Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2014.9.12.1359

IEEE 802.11p 기반 통신시스템의 대용량 전송 성능 측정

조 웅* · 최현경**

Performance Measurement of IEEE 802.11p based Communication Systems in Large Capacity Transmission

Woong Cho* · Hyun-Kyung Choi**

요 약

IEEE 802.11p는 차량통신 시스템의 대표적인 물리계층 및 매체접근제어계층 표준이다. IEEE 802.11p를 기반으로 한 통신시스템의 일대일 통신성능은 링크접속시간, 오류율, 전송용량 (throughput), 등의 다양한 형태로 측정되었다. 본 논문에서는 IEEE 802.11p기반 통신시스템을 이용하여 대용량으로 신호 전송 시 성능을 측정한다. 일대일 통신을 포함하여 최대 32개의 통신시스템을 사용하여 데이터를 전송하였을 경우에 대한 성능을 측정한다. 전송방식은 브로드캐스트와 유니캐스트 두 가지 경우에 대해 고려하며, 통신시스템의 성능은 수신율 및 전송용량을 이용하여 나타낸다.

ABSTRACT

IEEE 802.11p is a representative PHY/MAC layer standard in vehicular communications. The performance of IEEE 802.11p based communication systems has been measured in various criterions such as link setup time, error rate, and throughput for the case of one-to-one. In this paper, we measure the performance of IEEE 802.11p based communication systems in large capacity transmission. The performance of large capacity transmission is measured by considering the maximum 32 simultaneous transmission including one-to-one transmission. We consider two transmission schemes, i.e., broadcasting and unicasting, and the performance is represented as the receiving rate and throughput.

키워드

Vehicular Communications, IEEE 802.11p, WAVE, Performance Measurement, Large Capacity
차량통신, IEEE 802.11p, WAVE, 성능 측정, 대용량

Ⅰ. 서 론

차량통신 시스템은 차량에 정보통신 기술을 접목하여 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 특히 무선통신기술을 이용하여 차량 간의 통신을 가능케 함으로써 안전서비스에 적용될 수 있다. 여러 가지 무선통신기술 중에서 차량통신을 위해 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments)로 알려져 있는 표준이 전 세계적으로 널리 사용된다[1]. WAVE표준은 물리계층과 매체접근제어계층의 표준을 다루는 IEEE 802.11p

* 중원대학교 컴퓨터시스템공학과(wcho@jwu.ac.kr)
** 교신저자(corresponding author) : 중원대학교 의약화학과(hkchoi45@jwu.ac.kr)
접수일자 : 2014. 10. 06 심사(수정)일자 : 2014. 11. 21 게재확정일자 : 2014. 12. 15

와 보안, 네트워크서비스, 다중채널 동작을 다루는 IEEE 1609.2, IEEE 1609.3, IEEE 1609.4로 구성된다. IEEE 802.11p의 물리계층은 기존의 IEEE 802.11a/g 표준을 차량통신환경에 적합하게 변경하였다[1-2]. IEEE 802.11p물리계층의 특성 및 신호특성은 기존의 연구에서 다루어졌으며[3-5], IEEE 802.11p를 실제시스템에 구현하여 측정한 성능결과들과 이 시스템을 적용한 핸드오버적용과 응용서비스들이 소개되었다[6-8]. 그러나 기존의 성능측정 및 서비스 구현은 대부분이 1대1 통신을 기본으로 하여 측정되었으며 대용량을 고려한 성능은 측정되지 않았다. 본 논문에서는 최대 32대의 통신장치를 이용한 대용량 전송 성능에 대해 소개한다. 통신성능은 수신율과 전송용량을 이용하여 측정된다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. II장에서는 IEEE 802.11p표준을 물리계층과 매체접근제어계층으로 나누어 요약한다. III장에서는 성능측정 환경과 브로드캐스트 및 유니캐스트 통신환경 하에서 측정된 결과에 대해 나타내며 IV장에서는 실험결과를 토대로 하여 결론을 도출한다.

II. 표준요약

이 장에서는 IEEE 802.11p표준의 물리계층과 매체접근제어계층에 대해 소개한다.

