

논문 2011-48TC-7-5

u-TSN에서 차량 통신시스템 구성 및 성능평가

(Vehicle Communication System Implementation for u-TSN and Its Performance Evaluations)

진 성 희*

(Sung-Hee Jeon)

요 약

u-TSN 환경에서 차량 단말기와 도로변에 설치되는 노변장치와의 통신은 서비스의 신속한 지원과 도로 교통정보의 실시간 확보를 위하여 교통시스템 구성 시에 매우 중요하다. 본 연구에서는 차량 통신 시스템의 성능 평가를 위한 V2I 혹은 I2V 통신 서비스 시나리오와 신속성과 정확성이 요구되는 긴급정보 전송을 위한 V2V 차량 간 통신 서비스 시나리오를 제시하였다. 그리고 실제 차량간 통신시스템을 구현한 후 제안된 통신 서비스 시나리오에 맞춰 차량통신 실험을 실시하는 방법으로 성능을 평가하였다. 실험결과 최적의 전송 모드 설정 조건을 도출하였으며, 도출된 결과는 안정적이고 효율적인 u-TSN 차량 통신시스템 개발에 적용가능하다.

Abstract

In u-TSN environment, the communication between vehicle terminal and roadside equipment is very important to support prompt service and to secure road traffic information in real-time upon organizing traffic system. This study suggested V2I or I2V communication service scenario for performance test on vehicle communication system as well as V2V inter-vehicle communication service scenario for emergency information transmission which requires rapidity and accuracy. After implementing real inter-vehicle communication system, we performed vehicle communication experiment following suggested communication service scenario to test the performance. Consequently, we could draw out the optimal transmission mode setup condition, and the result can be applied to the development of stable and efficient u-TSN vehicle communication system.

Keywords : 차량통신, 통신 시나리오, ITS, UTS, u-TSN

I. 서 론

기존의 지능 교통 시스템(Intelligent Transportation System)보다 진보된 개념을 가진 u-TSN(Ubiquitous Transportation Sensor Network)은 기존의 교통관리 체계와 교통 정보 전달, 도로사항 등에 많은 변화를 초래할 수 있다. 언제 어디서든 교통 데이터 교환이 이루어질 수 있는 u-TSN 환경 하에서 고려되어질 차량 통

신에서 기본 서비스를 위해 필수적인 V2I(Vehicle to Infrastructure)통신과 V2V(Vehicle to Vehicle)통신을 위해서 설계된 통신 모듈을 장착한 차량 통신 시스템을 이용한다. 기존의 시뮬레이션에서 다루기 힘들었던 속력 및 여러 가지 환경적 요인을 감안한 현실적 도로 상황 하에서 차량의 통신을 수행하기 위하여 예상될 수 있는 통신 시나리오를 작성하고 그 시나리오에 따라서 실제 차량을 이용해 통신 실험을 진행하면서 통신량 등을 측정함으로써 u-TSN을 위해 개발하고 있는 현재의 시스템 성능을 확보하고자 하였다. 본론에서는 차량 통신의 개요와 u-TSN 서비스 모델 및 차량 통신 요구 조건 그리고 u-TSN 통신 시스템 및 통신 시나리오를

* 학생회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학과
(Kyungpook National University, School of Electronic Engineering & Computer Science)
접수일자: 2011년4월26일, 수정완료일: 2011년7월13일

제안하고 실험 및 결과에서는 실제 통신시스템을 구축하고 주어진 시나리오를 바탕으로 차량 통신 측정을 직접 수행하여 그 분석 결과를 제시하였다.

II. 본 론

1. 차량 통신의 개요

통신 네트워크의 발달로 고속으로 이동하는 차량에서도 무선을 접속하여 정보교환을 하고자 하는 욕구가 생기게 되었고 이것은 곧 유비쿼터스 사회로 가고 있는 현실과 부합하여 어느 곳에서든지 차량 통신이 가능토록 요구받고 있다. 아무 때나 원하는 서비스를 받기 위하여 차량은 준비된 인프라와 접속하여야 하고 기존의 이동통신망 등이 아닌 교통 환경에 적합한 그리고 교통 서비스를 위해서 다른 통신서비스망으로부터 방해받지 않고 개별통신을 수행할 수 있는 통신망이 요구된다. 현재 차량용 통신은 IEEE 802.11p WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)와 ISO CALM (Continuous Air Interface for Long and Medium Range)의 표준으로 진행되고 있다. 미국, 일본 등에서도 첨단도로 및 차량통신을 위한 대규모 프로젝트를 진행 중에 있으며 우리나라에서도 유비쿼터스 도시 건설 등을 위한 시대적 요구에 발맞추어 연구에 박차를 가하고 있다.

