 각 사이클에 대한 설명은 다음과 같다 <그림 6>. 정적 세그먼트 (static segment)에는 타임 트리거링 방식인 TDMA (Time Division Multiple Access) 방식이 사용된다. 각 시간슬롯에 할당될 메시지



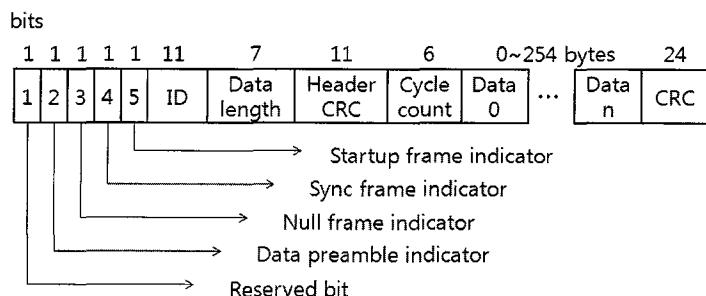
<그림 6> FlexRay 통신 사이클

는 전자제어장치와 네트워크를 연결하는 네트워크 디자인 과정에서 정의된다. 정적세그먼트에서 보내지는 메시지의 전송시간은 사전 결정적으로 예측이 가능하기 때문에 안전과 직결되어 국도의 예측 가능한 전송시간을 요구하는 X-by-wire와 같은 서브시스템에 적합하다고 할 수 있다.

정적세그먼트 이후에 연달아 이어지는 동적세그먼트(dynamic segment)는 이벤트 트리거링 방식이 적용되는 부분으로서 높은 우선순위의 메시지가 우선적으로 전송된다. 여러 개의 미니슬롯(mini slot)으로 구성되어 있어, 해당 미니슬롯에 해당하는 ID를 가진 메시지 프레임이 전송된다. 그러나 FlexRay 정적세그먼트의 시간슬롯이 그 길이가 고정되어 있는 것과는 달리 동적세그먼트의 미니슬롯은 해당 미니슬롯에 메시지가 전송될 경우 그 길이가 늘어날 수 있다. 예를 들어 <그림 7>과 같이 동적세그먼트에 ID가 m+2, m+11, m+13인 메시지 프레임의 전송이 시도되는 경우 해당 미니슬롯의 길이는 프레임의 전송시간에 맞춰지게 된다. 그러나 ID=m+13 메시지와 같이 우선순위가 낮은 메시지가 남은 동적세그먼트 시간 내에 전송이 불가능한 경우, 다음 동적세그먼트에 해당 메시지의 재전송이 이루어진다. 그러나 최악의 경우 특정 메시지의 전송이 이루어지지 않는 경우가 발생할 수 있



〈그림 7〉 FlexRay 동적세그먼트에서의 메시지 전송의 예



〈그림 8〉 FlexRay 메시지 프레임; Data preamble indicator의 값에 따라 정적세그먼트의 프레임과 동적세그먼트의 프레임의 메시지로 구분된다.

기 때문에 최악의 경우를 방지할 수 있는 네트워크 디자인 과정이 요구된다.

4. MOST (Media oriented systems trans port)

MOST는 비디오 디스플레이, GPS네비게이션, 스피커, 디지털 라디오 등의 멀티미디어 및 인포테인먼트 (multimedia and infotainment) 장치간의 통신 연결을 위한 차량내 광기반 네트워크이다. MOST는 최대 25Mbps의 통신속도를 제공하며 향후 150 Mbps까지 지원될 예정이다. 주로 링 토플로지(ring topology)로 구성되며, 최대 64개의 장치 연결과 플러그 앤 플레이 (plug-and-play)를 지원한다. 2001년 자동차에 첫 적용된 이후 현재 50개 이상의 차종에 적

용되고 있다.

기본적으로 MOST는 동기화를 위해 마스터/슬레이브 방식을 사용한다. 동기화는 마스터 (timing master)는 동기화된 클락과 연속적 데이터 신호를 네트워크에 보내고, 슬레이브(timing slave)는 보내진 프리앰블(preamble)이나 패킷헤더(packet header)을 통해 마스터 와 동기를 맞추게 된다.