2.1. 물리계층

IEEE 802.11p표준의 물리계층은 IEEE 802.11a/g표준을 변경한 형태이다. IEEE 802.11a/g방식은 20MH의 신호대역폭을 사용하여 비허가면허대역인 ISM(Industrial Scientific Medical)밴드에서 동작한다. 반면에 IEEE 802.11p방식은 미국의 경우 허가면허대역인 5.850~5.925GHz에서 하나의 채널이 10MHz의 신호대역폭을 사용한다. IEEE 802.11p의 물리계층의 특성을 요약하면 표1과 같이 나타낼 수 있다. 표1에 나와 있는 기본적인 신호의 특성이외에 802.11p표준은 기존의 무선랜과 비교하여 송신단에서는 높은 송신신호세기와 날카로운 스펙트럼 마스크를 가지도록 정의하였으며, 송신단에는 높은 수신감도를 가지도록 정의하였다 [1].

표 1. IEEE 802.11p 신호의 기본 특성
Table 1. Basic characteristics of IEEE 802.11p signal

Parameter	Value
# of subcarriers	48
# of pilot subcarriers	4
Total # of subcarriers	52
subcarrier frequency spacing	156.25KHz
Guard interval (GI)	1.6μs
Syboll interval (including GI)	8μs

2.2. 매체접근제어계층

기존의 무선랜은 BSS(Basic Service Set)을 정의하여 미리 정의된 BSS을 통해서 통신이 가능하였다. IEEE 802.11p표준에서는 이와는 다르게 차량통신환경에서 빠른 접속이 가능하도록 새로운 통신형태를 정의하였다. 표준에서는 이를 'outside of context of BSS' 라고 명명하여 OCB라고 표기한다. 즉, 기존의 무선랜 시스템에서는 동일한 BSS에 속해있는 장치(station)끼리만 통신이 가능하지만, OCB모드에서는 BSS에 속해있지 않더라도 통신이 가능하도록 하였다. OCB모드가 기존의 방식과 비교하여 다른 점을 정리하면 다음과 같다.

1. 비컨프레임을 사용하지 않는다.
2. 하나의 장치가 다른 장치와 통신을 하기 전에 동기화(synchronization)가 요구되지 않는다.
3. 매체접근제어시 인증(authentication)을 사용하지 않는다.
4. 통신을 하기 전에 장치의 접속(association)을 하지 않는다.

따라서, 기존의 방식에 비해 빠른 통신링크접속을 보장할 수 있다. 통신매체접근방식 기존의 무선랜에서 사용되는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)방식을 사용한다. 즉 각 장치들이 먼저 무선매체에 프레임을 전송하여 매체가 유휴상태인지 아닌지를 파악한 후 매체가 유휴상태이면 신호를 전송하고, 유휴상태가 아니면 랜덤시간동안 기다린 후 채널의 유휴상태를 파악하여 신호를 전송하는 방식을 사용한다.

III. 시험

이 장에서는 실제 구현된 시스템을 이용하여 대용량 시험환경 및 측정결과에 대해 소개한다.

3.1. 시험측정환경 및 방법

성능측정은 브로드캐스트 및 유니캐스트 두 가지 경우에 대해서 실시하였다. 그림1은 통신장치에서 전송되는 신호의 성상도를 나타낸다. 그림에서 나타내듯이 전송신호는 16QAM방식을 사용하였고 전송신호의 스펙트럼 마스크는 10MHz의 대역폭을 사용하여 IEEE 802.11p에서 정의한 class B의 신호를 만족하는 신호를 사용하였다[1]. 그림 2는 그림1에서 전송되는 신호의 EVM(Error Vector Magnitude)을 나타내는데, 측정된 값은 3%이하를 나타냄을 알 수 있으며 이는 원하는 성상도 좌표값을 벗어나지 않으면서 신호가 생성되어 전송됨을 나타낸다.