2. u-TSN 서비스 모델 및 차량 통신 요구조건

u-TSN에 요구되는 서비스 모델을 제시하고, 도로 운영환경을 고려한 u-TSN 통신 요구조건을 정의한다.

가. u-TSN 서비스 모델

u-TSN을 위한 차량 통신에서 고려되고 있는 가장 기본적인 서비스의 예를 들어 설명하면 차량의 사고정보로 인한 도로 상황 안내 서비스 및 교통 정보 서비스를 들 수 있다. 이 서비스를 구축하기 위하여 기본적인 통신의 수행을 위해 도로변에 UIS (Ubiquitous Infrastructure Sensor)를 일정한 간격으로 차량과 통신이 끊어지지 않도록 배치하고 차량에는 서비스들을 지원할 수 있는 통신시스템을 갖추어야 한다. 그리고 정보의 전달을 위하여 I2I(Infrastructure to Infrastructure) 통신이 가능하여야 한다. 모든 정보들의 보관 및 통제를 위한 UTC (Ubiquitous Transportation Center)를 두고 기존 이동통신 및 GPS나 위성 등과

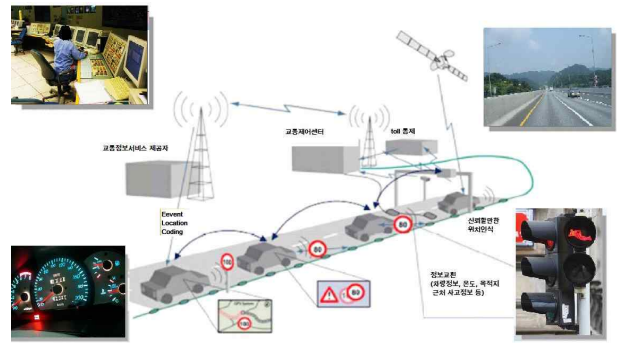


그림 1. u-TSN 서비스 모델
Fig. 1. u-TSN service model.

연계할 수 있는 시스템으로 갖추어야 한다. 차량 간에도 긴급통신을 위한 V2V통신이 수행될 수 있어야 하며 이 때 라우팅이 사용될 수 있다. 부가적으로 고려할 수 있는 서비스로 위치를 파악할 수 있는 차량 위치 인식 서비스와 교차로 서비스 등이다.

나. 차량 통신 요구 조건

u-TSN 차량 통신의 요구 조건은 IEEE 차량 간의

표 1. 차량 통신 요구 조건

Table 1. The requirements of vehicle communication.

요구조건	기 준	비 고
차량 인증	메시지를 보낸 UIS 및 차량 인증	공통
단문 메시지의 전송	전송확인	공통
PER	0.1 이하	공통
패킷 지연 측정	100ms 이하	UIS 또는 차량에서 신호를 받고 처리해서 전송을 완료하기까지 걸리는 시간
프로세스 타임	50ms	UIS 또는 차량에서 단문 메시지를 처리하는데 걸리는 시간
Multihop 통신	2hop 이상의 multihop 통신 여부 확인	패킷이 어떠한 경로를 거쳤는지 최종적으로 알 수 있어야 함. 이것은 실제 multihop이 아니고 direct 전송되는 경우와 구별하기 위해서 필요
최대 전송 범위	1km	테스트 기준이 만족되는 최대 전송 범위 측정
최대 전송 속도	200km/h	테스트 기준이 만족되는 최대 전송 범위 측정
유니캐스트 (Uni-cast) 메시지 전송 확인	보안문제	다른 UIS 또는 차량에서 유니캐스트 메시지를 볼 수 있는지 여부

통신표준 WAVE에서 정의한 요구사항과 유사하며 표 1과 같다.