III. 차량 외부 통신기술

차량 외부 통신관련 표준으로는 대표적으로 WAVE (Wireless Access Vehicle Environment) 와 WAVE의 물리계층으로 정의된 IEEE 802.11p, 그리고 CALM(Continuous Access for Land Mobiles)을 들 수 있다. WAVE는 IEEE 802.11p 기반의 통신기술 개발을 통해, CALM은 셀룰러, 인공위성 등 이종 통신기술의 연계를 통해, 궁극적으로 지능형 교통시스템 및 차량용 통신환경 구축을 추구한다는 점에 있어서 두 기술은 그 맥락을 서로 같아한다고 할 수 있다. 이번 장에서는 이러한 차량 외부 통신관련 표준 기술에 대하여 간략히 정리한다.

1. WAVE (Wireless Access Vehicle Environment)

WAVE는 차량 안전, 교통 상황관리 및 데이터 교환 서비스를 제공하는 지능형 교통시스템(ITS: Intelligent Transportation System)을 위한 차량 외부 통신기술이다. IEEE 802.11p 통신 표준 방식을 바탕으로 정의되며 5.850~5.925 GHz의 통신대역에서 직교주파수 분할다중방식

(OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술을 적용하여, 6~27 Mbit/s의 통신 속도를 보장한다^[1]. WAVE 통신 표준은 다음과 같이 구성되어 있다.

- IEEE 1609.1, Resource Manager
WAVE 시스템 아키텍쳐의 핵심 요소와 데이터 흐름에 대한 정의가 기술되어 있고, 명령메시지 형식과 데이터 저장 방식이 정의되어 있다. 또한 차량탑재 통신장치(OBU: On Board Units)에 의해 지원될 수 있는 기기의 종류에 대해 기술되어 있다.
- IEEE 1609.2, Security Services for Applications and Management Messages
보안메시지 형식과 프로토콜이 정의되어 있고, 보안메시지가 전송되어야 하는 상황에 대해서 기술되어 있다.
- IEEE 1609.3, IP Networking Services, WSMP(WAVE Short Messages Protocol)
패킷(packet)의 어드레싱(addressing)과 라우팅(routing)을 포함하는 네트워크/전송 계층 서비스와 보안 WAVE 데이터의 전송을 정의한다. 또한 응용계층과 MAC (Medium Access Control) 계층 간의 효율적인 WAVE

안전관련 메시지 교환을 위한 안전관련 메시지 프로토콜(WSMP)이 정의되어 있고, WAVE 프로토콜 스택을 위한 기본운영정보(MIB: Management Information Base)가 정의되어 있다.

- IEEE 1609.4, Multi-channel Operation
WAVE를 지원하기 위한 802.11의 MAC계층 성능향상을 목적으로 하는 다채널운영 기술이 정의되어 있다.
- IEEE 802.11p기반의 물리계층이 정의되어 있다.

2. IEEE 802.11p

IEEE 802.11p는 기존의 802.11기술과 거의 동일하나 802.11p의 물리계층은 빠른 차량 속도 환경에 적합하도록 새롭게 정의되어 기존의 802.11 기술의 물리계층과 약간의 차이가 존재한다. 따라서 본 장에서는 주로 기존의 802.11a와 802.11p의 차이점에 대해서 간략히 설명한다.