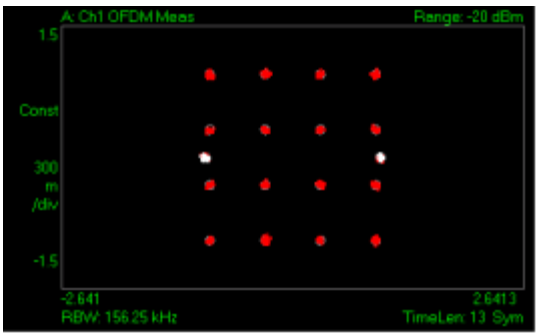

그림 1. 송신신호의 성상도
Fig. 1 Constellation of transmission signal

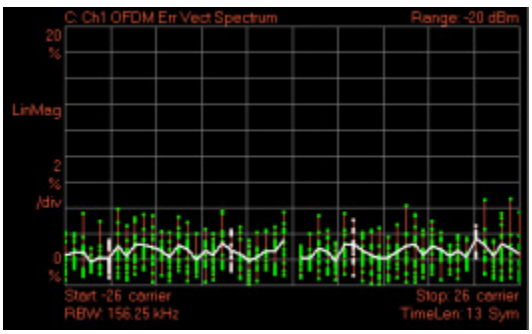

그림 2. 송신신호의 EVM
Fig. 2 EVM of transmission signal

대용량측정을 위하여 최대 32개의 통신장치를 이용하여 신호를 측정하였다. 신호의 성능은 수신율과 전송용량을 이용하여 나타낸다. 브로드캐스트 전송시는 최대 32대의 통신장치가 동시에 프레임을 전송하는 경우를 고려하며, 유니캐스트의 경우에는 최대 31개의 통신장치가 동시에 특정 통신장치로 프레임을 전송하는 경우를 고려한다. 각 방식을 이용하여 성능을 측정하는 순서는 다음과 같다.

1. Ethernet 시험장비와 각 통신장치(최소 2개, 최대 32개)를 이더넷을 통해 연결한다.
2. Ethernet 시험장비의 32개의 포트에서 프레임을 동시에 각 통신장치로 전송한다.
3. 브로드캐스트 : 각 통신장치에서 이더넷 포트로 수신된 프레임을 무선링크를 통해 브로트캐스트 한다. 유니캐스트 : 각 통신장치에서 이더넷 포트로 수신된 프레임을 무선링크를 통해 특정 통신장치로 유니캐스트한다.
4. 브로드캐스트 : 각 통신장치에 수신된 프레임은 Ethernet 시험장비로 전달된다. 유니캐스트: 특정통신장치에서 수신된 프레임은 Ethernet 시험장비로 전달된다.
5. Ethernet 시험장비에서 수신된 프레임을 기반으로 성능을 분석한다.

2.2. 측정결과-브로드캐스트

표 2는 브로드캐스트 전송시 통신장치의 개수에 따른 평균 수신율을 나타낸다. 표에서 알 수 있듯이 통신장치의 수가 증가함에 따라 수신율이 감소함을 알 수 있는데, 이는 CSMA/CA가 가지고 있는 특성에서 기인한다.

표 2. 평균수신율-브로드캐스트
Table 2. Average receiving rate-broadcast

# of devices	# of Tx frame	Avg. # of Rx frame	Avg. Rx rate(%)
1	3000	3000	100
2	6000	5445	91
4	12000	9330	48
8	24000	11219	47
16	48000	13797	29
24	72000	18274	25
32	96000	13588	14

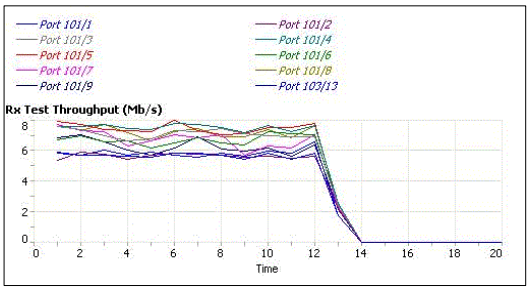

그림 3. 전송용량-2개의 장치가 브로드캐스한 경우
Fig. 3 Throughput-2 communication devices transmit signal with broadcast

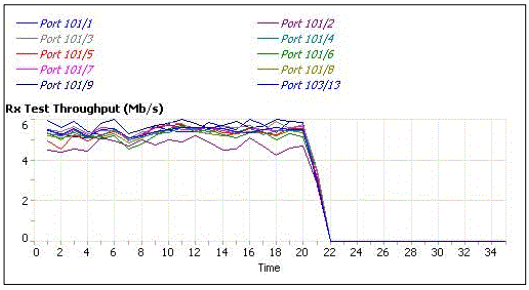

그림 4. 전송용량-8개의 장치가 브로드캐스한 경우
Fig. 4 Throughput-8 communication devices transmit signal with broadcast

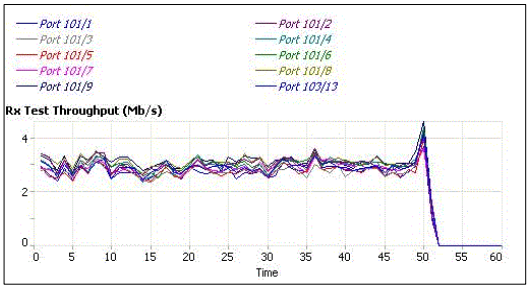

그림 5. 전송용량-32개의 장치가 브로드캐스한 경우
Fig. 5 Throughput-32 communication devices transmit signal with broadcast

