

MAC 계층에서의 DSRC 전송 효율 분석

정희원 곽수진*, 준회원 안진호*, 정희원 이상선*

Performance Analysis of DSRC Transmission Efficiency at MAC Layer

Su-jin Kwag* *Regular Member*, Jin-ho Ahn* *Associate Member*, Sang-sun Lee* *Regular Member*

요 약

본 논문은 앞으로 산업의 많은 부분에 영향을 미치게 될 ITS(Intelligent Transport System)의 주요 통신 수단인 단거리 전용 통신(DSRC : Dedicated Short Range Communication) 시스템의 성능을 매체 접근 제어(MAC : Media Access Control)단에서의 전송 효율을 분석함으로써 평가하였다. 현재 DSRC는 자동요금징수(ETC : Electric Toll Control)과 버스정보시스템(BIS : Bus Information System) 등의 전송 효율이 시스템이 미치는 영향이 극히 낮은 시스템에 사용되고 있으나, 향후 첨단 운전자 정보 안내 시스템(ADIS : Advanced Driver Information Systems) 또는 첨단차량 및 도로 시스템(AVHS : Advanced Vehicle Highway System) 등과 같은 고도화된 시스템으로 진화할 경우 DSRC의 주요한 매체인 적외선(IR : Infra Red) 방식과 주파수(RF : Radio Frequency) 방식의 MAC 프레임 속성에 따른 서비스의 질은 급격히 변화될 것이다. 따라서 본 논문에서는 그 특성을 전송 속도에 따른 시간의 함수로 구성하여 분석함으로써 이후 다양한 ITS 서비스에 활용할 수 있는 지표를 제공하고자 하였다.

Key Words : IR-DSRC; RF-DSRC, ITS, Telematics

ABSTRACT

In this paper, we analyze the performance of MAC (Media Access Control) layer in DSRC (Dedicated Short Range Communication). It will be widely applied for ITS (Intelligent Transportation System) services; for example ETC (Electric Toll Control), BIS (Bus Information System) etc., needed to small packet size. But If ITS service is evolving to advance ITS, ADIS (Advanced Driver Information Systems) and AVHS (Advanced Vehicle Highway System) etc, be needed larger packet size. In the future, it may offer more various services such as traffic information, collection, and multimedia information. There are two kind of physical media, IR(Infrared) and RF(Radio frequency). And each system has their own protocol that is adaptive in special characteristics of physical medium for using efficiently limited radio resources. In this paper, we analyze the special characteristics of each system. And we study practical use of some related services expected to be used in the near future, by analyzing the transmission efficiency in each DSRC system.

I. 서 론

오늘날 현대 사회의 산업화, 도시화, 고도화는 자

동차를 없애서는 안 될 필수품으로 자리매김하도록 하였으며, 그에 따라 자동차 수는 매년 20% 이상 증가하는 반면, 도로를 포함한 기반 시설의 증가는

※본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음.
(ITA-2005-C1090-0502-0009).

* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부와 유비쿼터스 통신연구실 (sjkwag@ihanyang.ac.kr, jhahnkr@naver.com, ssnlee@hanyang.ac.kr)
논문번호 : KICS2005-06-244, 접수일자 : 2005년 6월 20일, 최종논문접수일자 : 2006년 6월 1일

년 2% 정도로 턱없이 부족하다. 이러한 현상으로 인해 발생하는 교통 혼잡을 완화하기 위해서 교통 시설의 공급을 확대하거나, 교통시설의 효율성을 극대화하기 위한 많은 방안들이 모색되고 있으며, 그 중 교통시설의 효율성을 높이기 위한 방안으로 부각되고 있는 것이 Telematics와 ITS이다^[1].

Telematics는 최근까지 위치 탐색이나 경로 설정이라는 단순한 기능 제공이 중심이었으나, 최근에는 점차 그 응용분야를 넓혀 응급시 긴급통보, 원격 도어 잠금 등에까지 확대 되었으며, 향후 차량 원격진단, 인터넷 접속 및 멀티미디어 서비스로 발전할 것으로 예상되며, ITS는 교통수단과 시설에 전자, 제어 및 통신 등 첨단기술을 활용하여 교통체계의 운영 및 관리를 과학화, 자동화하고, 교통정보를 수집, 처리, 보관, 가공하여, 이를 제공함으로써 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 포괄적 개념의 신 교통체계로 이후 첨단 차량 및 도로 시스템(AVHS)와 같은 보다 진보한 차량 주행 안전 시스템으로 발전할 것으로 보인다^[2].