IEEE802.11-2007 표준에서는 20 MHz, 10 MHz, 그리고 5 MHz의 세가지 물리계층 모드에 대해서 정의하고 있는데, 이러한 모드는 클럭/샘플링 횟수(clock/sample rate)에 따라 결

〈표 1〉 IEEE 802.11a와 p의 물리계층 파라미터 비교

Parameter	802.11a	802.11p half clocked mode
Bit rate(Mbit/s)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27
Modulation mode	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Code rate	1/2, 2/3, 3/4	1/2, 2/3, 3/4
Number of subcarriers	52	52
Symbol duration	4 μs	8 μs
Guard time	0.8 μs	1.6 μs
FFT period	3.2 μs	6.4 μs
Preamble duration	16 μs	32 μs
Subcarrier spacing	0.3125 MHz	0.15625 MHz

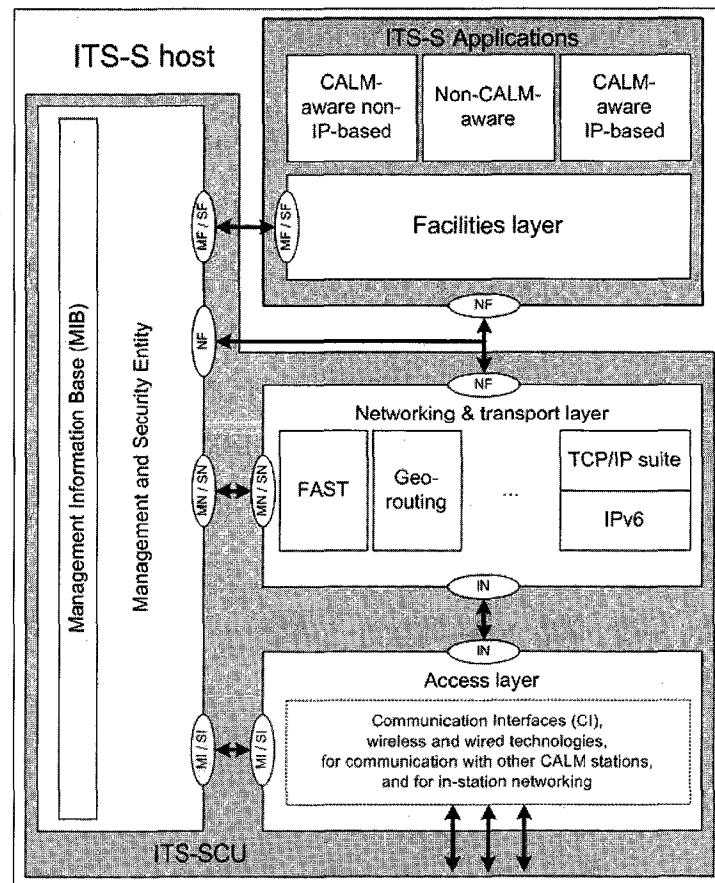
정된다. 통상적으로 802.11a는 20 MHz의 대역 폭을 사용하지만, 802.11p에서는 10MHz 대역 폭을 사용한다. 이는 차량의 빠른 속도에 따른 페이딩 문제를 극복하기 위함이다. 이러한 문제는 다음의 파라미터에 영향을 준다.

- 캐리어 스페이싱 (carrier spacing): 802.11p 신호는 802.11a 신호의 절반으로 줄어든 캐리어 스페이싱을 사용한다.
- 심볼길이 (symbol length): 페이딩 극복을 위해 802.11a보다 두 배가 긴 심볼을 사용한다.
- 주파수: 802.11p 표준은 5.8 GHz와 5.9 GHz 주파수 대역에서 정의되어 있으나 일본, 북미 지역에서는 720 MHz, 920 MHz를 사용하고 있거나 논의하고 있는 중이다.

802.11p MAC 프로토콜은 802.11-2007 표준에서 정의되어 있듯이 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식을 사용한다. 802.11p에는 새로운 기본운영 정보(MIB)인 “dot11ocb”가 MAC계층운영단(MLME: MAC Layer Management Entity)에 정의되어 있는데 “dot11ocb”가 적용되어 실제 802.11p 장치에 구현되었을 때 추가되는 옵션으로는 시스템 관리단(SME: System Management Entity)이나 응용계층을 통해서 제공한다는 점과 인증 무효화 서비스(deauthentication service)를 제공하지 않는다는 점을 들 수 있다.