그림 3, 4, 5는 각각 통신장치 2개, 8개 및 32개를 사용했을 경우 각 통신장치가 3000개의 프레임을 브로드캐스트 했을 때 10개의 통신장치에서 측정된 전송용량을 나타낸 것이다. 무선링크가 안정적이고 수신성능이 동일하다면 각 노드의 전송용량이 동일해야하나 통신장치 마다 약간의 성능차이로 인하여 각 노드별로 약간의 성능차이가 나타남을 알 수 있다. 그림 4와 5는 는 8개 및 32개의 통신장치가 각각 3000개의 프레임을 전송했을 경우의 전송용량을 나타내었는데, 그림 3과 비교하여 볼 때 통신장치의 개수가 증가할수록 무선링크상에서의 충돌로 인하여 전송용량이 감소함을 확인할 수 있다. 또한 전송시간도 14ms에서 각각 22ms 및 52ms로 증가한 것을 확인할 수 있다.

2.2. 측정결과-유니캐스트

표 3는 유니캐스트 전송 시 통신장치의 개수에 따른 평균 수신율을 나타낸다. 표에서 알 수 있듯이 유니캐스트 에서는 통신장치의 수가 증가하더라도 수신율이 거의 100%를 나타냄을 확인할 수 있다. 이는 유니캐스트 전송에서는 프레임전송 오류가 발생하더라도 최대 7번까지의 재전송을 허용함으로 수신율이 100%가까이 나타내는 것을 보여준다.

표 3. 평균수신율-유니캐스트
Table 3. Average receiving rate-unicast

# of devices	# of Tx frame	Avg. # of Rx frame	Avg. Rx rate(%)
1	3000	3000	100
2	6000	6000	100
4	12000	11909	99.24
8	24000	23904	99.6
16	48000	47782	99.55
31	93000	91800	98.71

아래 그림 6, 7, 8, 9는 각각 통신장치 1개, 2개, 16개 및 31개의 통신장치가 각각 3000개의 프레임을 특정 통신장치로 유니캐스트 했을 경우의 전송용량을 나타낸다.

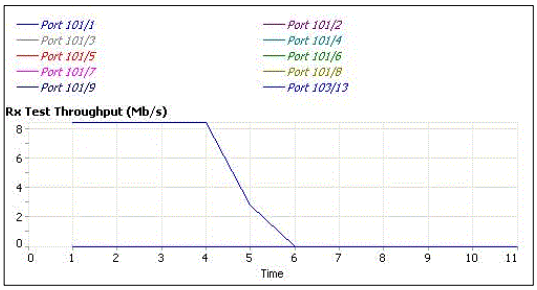

그림 6. 전송용량-1개의 장치가 유니캐스트한 경우
Fig. 6 Throughput-1 communication device transmits signal with unicast

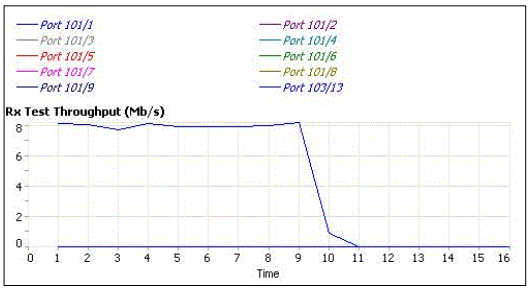

그림 7. 전송용량-2개의 장치가 유니캐스트한 경우
Fig. 7 Throughput-2 communication devices transmit signal with unicast

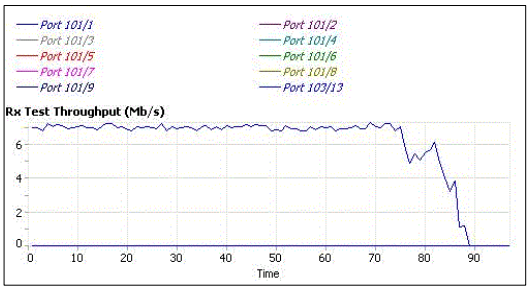

그림 8. 전송용량-16개의 장치가 유니캐스트한 경우
Fig. 8 Throughput-16 communication devices transmit signal with unicast