3. u-TSN 통신 시스템 및 통신 시나리오

u-TSN을 위하여 차량 간 통신 혹은 차량과 노변장치 간 통신에 필요한 통신 시스템을 구성하고 도로에서 직접 차량통신을 수행하기 위하여 실제 통신이 발생할 수 있는 상황에 대한 통신 시나리오를 작성하였다. 여기에서 u-TSN 통신시스템을 위한 모듈의 구성에 관하여 소개하고 가장 많은 통신이 이루어 질 것으로 예상하는 V2I, I2V 그리고 V2V 통신에서 발생할 수 있는 통신 시나리오에 관하여 설명한다.

가. 통신 시스템

본 연구에서 고려한 차량용 통신시스템은 802.11.a 및 WAVE 등에 기반한다. 실제 구현한 시스템은 자체 개발한 통신모듈을 채택하고 있고 USB 2.0, UART 인터페이스 등을 지원한다. u-TSN 통신 모듈(물리계층)은 2개의 슬롯을 지원함으로써 802.11.a를 사용하는 차량장치와 802.11.g를 사용하는 노변 장치를 위해 각각 구분하여 활용이 가능하다.

(1) UVS 구성

- 802.11a 모듈 1개 (V2V/V2I/I2V통신)
- Spark LAN사의 WMIA-166AGH 모듈 적용
- CCH/SCH 전환 : 전환간격 50ms
- MPU와 USB2.0, UART 통신, 1PPS 수신

(2) UIS 구성

- 802.11a 모듈 2개 (V2I/I2V, CCH/SCH)
- 802.11g 모듈 1개 (I2I)
- UTC와 이더넷(Ethernet) 연결
- MPU와 USB2.0, UART 통신, 1PPS 수신



그림 2. u-TSN 통신모듈
Fig. 2. u-TSN communication module.

(3) u-TSN 프로토콜

u-TSN 통신 시스템을 위한 프로토콜 스택 구성은 그림 3과 같다. 이것은 IEEE 802.11a 물리계층을 기반으로 IP통신과 WSMP(WAVE Short Message Protocol)를 동시에 지원 가능하다.

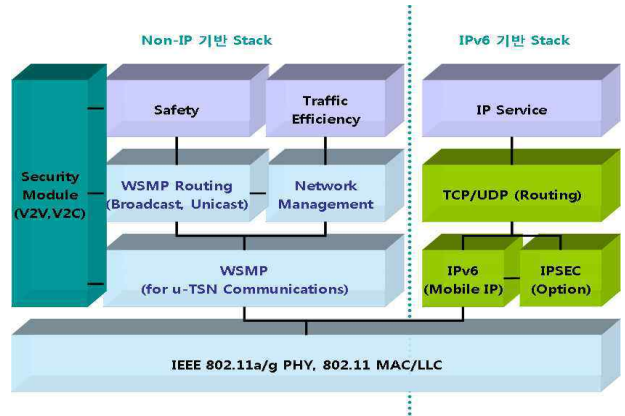


그림 3. u-TSN 통신 프로토콜 스택
Fig. 3. u-TSN Communication Protocol stack.

나. 통신 시나리오

(1) V2I 및 I2V 통신 시나리오

차량과 UIS의 통신의 경우에 개별적인 I2V통신과 V2I통신의 경우로 나누어 생각할 수 있다.

I2V통신의 경우 UIS가 하나의 차량에게 전송하는 경우와 여러 대의 차량이 동시에 같은 UIS로부터 데이터를 전송받는 경우를 고려할 수 있다. UIS가 차량과 1:1 I2V 통신을 하는 경우는 특정 차량(예:경찰,구급)과 긴급 데이터를 교환하는 경우에 국한되며 교통정보 및 사고 정보 등의 서비스 제공은 하나의 UIS가 다수의 차량을 대상으로 I2V 브로드캐스트 통신을 한다.