3. CALM (Continuous Access for Land Mobiles)

CALM은 ISO TC204/WG16에서 추진하는



〈그림 9〉 CALM 표준 계층 다이어그램

통신기술이다. 2G/3G 셀룰러기술, 인공위성 통신기술, 5 GHz 마이크로파, 60 GHz 밀리미터파 및 WAVE표준 기술을 통합하여 지능형 교통시스템(ITS)을 위한 종합 통신서비스를 구현하는 것을 목표로 한다. CALM의 구조는 서비스/응용 계층, 네트워크 계층, 그리고 MAC/물리계층으로 이루어져 있으며, 긴급메시지 통신을 위한 CALM FAST 프로토콜과 다양한 이종 통신시스템의 통합 적용을 허용하는 물리계층의 존재가 CALM의 특이사항이라고 할 수 있다. CALM의 구조는 개략적으로 다음과 같이 표현할 수 있다 <그림 9>^[2].

IV. 차량 통신기술 관련 이슈

차량 통신 관련 연구 이슈는 최근 몇 년간 꾸

준히 제기되고 있다. 차량 외부 네트워크의 경우, 차량의 빠른 이동 속도에 따른 물리/MAC계층의 페이딩 문제와 네트워크 계층의 차량 어드레싱 및 라우팅 관련 문제, 그리고 네트워크 통신의 QoS 및 보안 관련 문제가 주로 제기되고 있다. 한편 차량 내부 네트워크의 경우에는 제어의 정확성 향상을 위한 통신신뢰도 향상 기술과 네트워크의 저비용, 고효율을 위한 최적화 기술이 주로 고려되고 있다. 이번 장에서는 그 중에서 차량 외부 네트워크의 라우팅, 핸드오버, 보안 관련 이슈와 차량 내부 네트워크의 고신뢰성 보장관련 이슈에 대해 설명한다.

1. 차량 외부 통신기술

가. 차량간 네트워크 라우팅 기술

차량 애드혹 네트워크(VANET: Vehicle Ad-hoc Network)와 모바일 애드혹 네트워크(MANET: Mobile Ad-hoc Network)는 이동성이 있는 노드 사이에 자가 구성(self-configuration) 무선 네트워크를 형성하고 각 노드가 패킷전달 경로를 설정하는 라우팅의 기능을 수행한다는 면에서 많이 닮아 있으나 몇 가지 면에서 차이점을 보인다. VANET은 MANET에 비해 노드의 평균 이동속도가 빨라 잦은 네트워크 토플로지 변화가 있다는 단점을 지닌 반면, 노드 움직임이 정해진 도로망으로 한정되어 있어 네트워크 토플로지 변화의 예측이 보다 용이하고, 출력파워 및 메시지 저장 공간의 제한이 거의 없다는 장점을 가지고 있다. 최근 이러한 VANET의 특수한 환경을 고려한 VANET 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. Naumov 은 [5]에서 실제 차량 움직임 정보를 바탕으로 VANET의 성능을 평가하

고 패킷 전송율과 전송 지연을 줄이기 위한 PGB(Preferred Group Broadcasting) 방식과 AGF(Advanced Greedy Forwarding) 방식을 제안하였다. [6]에서는 VANET 환경에서 효율적으로 라우팅 경로를 찾는 방식을 제안하였다. 또한 이러한 VANET 환경에서도 차량의 빈도 수가 적은 환경에서 차량이 패킷을 받아 저장하고 얼마 간의 위치 이동 이후 다시 저장한 패킷을 다른 노드에 전달(store-and-carry)하는 DTN (Delay Tolerant Network)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. Zhao가 제안한 VADD (Vehicle-Assisted Data Delivery)은 DTN 환경의 VANET에서 교통흐름 통계에 기반하여 가장 짧은 통신지연을 위한 라우팅 경로를 찾기 위한 방법을 보여준다^[7]. [8]에서는 차량의 이동 경로 정보를 적용하여 최적의 라우팅 경로를 설정하는 알고리즘을 제안함으로써 기존의 VADD보다 나은 성능을 보여주는 TBD (Trajectory-Based Data) 방식이 제안되었다.