이러한 Telematics와 ITS 서비스를 보다 효율적으로 제공하기 위해서는 가장 효과적이고 적절한 통신 시스템이 요구되며, 이는 기존의 무선 통신 시스템이 제공하지 못하는 고속(160Km/H)의 이동성까지도 보장하여야 한다. 이러한 이유에서 개발되어진 시스템이 본 논문에서 분석한 단거리 전용통신이다.

본 논문에서는 이러한 단거리 전용 통신 시스템의 특성을 매체 접근 제어 계층에서 분석하고, 그 분석 결과를 통해 전송 효율을 분석함으로써 응용 서비스에 따른 통신의 특성을 분류하고자 하였다. 이를 위해 RF-DSRC와 IR-DSRC로 대표되는 두 전용 통신 시스템의 MAC 프레임을 비교/분석하고, 이를 수식화하여, 접속 차량의 증가 및 전송 데이터의 증가라는 두 측면에서 전송 효율의 변화를 비교/분석하였다. 이를 통해 서비스의 요구 사항에 따른 통신 매체의 선택의 방향을 제시하고자 하였다.

II. DSRC 시스템의 통신 특성 분석

국내에서는 5.8GHz 대역의 마이크로파를 사용하는 RF-DSRC 시스템과 850nm 대역의 적외선을 사용하는 IR-DSRC 시스템이 상용화되어 전자요금징수(ETC)와 버스정보시스템(BIS)을 서비스하고 있다. 이 두 통신 시스템은 그림 1과 같이 OSI 7 계층 중 물리계층, 데이터 링크 계층 및 응용계층만을 사용하여 구현되었다^[3].

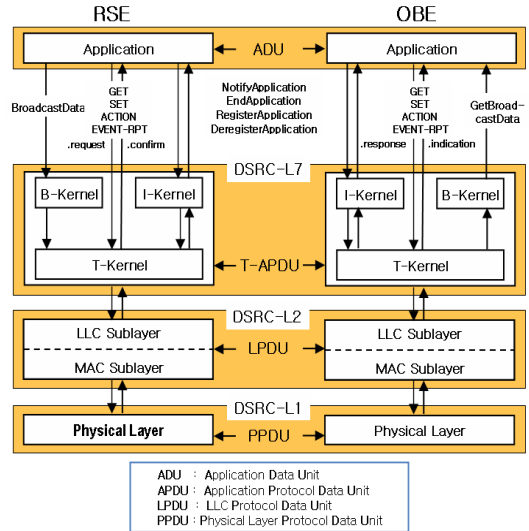


그림 1. DSRC 시스템의 계층 구조

RF-DSRC와 IR-DSRC 모두 그림 1과 같은 계층 구조를 가지고 있으나, 사용되는 매체의 특성(물리 계층)에 따라 이를 제어하는 데이터 링크 계층(Data Link Layer)의 구조는 달라진다. 따라서 응용계층만이 시스템과 무관하게 동일한 구조와 기능을 가진다^[4]. 표 1과 2에서 각 물리 매체에 따른 물리 계층과 데이터링크 계층의 특성을 비교하였다^[5].

표 1. 각 매체에 따른 물리계층 비교

항 목	IR-DSRC	RF-DSRC
반송파주파수 (전송파장)	800~900nm	5.8GHz 대역
송수신 대역폭	50nm	5MHz
변조방식	ASK-OOK	ASK
비트율	1Mbps(2,4,8,16)	1.024Mbps
BER	10 ⁻⁶ 이내	10 ⁻⁵ 이내

표 2. 각 매체에 따른 데이터 링크 계층 특성 비교

항 목	IR-DSRC	RF-DSRC
매체 접근 제어	비동기식 시분할 다중 접속 방식	동기식 시분할 다중 접속 방식
프레임 길이	가변	고정(100옥텟)
링크주소종류	개별, 그룹, 방송	개별, 그룹, 방송
링크주소길이	가변(2-5옥텟)	고정(4옥텟)
최대LPDU	255옥텟	64옥텟
Fragmentation	없음	있음
암호화	있음	있음
오류 검출	CRC-16	CRC-16

표 1과 2에서 보는 바와 같이 두 시스템은 물리 매체의 특성에 따라 다른 데이터 링크 계층의 구조를 나타내며, 이로 인해 링크 주소의 길이, 최대 전송 LPDU(Logical Link Control Layer Protocol Data Unit) 및 프레임 헤더 등의 차이를 나타내게 된다^{4,6)}. 이로 인한 전송 효율의 차이를 비교 분석하기 위하여 데이터 전송 시간 관계식을 산출하였다.