V2I통신은 단일 차량 또는 복수의 차량이 단일 UIS와 네트워킹하는 경우에 해당된다. 구체적으로 1:1 V2I

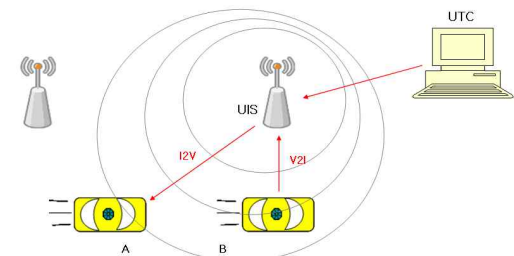


그림 4. 점대점(1:1) 통신 시나리오
Fig. 4. 1:1 communication scenario.

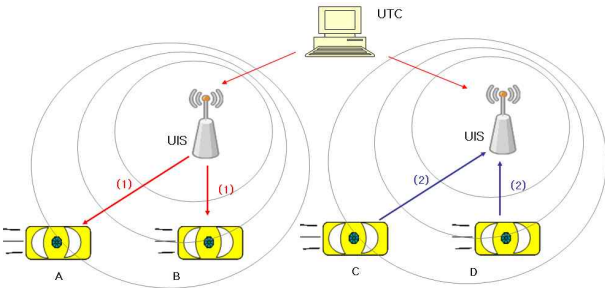


그림 5. 점대다(1:n) 통신 시나리오
Fig. 5. Multi:1 & multi:1 communication scenario.

통신은 특정 차량의 위치를 파악하고자 할 때 또는 특정 차량과의 통신이 필요할 때 구현되는 방식이다. n:1 V2I 통신은 다수의 차량이 운행중 수집한 교통 정보나 도로 정보 등을 UIS에 전달할 때 이루어진다.

그림 4는 차량A는 I2V통신을 차량 B는 V2I 통신을 각각 개별적으로 수행하는 시나리오를 나타낸다.

그림 5에서는 UIS가 차량 A와 B에게 동시에 데이터를 전송하는 시나리오를 화살표 (1)로 표현하였고 차량 C와 D가 UIS를 향해 동시에 데이터를 업로드하는 경우를 화살표 (2)로 표현하였다.

(2) V2V 통신 시나리오

도로환경에서 차량의 사고로 통행에 문제가 발생하였을 경우 혹은 응급차량이 지나갈 때 이웃차량으로부터 통로를 확보 받아야 할 경우가 발생할 수 있다. 이때, 차량 간 통신이 이루어져야한다. 그림 6의 화살표 (2)는 특정 차량(차량 B와 C : 경찰차, 긴급차, 도로 보수차 등) 간 일반 통신의 예를 표현하였고 화살표 (1)방향은 차량 A가 사고가 났을 때나 급정지 시 등에 후행 차량과 충돌을 피하기 위해서 긴급신호를 송출하는 경우를 나타낸다.

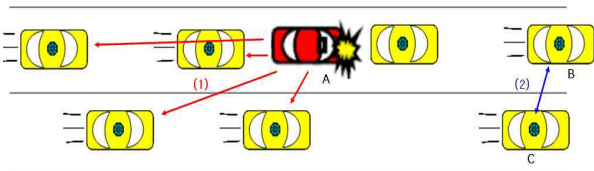
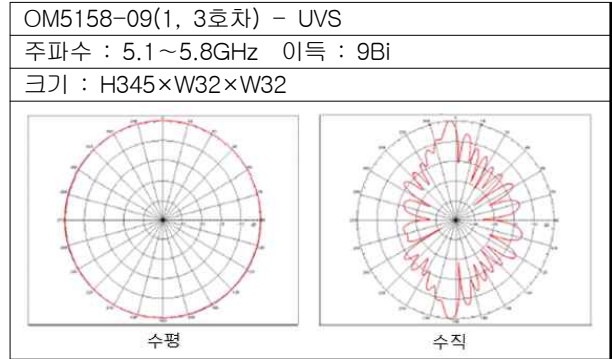


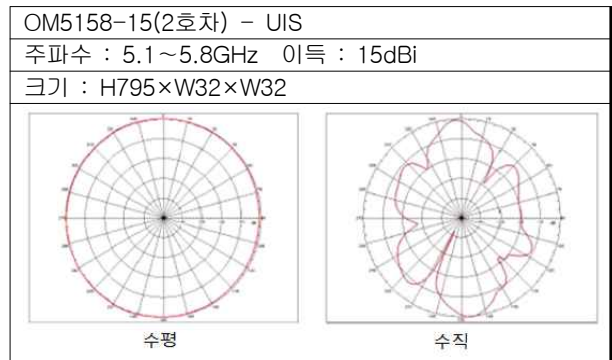
그림 6. 차량 간 통신 시나리오
Fig. 6. Inter-vehicle communication scenario.