나. 핸드오버(Handover) 문제

V2I 기반 통신 네트워크에서의 차량의 빠른 움직임은 잦은 핸드오버를 유발한다. 핸드오버 횟수의 증가는 핸드오버 시간동안 발생하는 패킷손실 혹은 라우팅 경로 재설정 및 사용자-기지국 간의 상호 인증에 의한 통신 지연에 따른 통신 끊김 횟수의 증가를 유발시키고, 이는 결과적으로 통신 품질(QoS)을 크게 낮추는 결과를 초래한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 핸드오버 발생 이전에 필요정보를 주변 기지국 간에 공유하는 사전정보 교환방식(proactive)이나 차량의 움직임을 미리 예측하고 이에 따라 핸드오버 정책을 수립하는 방식과 같은 다양한 기술이 연

구되고 있고, 이외에도 차량 환경을 고려한 효율적인 이동성 관리 및 핸드오버를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.^[9~11]

다. 보안 및 사생활보호 문제

차량간/차량-인프라간 통신 환경에서는 안전 관련 메시지가 교환되는 만큼 통신 보안관련 문제가 중요한 문제로 인식되고 있다. 차량들이 차량 외부 통신을 통해 안전메시지를 교환하여 얻어진 정보를 바탕으로 차량의 움직임을 조절하는 ITS시스템의 성공적인 구현을 위해서는 안전 메시지의 무결성이 반드시 보장되어야 한다. 만약 이러한 무결성이 보장되지 않아 특정 차량이 잘못된 정보를 수신하게 된다면 심각한 사고가 발생할 수도 있기 때문이다. 또한 악의적 공격자가 허위 안전메시지를 차량 환경에 방송하는 시나리오를 방지하기 위해, 차량탑재 통신장치(OBU)의 인증뿐만 아니라 도로설치 통신장비(RSU)의 인증도 요구하는 쌍방향 인증방식과, 공격자가 통신을 엿듣는 것을 막기 위한 MAC 메시지의 암호화가 요구된다. 이러한 기본 보안 문제와 더불어 차량 프라이버시(privacy)문제 역시 중요한 문제로 떠오르고 있다. 차량 외부 통신이 적용되는 차량의 경우, 차량의 위치가 자동차에 할당된 주소나 기지국 추적을 통해 노출될 가능성을 가지고 있다. 그러나 차량의 위치가 노출된다는 것은 운전자의 사생활 침해와 직결되기 때문에 반드시 프라이버시는 그 비밀성이 보장되어야 한다. 이를 위해 차량탑재 통신장치에 할당되는 주소는 랜덤한 형태로 주어지도록 요구되고 있으며, 이러한 요구사항을 충족시키기 위해서는 증가할 주소할당 체계의 복잡도를 효율적으로 관리하기 위한 연구가 선행되어야 할

것으로 예상된다. 그러나 차량 외부 통신은 범인 차량 추적, 사고차량 위치추적과 같은 특수한 경우의 차량위치 정보를 파악하기 위한 목적도 가지고 있기 때문에, 이러한 요구사항을 만족시키면서 프라이버시도 보호할 수 있는 기술의 개발 역시 필요할 것으로 전망된다. 이외에도 차량간 통신 환경에서의 그룹 통신을 위한 그룹 키 관리 기술과 안전관련 메시지 전송의 성공 확률 극대화 기술 등이 요구되고 있다. 향후 차량 외부 통신을 이용한 차량안전 응용서비스의 적용범위가 넓어지게 되면 보안 및 사생활 보호기술의 중요성은 더욱 크게 부각될 것으로 전망된다.