III. 데이터 전송 시간에 대한 수학적 모델링

본 논문에서는 언급하고자 하는 주된 관점이 MAC 프레임의 특성에 따른 전송 효율의 비교임으로 이를 구하기 위한 데이터 전송 시간 및 시스템의 모델링에 대해 기술하였다. 이를 위해 사용된 변수로는 전송할 데이터의 크기 변화와 데이터를 요구하는 차량 수의 변화를 주된 측정 대상으로 하였다.

3.1 시뮬레이션 환경 변수 설정

표 1과 2에서 언급된 바와 같이 서로 다른 통신 파라미터와 알고리즘을 사용하고 있는 두 시스템을 비교분석하기 위해서 두 시스템이 사용되어지는 환경 변수를 다음과 같이 동일하게 설정하였다.

우선 두 시스템의 통신 영역은 각 표준에서 정의하는 최소 통신 영역을 사용하였다⁵⁾. 따라서 이 통신 영역 내에 접속되어질 수 있는 차량의 최대 수는 8대로 한정되어지며, 응용 계층에서 보내어지는 전송 데이터의 크기는 두 시스템이 사용할 수 있는 최대 크기로 설정하였다. 따라서 RF-DSRC는 매 프레임 당 65 바이트를, IR-DSRC는 매 프레임 당 255 바이트를 전송할 수 있도록 설정하였다. 두 번째로 각 시스템의 통신 초기화 절차에 필요한 시간은 본 논문에서는 고려하지 않았다. 특히 초기화 과정에서 두 시스템 모두 슬롯형 알로하(Slotted ALOHA) 방식을 사용하여 초기 접속을 이루고 있다. 따라서 RF-DSRC는 그림 3과 같이 초기 접속을 이룰 수 있는 ACTS의 할당량에 따라 접속 확률이 변동하게 된다.

그러나 IR-DSRC의 경우 초기 접속이 이루어진 후 하나의 차량에 대해서만 통신 설정을 유지함으로써 통신 영역의 모든 차량이 동일한 접속 확률을 가지게 된다.

따라서 통신 접속 확률 및 Outage 등은 사용되어지는 환경, 차량의 종류, 이웃 차량과의 거리 등 다양한 요소에 의해 변화됨으로 단순한 MAC 프레

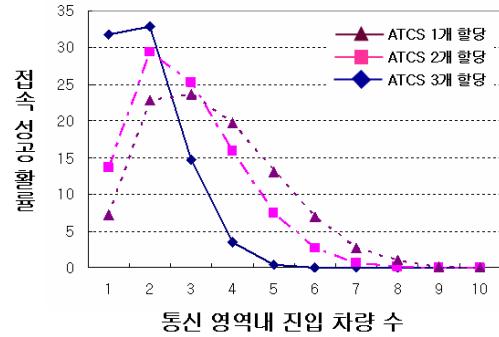


그림 2. RF-DSRC 시스템에서의 ACTS 할당에 따른 접속 성공 확률

임에서의 성능을 비교하기 위해서 사용하기에는 적절치 못함으로 본 논문에서는 모든 차량은 노변 장치와의 초기화 절차를 모두 마치고, 각 시스템이 정한 최상의 방법으로 데이터의 전송하기 위한 모든 준비를 마친 상태이며, 모든 프레임은 하향 링크로만 할당된다^{7, 8, 10)}.

마지막으로 두 시스템의 데이터 전송률은 모두 1 Mbps로 고정하고, 전송 중 발생할 수도 있는 지연 시간은 고려하지 않는다. 따라서 하나의 비트를 전송하는데 필요한 시간은 1us로 동일하게 설정하였다.