III. 실험 및 결과

하나의 UIS와 2개의 UVS를 사용하여 제안한 3가지 시나리오에 따라 정지 및 40km/h 이동 환경하에서 1:1,



(a) UVS 안테나 빔패턴



(b) UIS 안테나 빔패턴

그림 7. 안테나 빔 패턴
Fig. 7. Antenna beam pattern.

1:2 통신의 데이터 전송률 측정 실험을 실시하였다. 3대의 차량 중 하나(2호차)를 UIS로 설정한 후 1:1통신은 1호차와 2호차 간의 통신으로, 1:2 통신은 2호차(UIS)와 1호차 및 3호차 간의 통신으로 간주하여 데이터의 전송량을 측정하였다.

렌카드는 spark LAN사의 WMIA-166AGH를 사용하였고 송신 전력은 20dBm으로 10회 반복 실험을 수행하였다. 측정을 위하여 차량 1, 3호를 UVS로 설정하고 차량 2호를 UIS로 설정한 상태에서 802.11a/g에서 지원되는 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54Mbps의 8가지의 전송모드별 실제 데이터 전송량을 각각 확인하였다.

실험에 사용된 안테나는 무지향성으로 특성은 그림 7과 같다.

실험 장소는 대구 월드컵 경기장 1주차장으로 선정했으며 차량 간 배치 조건은 그림 8과 같고 제안한 V2I와 I2V통신 및 V2V통신 시나리오에 따라서 실험을 하고 실제 전송량을 측정하였다.

V2I통신을 위해서 정지상태의 경우와 그림 8과 같이 화살표의 경로를 따라 이동하면서 각각 데이터를 전송하고 1:1, 1:2통신의 전송량을 측정하였다.



그림 8. 실험 차량 배치도
Fig. 8. Deployment of experimental vehicles.

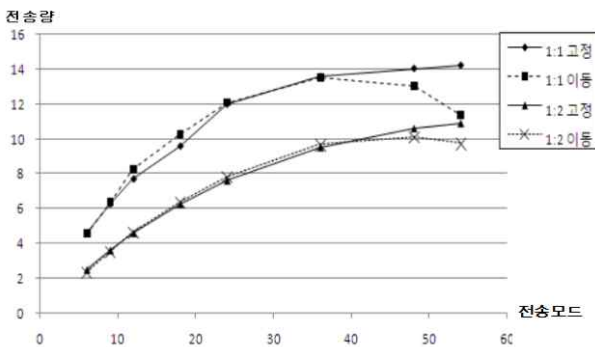


그림 9. V2I 전송량 측정
Fig. 9. Measurement of V2I Throughput.

그림 9는 차량이 정지상태와 이동하면서 UIS와 1:1 및 1:2통신을 수행할 때의 실제 전송량 측정 결과이다. 그림 9의 결과에서 차량이 이동시 6~36Mbps 전송모드까지는 정지상태의 결과와 비슷하다. 같은 신호세기라도 전송속도가 높으면 비트 에너지가 감소하므로 최대 전송량의 감소를 가져오는데 실험에서 전송모드가 증가할수록 전송량 곡선은 어느 시점 이상부터 완만한 곡선을 그린다. 차량이 이동시 48Mbps와 54Mbps의 전송 모드에서는 전송량이 줄어들고 있는 것을 알 수 있다. 전송율이 낮을수록 낮은 C/N(Carrier/Noise)에서도 수신 가능해지고 데이터 전송율이 높아지면 수신에 필요한 C/N이 상대적으로 높아지게 되는데 차량이 속력을 가지고 이동할 때는 환경에 영향을 받아서 채널이 급변하게 되고 C/N이 낮아져서 정지시보다 전송 정보 손실이 발생하기 때문이다. 차량이 이동시에 전송모드가 낮을 때는 정지 시와 별 차이가 없지만 전송모드가 높을 때는 영향을 많이 받아서 전송 손실도 증가한 것이다. 1:2통신에서는 채널을 공유하여 사용하였기 때문에 각각의 링크에서 측정된 전송량은 단일채널일 때보다 감소하고 있는 것으로 확인되었다. 그림 9에서는 두 링크의 평균값으로 표시하였다.