2. 차량 내부 통신 기술

가. 고신뢰성 차량내 네트워크 기술

차량 내부의 통신 네트워크는 어떠한 외부적인 충격에도 동작이 중단되어서는 안되는 높은 신뢰성을 요구한다. 이를 위해 사용되는 반도체 부품 등은 특별한 사양으로 설계되고 네트워크는 이중화를 통해 신뢰성을 강화한다. MAC 계층에서 통신신뢰도와 가장 긴밀하게 관련되어 있는 사항은 메시지 전송시간의 예측 가능성 문제이다. 차량내 네트워크의 메시지들은 제어를 위한 신호들로 구성되어 있는 만큼, 메시지 전송 시간이 데드라인을 초과할 경우에는 해당 메시지 관련 제어장치의 심각한 오작동을 초래할 수 있다. 이는 연계적으로 차량 제어시스템 전체에 심각한 오류를 야기하여 결과적으로 차량 운전자의 안전까지 위협할 수 있기 때문에 메시지 전송시간의 예측 가능성은 반드시 만족되어야 한다. FlexRay의 경우, 정적세그먼트를 이용하여 메시지 전송시간 데드라인 조건을 99.99% 이상

만족시킬 수 있지만, 동적세그먼트에 할당된 메시지는 전송 성공시간 예측이 어렵기 때문에 네트워크를 설계할 때 반드시 메시지 전송 데드라인 조건의 충족 여부를 확인하여야 한다. CAN의 경우에는 FlexRay정도의 예측 가능성은 보장하지 못하지만, CAN에서 전송되는 메시지의 ID(우선순위)와 데이터 길이에 따른 최악 경우의 전송시간 계산이 가능하기 때문에 전송 데드라인 조건의 충족 여부를 확인할 수 있다^[12,13]. 차량의 경량화와 네트워크 구성비용 최소화를 위한 최적화문제 역시 궁극적으로는 메시지 전송 시간의 예측 가능정도를 최대화하는 데에 그 목적이 있다. 제어 네트워크 최적화 기술로는 메시지 전송 주기, 우선순위, 그리고 메시지 분배 최적화 문제가 주로 연구되고 있다^[14~16].

V. 자동차 통신 응용서비스 모델

차량 외부 통신기술의 상용화를 위해 관련 응용서비스의 개발은 필수적으로 요구된다. 차량 외부 통신기술이 적용 가능한 여러 응용서비스 중에 통신기술의 도입이 가장 시급하게 요구되고 있는 서비스 분야로 차량 안전관련 서비스를 꼽을 수 있다. 이번 장에서는 대표적 차량 안전관련 통신 응용시스템인 차량 추돌방지 시스템과, 응급 상황관련 시스템에 대하여 설명한다.

1. 차량 추돌방지 시스템

차량 교통사고 중 교차로 사고 비율은 25% 정도에 이를 정도로 큰 비중을 차지하고 있다.

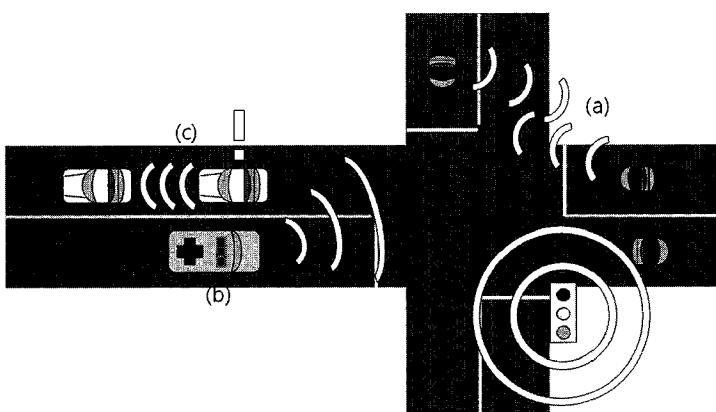
이는 운전자가 교차로 방향에서 다가오는 차량을 인지하는 것이 쉽지 않기 때문인데, 협력적

교차로 추돌방지 시스템은 차량간/차량-인프라 간 통신을 통해 운전자 혹은 해당차량이 교차로에서 접근하는 차량을 인지할 수 있도록 하여 차량 추돌을 사전에 방지하는 것을 목적으로 한다. 본 시스템은 차량-인프라간 통신을 기반으로 하여 차량 이동 상황에 따라 차량의 진행과 멈춤을 제어하는 교통신호 제어시스템과 차량간/차량-인프라간 통신을 기반으로 주변 차량의 접근을 알리는 경고시스템을 모두 포함한다.