3.2 RF-DSRC MAC 프레임에 대한 수학적 모델링

RF-DSRC의 MAC 프레임은 한 개의 프레임 제어 슬롯(FCMS : Frame Control Message Slot)과 $n(0 \leq n \leq 8)$ 개의 메시지 데이터 슬롯(MDS : Message Data Slot) 혹은 $k(0 \leq k \leq 8)$ 개의 접속요구 슬롯(ACTS : Activation Slot)들의 조합으로 구성된다. 즉 한 개의 프레임에는 하나의 프레임 제어 슬롯과 7개미만의 메시지데이터슬롯 및 접속요구슬롯의 조합으로 구성될 수 있다. $(1 \leq n+k \leq 8)$

다음에 언급한 하게 될 IR-DSRC와 같은 조건을 적용하기 위해 본 논문에서는 모든 MAC 프레임을 하향링크전용으로 설정하였으며, 그 구성은 그림 3과 같다^{6, 9)}.

MAC 프레임을 구성하는 메시지 데이터 슬롯의 구조는 그림 4과 같으며, 65바이트의 MSDU(MAC Service Data Unit)과 MAC 헤더 25바이트를 포함

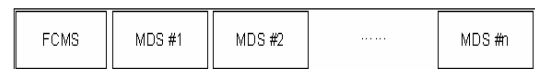


그림 3. RF-DSRC 하향링크 프레임 구조

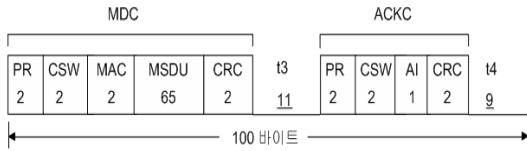


그림 4. RF-DSRC 메시지 데이터 슬롯(MDS)의 세부 구조



그림 5. 2대 차량에게 100바이트 전송시 프레임 구조

하여 총 100바이트이다. 이때 전송하려는 상위 계층의 LPDU 크기가 이를 초과하게 되면, 65바이트 단위로 단편화(Fragmentation)되어 전송하여야 한다. 따라서 통신 영역 내에 진입한 2대의 차량에 대해 각각 100 바이트의 상위 데이터를 전송하기 위해서는 그림 5와 같이 MAC 프레임을 구성되어야 한다.

이 경우 먼저 접속된 1대의 차량에 정해진 데이터를 전송하기 위해 소요되는 채널 점유 시간(TDLI-RF)은 식(1)과 같이 정의된다.

$$T_{DLI-RF} = [(FCMS + MDS) * \{ (LPDU / 65) + \beta \}] * 8 \quad (1)$$

여기서 β 는 하나의 메시지 데이터 슬롯이 전송할 수 있는 최대 크기인 65바이트가 넘는 데이터가 상위 계층으로부터 전달될 경우, 이를 수용하기 위해 추가 메시지 데이터 슬롯을 할당하기 위한 변수이다. 따라서 상위 계층에서 전달되는 LPDU(LLC Protocol Data Unit)가 65바이트보다 크면 β 는 '1'이 되며 그보다 작으면 β 는 '0'이 되어 추가 메시지 데이터 슬롯이 할당되지 않는다.

만약 통신 영역에 진입한 차량의 수가 n대이며, 하나의 하향링크 프레임 내에 진입된 차량의 수만큼의 메시지 데이터 슬롯이 n개만큼 할당되어야만 한다. 따라서 이 경우의 전체 채널 점유시간(T_{DLI-RF})은 식 (2)와 같다.

$$T_{DLI-RF} = [\{ FCMS + (MDS * n) * \{ (LPDU / 65) + \beta \} \}] * 8 \quad (2)$$

또한 초기 진입한 차량은 설정된 데이터의 전송이 끝나면 접속을 종료하고, 동시 접속으로 인해 메

시지 데이터 슬롯을 할당 받지 못한 차량은 이후 여분의 데이터 메시지 슬롯을 통해 설정된 데이터를 전송받게 된다.

3.3 IR-DSRC MAC 프레임에 대한 수학적 모델링

RF-DSRC와는 다르게 IR-DSRC에서는 데이터 메시지 슬롯을 대신하여 '윈도우(window)'라는 독특한 구조의 통신 채널을 사용하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 동기식 통신 방식을 사용하고 있는 RF-DSRC와는 다르게 비동기 통신 방식을 사용하고 있는 IR-DSRC에서는 데이터 프레임 사이의 이격(guard)을 통해 각 프레임을 구별하고 있다. 이러한 윈도우 타이밍을 그림 6에 나타내었다.