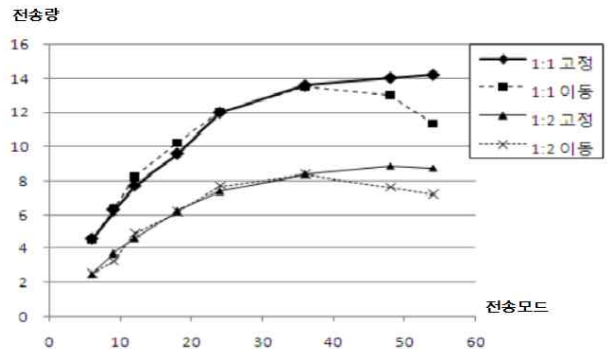


그림 10. I2V 측정 전송량
Fig. 10. Measured throughput of I2V.

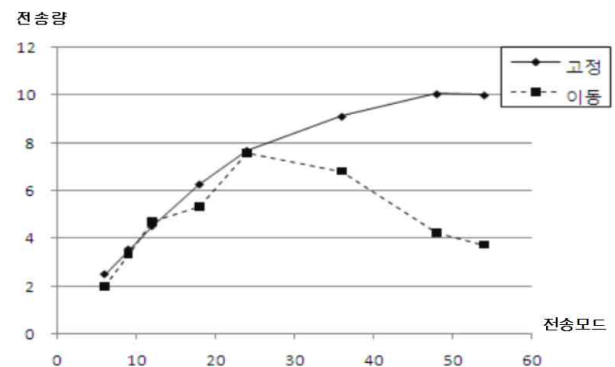


그림 11. V2V 측정 전송량
Fig. 11. Measured throughput of V2V.

그림 10은 UIS에서 정지상태의 UVS로 데이터를 전송하는 경우와 그림 8의 화살표 경로를 따라 이동하는 한 대 또는 두 대의 UVS와 1:1 및 1:2 I2V 통신에 대한 전송량 측정 결과를 나타낸다. 그림 10의 실험 결과는 I2V 유효 전송력이 그림 9의 V2I 유효 전송력과 동등한 수준임을 의미한다.

정지상태에서의 V2V 통신과 그림 8의 화살표 경로를 따라 이동하는 상태에서의 V2V 통신 전송량을 측정 한 결과는 그림 11과 같다. 정지상태에서는 채널고정 시 I2V와 V2I 측정과 비슷한 상태이나 차량이 40km/h의 속력으로 이동시 기존 I2V와 V2I 측정과 달리 24Mbps와 36Mbps 전송모드 구간에서부터 급격한 통신량 감소가 일어난다. 이것은 V2I나 I2V통신에서는 UIS를 고정하고 차량이 이동하지만 V2V통신에서는 둘 다 고정되지 않은 속력을 가진 차량 간 통신으로 환경의 영향을 더욱 많이 받기 때문이다. 그리고 V2V통신에서는 802.11.a로만 통신이 이루어지기 때문에 본 연구에서 채택한 Spark LAN사의 WMIA-166AGH는 802.11.a와 802.11.g를 지원 시에 각각의 전송전력을 다르게 사용하고 있으므로 802.11.g를 사용하는 V2I나

I2V통신보다 낮은 구간부터 전송률 저하를 보인다.

그림 9, 10, 11의 결과 그래프들에서 알 수 있듯이 그림 11의 V2V 통신에서 차량 이동을 제외한 모든 경우에 있어서 현재의 시스템은 36Mbps가 가장 최적화된 전송모드인 것으로 확인된다.