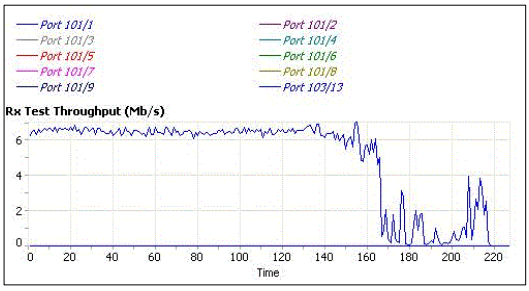

그림 9. 전송용량-31개의 장치가 유니캐스트한 경우
Fig. 9 Throughput-31 communication devices transmit signal with unicast

그림 6, 7, 8, 9에서 확인할 수 있듯이 유니캐스트에서는 통신장치의 개수에 따른 전송용량에 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다. 그러나 브로드캐스트 방식과 비교해 볼 때 통신장치의 개수가 증가함에 따라 전송시간이 많이 증가함을 알 수 있다. 이는 통신장치의 개수가 증가하면 전송신호 충돌의 가능성도 증가하고 또한 재전송 횟수가 증가함에 따라 전체적인 신호의 전송시간이 증가하는 것에 따른 것이다. 유니캐스트 방식은 브로드캐스트방식과 비교해서 특정 통신장치에 원하는 신호를 좀 더 신뢰성 있게 전송할 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11p표준이 기존 표준과 다른 점을 물리계층 및 매체접근제어계층에 초점을 두어 소개하였다. IEEE 802.11p표준을 이용한 통신장치를 이용하여 최대 32개의 장치를 사용한 대용량 전송시험을 수행하였다. 대용량시험은 브로드캐스트 및 유니캐스트 방식으로 나누어서 수행하였다. 브로드캐스트 방식은 대용량 전송에서 수신율 및 전송용량에서 손실이 발생하나 유니캐스트 방식에 비해 비교적 빠른 전송을 보장할 수 있음을 확인하였다. 유니캐스트 방식은 통신장치의 개수가 증가할수록 재전송에 따라 전송시간이 증가하나 통신장치의 개수에 상관없이 일정한 수신율 및 전송용량을 보임을 확인할 수 있었다. 본 논문의 결과를 참조하여 다수의 장치가 동시에 통신을 할 경우 통신용량 및 성능을 예측하는데 이용할 수 있다.

References

[1] B. J. Kenney, “Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the united states,” *Proc. of the IEEE*, vol. 99, no. 7, 2011, pp. 1162-1182.

[2] R. A. Uzcategui and G. Acosta-Marum, “WAVE: A tutorial,” *IEEE Commun Mag.*, vol. 47, no. 5, 2009, pp. 126-133.

[3] W. Cho, “Physical layer issues in vehicular communications,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 5, 2012, pp. 1229-1234.

[4] P. Alexander, D. Haley, and A. Grant, “Cooperative intelligent transport systems: 5.9-GHz field trials,” *Proc. of the IEEE*, vol. 99, no. 7,

2011, pp. 1213-1235.
[5] G. Acosta-Marum and M. A. Ingram, "Six time and frequency selective empirical channel modes for vehicular wireless LANs," *IEEE Vehicular Technology Mag.*, vol. 2, no. 4, 2007, pp. 4-11.
[6] J. A. Fernandez, K. Borries, L. Cheng, B. V. K. V. Kumar, D. D. Stancil, and F. Bai, "Performance of the 802.11p physical layer vehicle-to-vehicle environments," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 61, no. 1, 2012, pp. 3-14.
[7] W. Cho, "Usage of RSSI in WAVE handover," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1449-1454.
[8] W. Cho, "Service Realization of WAVE based vehicular communication systems in the testbed," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 10, 2013, pp. 1589-1594.

저자 소개

조 웅(Woong Cho)

1997년 울산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1999년 한양대학교 대학원 전자통신공학과학과 졸업(공학석사)
2003년 Univ. of Southern California 대학원 전기전자공학과 졸업(공학석사)
2007년 Univ. of Florida 대학원 전기컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
2008년 2월~2011년 2월 한국전자통신연구원
2012년 3월~현재 중원대학교 컴퓨터시스템공학과 교수
※ 관심분야 : 무선통신, 협력통신, ITS

최현경(Hyun-Kyung Choi)

2009년 서울대학교 약학대학 졸업(약학박사)
2009년~2010년 ㈜대상 중앙연구소 연구기획
2010년~2012년 동국대학교 약학대학 연구교수
2012년 3월~현재 중원대학교 의약화학과 교수
※ 관심분야 : ICT 응용시스템, ITS