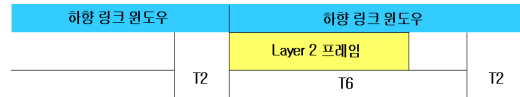


그림 6. IR-DSRC 하향링크 윈도우 타이밍

그림 6에서 T2는 최소 하향링크 윈도우 이격(guard) 시간으로 현 표준^[5]에 제정되어 있는 1000 μ s로 설정하였으며, T6는 MAC에서 전송하고자 하는 프레임 크기에 따라 제 2계층의 헤더가 존재하는 서비스테이블에 정의된다. 또한 하향링크 윈도우 간격에 대한 T0(서비스 테이블 내 사용되는 시간단위)의 다중 시간 단위로 표현된다. 따라서 T0는 1비트를 전송하는데 소요되는 시간의 250배 크기로 정의되므로 1Mbps 시스템에서 250 μ s의 값을 가지게 된다.

결국 윈도우 점유 시간은 전송하고자 하는 데이터의 크기에 의해 결정되는 T6와 고정되어있는 T2에 의해 결정된다. 이를 수식화하면 식 3과 같다.

$$T_{DLI-IR} = [\{ (MPDU * 8) / T0 + a \} + T0 \quad (3)$$

식 (3)에서 a는 전송하게 될 MPDU(MAC Protocol Data Unit)의 크기가 단위 시간(T0)의 배수 시간(T0*n)이내에 전송하지 못할 경우 추가 하향 윈도우를 할당하기 위한 변수이다. 즉 최초 하향 윈도우 할당 후 전송하지 못한 데이터가 남아 있다면 그 크기에 상관없이 250 μ s의 시간을 더 할당해 주어야만 한다.

RF-DSRC와 동일한 전송 조건을 부여하기 위해

IR-DSRC에서 사용되는 MPDU를 상위 계층으로부터 전달되는 LPDU의 형태로 전환하기 위해서는 그림 6과 같은 하향 링크 MAC 정보필드를 더하여야 한다.

단위 : byte									
시작 시퀀스	MAC 제어 필드	KEY	프래임 번호	링크 주소 필드	서비스 테이블	LPDU 길이	LPDU	프래임 검사 순서	차량 식별 (LSa)
2	1	1	1	5	3	2	0~255	2	2

그림 7. IR-DSRC의 하향링크 MPDU 구조

따라서 MPDU의 크기를 LPDU의 크기로 대체하면 식 4와 같다.

$$MPDU = (19 + LPDU) \quad (4)$$

마지막으로 n대의 차량이 IR-DSRC의 통신 영역에 진입하여 정해진 데이터를 전송하기 위해서는 접속된 차량 수만큼의 연속된 하향링크를 구성하여야 함으로, n대의 차량에게 전송을 위한 채널 점유 시간(T_{DLn-IR})은 식 5와 같이 표현된다.

$$T_{DLn-IR} = \lceil \frac{(19 + LPDU) * 8}{TO + a} \rceil * n \quad (5)$$

RF-DSRC와는 달리 IR-DSRC는 하나의 하향 원도구를 통해 단 한 대의 차량만을 지원할 수 있으므로 통신영역에 진입한 차량은 접속 순서에 따라 설정된 데이터를 전송받고, 데이터 전송이 끝난 차량은 반드시 링크 설정을 종료하여야만 한다.

IV. 환경 설정에 따른 시뮬레이션 분석

다양한 서비스 환경에서 DSRC의 성능측정을 위해 그림 8과 같이 통신 영역에 진입하는 차량의 수를 한 대에서 8대까지 순차적으로 증가시키고, 각 차량에 전송되는 데이터의 양 또한 60바이트에서 250바이트까지 증가하면서 데이터를 전송하는데 필요한 소요시간을 산출하여 차량수의 증가와 데이터 크기의 증가에 따른 변화량 측면에서 분석하였다.

우선 차량수의 변화에 따른 시스템 성능을 정확히 파악하기 위해 60바이트부터 250바이트까지의 다양한 크기의 데이터 전송 후 그 결과를 1바이트 당 평균 처리시간으로 환산하여 그림 9에 나타내었다.