IV. 결론 및 향후방향

실험에 사용되었던 현재의 u-TSN 통신 시스템은 전송량이나 차량의 속력에 따른 데이터의 전송에 있어서 차량의 저속 주행 환경에서 비교적 안정된 성능을 보이고 있다. 그러나 WAVE 등의 표준에서는 200km/h 이상에서도 안정적 데이터 전송이 가능해야 함을 언급하고 있기 때문에 이러한 차량의 속력 및 도로환경 등과 무관한 고품질의 서비스를 위해서 전체 시스템의 구성을 포함한 통신시스템의 개선방향에 대하여 추가적인 연구가 필요하다. 채널의 분배에 있어서도 1:1통신을 수행하다가 1:2통신으로 변경되면서 링크가 두 개일 때 각각의 통신량이 균등하게 분할되지 않는 것을 확인하였는데 이것은 1대다 통신을 위하여 채널 접속 기회가 공평하게 분배되지 않는다는 것을 의미한다. 이러한 문제점 해결을 위하여 u-TSN 통신 환경을 고려한 MAC 프로토콜의 기능개선이 우선되어야 한다. 또한 u-TSN 통신이 가능한 최대 링크 수나 링크 수에 따른 최대 전송거리 등에 대한 연구가 수행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 오현서, 박종현, “차량 통신 네트워크 기술 동향”, 전자통신동향분석, 제23권, 제3호(통권113호), 2008년 10월.
- [2] 이성렬, 유준, 정지웅, 정승은, 김종권, “VANET에서의 무선 전송 기술 : IEEE 802.11p WAVE Standard 중심으로”, 정보과학회, 2008년 5월.
- [3] 조한벽, “차량 간 통신을 활용한 ITS/ Telematics 서비스 구현 및 표준현황”, 한국통신학회지, 25권 1호, 2008년 1월.
- [4] TTA Standard, TTAK.KO-06.0174, “ITS/텔레메틱스를 위한 광역 무선 통신 요구사항”, 한국정보통신기술협회, 2008년 6월 26일.
- [5] TTA Standard, TTAK.KO-06.0175, “차량간 통신 요구사항”, 한국정보통신기술협회, 2008년 6월 26일.
- [6] D. Jiang, L. Delgrossi, “IEEE 802.11p : Towards an International Standard for Wireless Access in

Vehicular Environments”, Proc. IEEE VTC-Spring, may 2008.

- [7] “IEEE Std. 802.11-2007, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification”, IEEE Std. 802.11, 2007.
- [8] 고중협, 임재춘, 김태형, 강연수, “u-Transportation 센서 네트워크 시스템 기본 설계”, 한국통신학회, 2009년 6월.
- [9] 배정규, 송정훈, 이재정, 안태식, 박진홍, 한동석, “u-TSN 서비스를 위한 IEEE 802.11a 기반의 통신 모듈 성능평가”, 한국통신학회, 2009년 6월.
- [10] 김기범, 김준오, 지규인, 이형근, 김태형, 강연수, “u-Transportation 차량용 정밀 위치 추적 센서”, 한국통신학회, 2009년 6월.
- [11] 송정훈, 안태식, 박진홍, 류도훈, 서대화, 한동석, 강연수, “u-Transportation 환경을 위한 통신 시스템 구현”, 한국통신학회, 2009년 6월.
- [12] 강성훈, 전성희, 박준구, “u-TSN 네트워크 환경을 고려한 차량위치 결정 기법”, 한국통신학회, 2009년 6월.
- [13] IEEE, Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)-Resource Manage, IEEE Std 1609.1, 2006.
- [14] IEEE, “1609.1-2006 Multi-channel Operation”, 2006
- [15] ISO “CALM Architecture (ISO21217), (DSRC Tutorial 06-10-021)”, ISO, 2008년
- [16] Andras Kovacs, “CALM Architecture and Technologies”, ITST, 2007.

저 자 소 개



전 성 희(학생회원)
2006년 영남대학교 정보통신공학
학사 졸업.
2008년 경북대학교 정보통신과
석사 졸업
2008년~현재 경북대학교
전자전기컴퓨터학과
박사 과정.

<주관심분야 : 통신 및 신호처리, 센서, ITS 및
위치인식>