한 편으로 향후 차량 외부 통신기술과 지능형 전자기기를 통한 차량의 능동제어 기술의 연동이 이루어질 경우, 차량 안전성 확보에 크게 기여할 것으로 전망된다. 차량에 탑재된 각종 충돌감지 센서와 차량간 통신, 그리고 능동 브레이킹, 안전벨트, 에어백 시스템 등의 연동은 차량 충돌 상황에서 결정적인 요소로 작용하는 차량 정지 거리를 최소화하여 운전자의 안전을 극대화할 수 있다. 센서로부터 인식된 전후방 차량의 위치, 속도정보를 통해 충돌환경을 감지하게 되면 시스템은 차량간 통신을 통해 경고메시지를 보냄과 동시에 브레이킹 시스템과 안전벨트 시스템이 능동적으로 반응하게 된다. 이러한 차량 추돌방지 시스템은 차량 외부 네트워크 기술의 통합 운용을 통해 차량 사고의 인명적, 재산적 피해를 최소화하는 것을 궁극적인 목표로 한다.

2. 응급 상황 관련 시스템

응급 상황에서는 일분 일초의 짧은 순간도 환자의 생명과 직결되기 때문에 빠른 환자이송이 요구된다. 따라서 응급차량의 주행 시에는 응급 상황의 신속한 처리를 위해 주변 차량들의 적극적인 협조와 지능형 교통신호시스템(ITS)의 협력이 요구된다. 이와 같은 응급 상황 관련 환경을 위해



〈그림 10〉 자동차 IT 응용서비스 모델 (a) 협력적 교차로 충돌 방지시스템, (b) 응급상황 관련시스템, (c) 능동 차량충돌 방지 시스템

차량 외부 통신 네트워크 기술이 적용될 수 있다. 응급 상황 시에 응급차량은 일정 반경에 응급 메시지를 방송하여 전방 및 주변 차량의 협조를 보다 용이하게 하고, 메시지를 수신한 교통신호 시스템이 응급 차량의 빠른 통과를 위해 교통신호를 제어할 수 있도록 한다. 또한 차량의 움직임이 빈번한 곳에 응급 차량이 정차해 있는 경우 역시 주변으로의 메시지 광고를 통해 응급 차량과의 충돌을 최소화할 수 있다. 뿐만 아니라 차량 외부 통신기술은 지능형 교통시스템의 실시간 사고 현황 관리를 더욱 정확하고 수월하게 한다.

VI. 결 론

본 고에서는 차량 내부 통신기술과 차량 외부 통신기술에 대해 살펴보고 관련 분야의 문제 및 응용서비스에 관하여 살펴보았다.

차량 내부 네트워크는 LIN, CAN, FlexRay와 같은 제어 네트워크와 MOST와 같은 멀티미디어 네트워크가 있다. 그러나 능동 안전 시스템과 같은 지능형 기술의 지속적인 도입과 기계, 유압식 기기의 전자화에 따른 네트워크상의 통신량이 급격히 증가하면서 네트워크의 규모 및 통신

복잡도 등이 증가하고 있다. 따라서 차량내 네트워크의 최적화, 최소화 문제가 반드시 해결되어야하는 문제로 떠오르고 있다.

차량 외부 통신분야는 IEEE 802.11p 기반의 표준화 작업이 거의 완료된 상태이다. 그러나 실질적 통신 인프라 구축 및 차량 통신시설 탑재문제를 해결하기 위해 기업적, 정치적으로 풀어야 할 문제가 많이 남아있다. 또한 이러한 통신환경이 갖추어진 이후에도 무선통신 기술의 성능향상 및 통신기술과 응용 서비스 분야와의 연계, 그리고 통신서비스를 위한 사업 모델 개발이 요구되는 등 앞으로 해결해야하는 문제는 여전히 많이 남아 있다고 할 수 있다.