그림 8과 같이 IR-DSRC는 차량수의 변화와 무관하게 일정한 처리율을 보이는 반면, RF-DSRC의

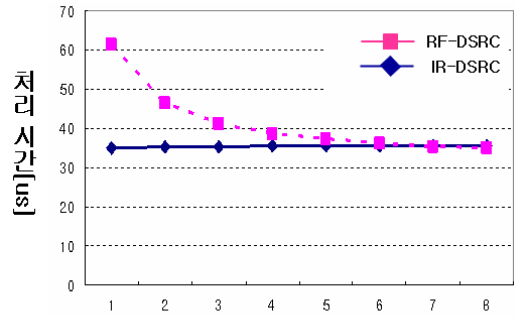


그림 8. 차량수의 증가에 따른 1 바이트 전송 시간

경우 소수의 차량에게 데이터를 전송할 경우에 있어서는 처리 시간이 길어져 그 처리율이 떨어지지만, 차량이 증가함에 따라 처리율이 상승함을 알 수 있다. 이러한 현상은 각 DSRC 시스템의 프레임 구조에 의해 것으로 IR-DSRC의 경우 접속된 차량의 수만큼 윈도우가 생성됨으로 소수의 차량이 접속하는 경우 MAC 프레임 헤더에 의한 오버플로우(Overflow)가 발생하는 반면, RF-DSRC의 경우는 한 개의 프레임 내에서 최대 8대의 차량에게 메시지 데이터 슬롯(MDS)을 전송할 수 있기 때문에 차량 증가에 따른 오버플로우의 발생이 현저히 줄어들 수 있다.

반면 데이터의 증가에 따른 평균 전송 시간을 비교해보면 그림 9과 같다. 이를 위해 매 차량 수의 변화 값에 각 크기별 데이터를 전송한 후 이를 1바이트에 대한 평균 처리율로 환산하여 표시하였다.

그림 9의 결과에서 보는 바와 같이 소량의 데이터를 처리할 경우에 있어서는 RF-DSRC의 처리 시간이 짧아서 우수한 성능을 보이는 반면, 데이터의

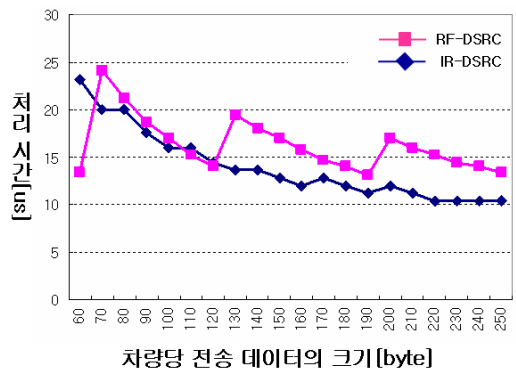


그림 9. 전송 데이터의 증가에 따른 1 바이트 전송 시간

용량이 커짐에 따라 IR-DSRC가 보다 짧은 전송 시간을 소모함으로써 처리율이 우수함을 보여 주고 있다. 즉 IR-DSRC의 프레임 구조가 데이터 적재구간을 가변적으로 활용할 수 있도록 구성되어있으므로 대용량의 데이터를 전송할 경우라 하더라도 하나의 프레임을 통해 전송할 수 있기 때문이며, 이와 달리 RF-DSRC는 전송 데이터의 용량과는 상관없이 하나의 프레임이 전송할 수 있는 데이터의 크기가 65바이트 고정크기이므로 MAC에서의 단편화(Fragmentation) 과정을 거쳐 여러 프레임에 나누어 전송해야 하기 때문이다. 즉, 65바이트 이상의 데이터 전송을 위해서는 RF-DSRC의 경우 여러 번의 프레임 전송이 필요하게 됨으로, 한 번에 전송 가능한 65바이트 이하의 데이터 전송 때와는 달리 추가적인 프레임 형성으로 인해 전송시간의 소모가 많아지기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 IR-DSRC 시스템과 RF-DSRC 시스템에서 서비스 데이터 크기와 접속 차량 수의 변화에 따른 MAC 계층에서의 데이터 전송 시간의 변화를 통해 그 처리율을 비교함으로써 두 시스템의 전송 효율을 분석하고자 하였다.

그 결과 IR-DSRC의 경우 데이터 적재 구간의 가변성으로 인해 대용량의 데이터가 발생하더라도 한 개의 윈도우로 전송 가능함으로 데이터 용량 변화에 대해 강한 적응성을 나타내었으며, RF-DSRC의 경우는 65바이트의 고정된 데이터 적재 구간으로 인해 대용량의 데이터가 발생하게 되면 여러 프레임으로 나누어 전송해야 하므로 데이터 용량 변화에 대한 적응성은 떨어진다. 반면 차량 증가에 따른 데이터 처리율을 비교해 보면, 하나의 프레임 내에 여러 대의 차량 지원이 가능한 RF-DSRC가 차량이 증가에 따라 차량 수만큼의 윈도우를 생성함으로써 MAC 프레임 헤더에 대한 오버플로우를 발생시키는 IR-DSRC보다 우수한 성능을 보였다.

향후 다양한 형태로 나타나게 될 ITS 및 텔레매틱스 서비스는 해당 서비스의 특징과 설치 환경에 따라 다양한 통신 방식과 통신 성능을 요구하게 될 것이다. 따라서 본 논문에서 ITS 및 텔레매틱스 전용 통신의 하나인 DSRC 시스템의 통신 성능을 평가함으로써 통신 시스템의 성능 평가를 위한 하나의 기준을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] 정영욱, 정재승, 박성진, 임춘식, 오현서, 이병섭, "5.8GHz 단거리전용통신(DSRC) 시스템 성능평가 및 분석", 한국통신학회논문지 '00-8 Vol.25 No.8A, pp.1186-1197, 2000.
- [2] 최광주, 김동현, 김수경, 배태웅, 현영균, 이병현, "DSRC를 이용한 무선인터넷서비스", 한국통신학회지 제18권 8호, pp.65~74, 2001.
- [3] 박정수, 조동호, 오종택, 이병태, "단거리 전용통신에서 반송파 감지기법을 이용한 개선된 링크접근 방식", 한국통신학회논문지 '99-10 Vol.24 No.10A, pp.1453-1461, 1999.
- [4] ISO Std ISO/DIS 15628, Transport information and control system(TICS) - Dedicated Short-Range Communication (DSRC) - DSRC application layer, October 2003.
- [5] KSA Std KS X 6915, 지능형교통체계(ITS) 응용서비스를 위한 적외선 근거리전용통신(DSRC) 기술, January 2004.
- [6] TTA Std TTAS.KO-06.0025, 5.8GHz 대역 노변 기지국과 차량 단말기간 근거리전용 무선 통신 표준, October 2000.
- [7] A. Annamalai, C. Tellambura, "A general Approach for Evaluating the Outage Probability in Micro-cellular Mobile Radio Systems," Proc, IEEE, International conference on ommunications, vol. 3, June 1999, pp. 1836-1840.
- [8] B.S. Lee, C.S. Yim, D.H. Ahn, D.G. Oh, "Performance Evaluation of the Physical Layer of the DSRC Operating in 5.8 GHz Frequency Band," ETRI Journal, Vol. 23, Nun.3, September 2001, pp. 121-128.
- [9] CEN TC/278. prEVN278/9/#64, "DSRC-Data Link Layer", October, 1995.
- [10] W. Detlefsen, W. Grabow, U. Kersken, and R. Schmedding, "Reliability of 5.8GHz Short Range Links in Vehicle-Roadside Communication," IEEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, Ottawa, 1993, pp. 300-303.

곽 수 진 (Su-jin Kwag)

정회원



1999년 8월 인제대학교 전자공학
학과 졸업
2002년 2월 한양대학교 전파공학
학과 석사 졸업
2005년 2월 한양대학교 전자통신
전파공학과 박사 수료
<관심분야> ITS 및 텔레매틱스
통신, 통신망 통합 및 연동, 통신 네트워크

안 진 호 (Jin-ho Ahn)

준회원



2004년 2월 호서대학교 전기 전자
제어공학부 졸업
2004년 3월~현재 한양대학교 전자
통신컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> ITS 및 텔레매틱스
통신, 개방형 서비스 기술

이 상 선 (Sang-sun Lee)

정회원



1978년 2월 한양대학교 전자 공
학과 졸업
1983년 23월 한양대학교 전자
공학과 석사
1990년 8월 University of Florida
전기공학과 박사
1991년 4월~1991년 11월 생산
기술연구원 선임 연구원겸 조교수
1991년 11월~1993년 2월 전자부품종합기술 연구소
선임연구원
1993년 3월~현재 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부
정교수
<관심분야> ITS 및 텔레매틱스 통신, 통신망 통합 및
연동, 통신 네트워크