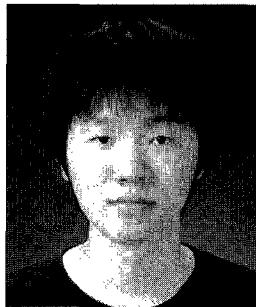
우리나라는 훌륭한 통신 인프라와 전자 기술을 보유하고 있는 국가로서 미래의 친환경, 고안전 차량을 위한 통신기술의 개발 및 통신환경 구축에 있어 상당히 유리한 면을 지니고 있다고 할 수 있다. 이러한 차량 통신기술은 향후 친환경 자동차기술과 더불어 미래 자동차 산업을 이끌어가는 핵심분야가 될 것으로 전망된다.

===== 참고문헌 =====

- [1] W. Xiang, "Wireless Access in Vehicular Environments," EURASIP Journal on WCN, 2009
- [2] www.isotc204wg16.org/concept
- [3] T.Nolte, "Automotive Communications - Past, Current, and Future," IEEE ETFA 2005
- [4] http://www2.rohde-schwarz.com/file_12631/1MA152_2e.pdf
- [5] V.Naumov, "An Evaluation of Inter

- Vehicle Ad Hoc Networks Based on Realistic Vehicle Traces,” ACM Mobicom'06
- [6] V.Naumov, “Connectivity-Aware Routing(CAR) in VANET,” IEEE Infocom'07
- [7] J.Zhao, “VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in VANET,” IEEE Infocom'06
- [8] J.Jeong, “TBD: Trajectory-Based Data Forwarding for Light-Traffic Vehicle Networks,” IEEE ICDCS'09
- [9] Kafle VP, “Comoroho: Cooperative mobile router-based handover scheme for long-vehicular multihomed networks,” IEICE Trans. on Communications 2006.
- [10] Andersson K, “Mobility management for highly mobile users and vehicular networks in heterogeneous environments,” IEEE Conference on Local Computer Networks, 2008
- [11] Chiang WK, “Simultaneous handover support for mobile networks on vehicles,” IEEE WCNC, 2008
- [12] K. Tindell, “Calculating Controller Area Network(CAN) Message Response Times,” 1994
- [13] T. Pop, “Timing Analysis of the FlexRay Communication Protocol,” RTS 2008
- [14] A. Davare, “Period Optimization for Hard Real-time Distributed Automotive Systems,” IEEE/ACM DAC'07
- [15] E. G. Schmidt, “Message scheduling for the FlexRay protocol: The dynamic segment,” Trans. on Vehicular Technology, IEEE 2008
- [16] K. Schmidt, “Message scheduling for the FlexRay protocol: The static segment,” IEEE Trans. on Vehicular Technology, 2008

저자소개



최 밀 음

2008년 2월 고려대학교 전파통신공학과 학사
2008년 3월 서울대학교 전기공학부 박사

주관심 분야 : 자동차 IT, 제어 통신망, 보안 및 최적화

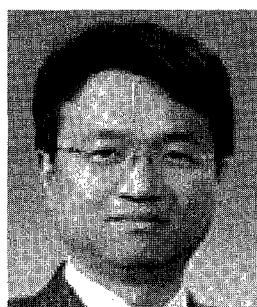
저자소개**김 성 우**

2005년 8월 고려대학교 전자공학과 학사

2007년 8월 고려대학교 전자컴퓨터공학과 석사

2007년 9월 서울대학교 전기공학부 박사

주관심 분야 : 자동차 IT, 제어 통신망, 보안 및 최적화

**서 승 우**

1987년 2월 서울대학교 전기공학과 학사

1989년 2월 서울대학교 전기공학과 석사

1993년 12월 펜실베니아 주립대학교 박사

1996년 3월~현재 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학
부 교수

2009년 9월~현재 서울대학교 지능형자동차IT연구센터
센터장

주관심 분야 : 자동차 IT, 유무선 통신망 보안 및 자원 최
적화, 스마트 그리드