

WPAN시스템에 미치는 WLAN 시스템의 간섭신호 경감을 위한 MAC schedule 기법에 관한 연구

김성철*

Study On The MAC Schedule Technique for WPAN system to alleviate the impact of interference in the presence of WLAN system

Seong-cheol Kim*

Department of Railroad Electrical System Engineering, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

요 약

본 논문은 멀티미디어 환경하에서 WPAN 시스템에 미치는 WLAN 시스템의 간섭신호 경감을 위한 MAC schedule 기법에 대해 연구한다. 본 연구에서 고려하는 파라미터는 간섭신호평가와 주장치 지연정책을 고려한다. 제안된 스케줄링 기법은 패킷 전송손실과 다중 슬롯 패킷의 경우 전송지연시간을 감소시키는데 효과적임을 알 수 있었다. 또 다른 장점은 채널 상태가 나쁠 경우 패킷의 전송이 이루어지지 않기 때문에 전송 전력의 낭비를 막을 수 있다는 것이다. 더욱이 다른 장치에 의해 차지하고 있는 채널을 피함으로 인해 같은 주파수 대역을 사용하고 있는 다른 시스템으로의 간섭의 영향을 줄일 수 있었다. 음성 패킷은 고정된 기간에 보내지기 때문에 스케줄링 정책은 데이터 트래픽에 한하여 적용된다. 그러나 지연분산이 일정하고 한 슬롯내로 제한된다면 음성을 위한 DM패킷에도 적용 가능할 것이다.

ABSTRACT

This paper describes packet scheduling techniques that can be used to alleviate the impact of interference. The mechanism is consisted of interference estimation and master delay police. Proposed scheduling police is effective in reducing packet loss and delay. Another advantage worth mentioning, are the additional saving s in the transmitter power since packet are not transmitted when channel is bad. This paper gives that scheduling policy works only with data traffic since voice packets need to be sent at fixed intervals. However, if the delay variance is constant and the delay can be limited to a slot, it may be worthwhile to use DM packet for voice.

키워드 : mac, 주파수 도약, 패킷스위칭, 자동 응답, 비대칭채널, 대칭채널

Key word : mac, ISM, Frequency hopping, SCO, ACL, ARQ, Packet switching

Received 31 August 2015, Revised 15 September 2015, Accepted 30 September 2015

* Corresponding Author Seong-cheol Kim(E-mail:kmin@wsu.ac.kr Tel:+82-42-630-9393)

Department of Railroad Electrical System Engineering, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.10.2263>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 LTE등 새로운 무선통신 서비스의 출현과 무선 기기의 급증에 따라 무선통신 트래픽이 점점 더 증가하고 있으며 이로 인해 가정이나 사무실 등 실내 환경에서의 전파 혼신 및 간섭문제가 대두되고 있다. 실내에서 전파를 발생하는 기기로는 허가대역을 사용하는 펌토셀 중계기, 휴대전화, 무선전화 등과 비면허인 ISM 대역을 사용하는 각종 무선기기들이 있으며 이들 기기 상호간의 전파간섭에 의해 통화품질 저하, 기기의 오작동 등이 발생된다. 또한 사회적 이슈인 2.4GHz 대역을 통한 무선 홈 네트워킹 시스템 기술, 사물인터넷 서비스는 유무선 상에서 정보를 빠른 시간 내에 더 정확하게 얻기 위해 많은 연구와 표준화가 진행되었다. 미국 전기전자학회(IEEE)의 작업 그룹에서 개발한 IEEE 802.11 기반 무선랜 기술 규격으로 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n이 있으며, 이들은 전송률, 보안, 서비스 품질(QoS: Quality of Service) 측면에서 성능 개선을 위한 규격들이 제정되었다[1].

또한 네트워크 접속 및 네트워크 구성의 편의성 때문에 무선 랜 기술은 사용자들의 멀티미디어 데이터 통신에 대한 요구의 증가로 과거보다 고속화된 데이터를 처리할 수 있도록 성능 향상이 필요하게 되었다. 기존의 IEEE 802.11b/g/a 매체 접근 제어(MAC: Media Access Control)은 최대 2, 11, 54Mbps의 데이터 전송 제공을 목적으로 설계되었기 때문에 100Mbps이상의 데이터 전송을 위하여 기존의 매체 접근 제어를 수정 없이 적용하는 것은 적합하지 않다. 따라서 IEEE 802.11n은 기존 매체 접근 제어, 물리 계층 기능을 수정 보완하여 보다 높은 처리율을 얻기 위한 표준이다.

여러 가지 무선 홈 네트워크 중 가장 활발한 성장을 거듭해온 기술은 WLAN(Wireless Local Area Network)과 블루투스라 불리는 근거리 무선통신으로 대표되는 WPAN(Wireless Personal Area Network)이다. WLAN과 WPAN은 동일한 비허가 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 대역을 이용하여 다양한 서비스를 제공한다. 이러한 WLAN(IEEE 802.11.x)과 WPAN(IEEE 802.15.x)의 무선 네트워크는 상보적 서비스를 제공할 수가 있고 또한 동일한 환경 내에 설치가 될 수 있다 [2, 3]. 이와 같이 동일한 환경, 동일한 주파수에서 서비스가 될 경우, 서비스간의 상호 간섭을 야기할 수 있을

것이다[4]. 본 논문에서는 이러한 네트워크환경에서 블루투스 장치의 성능을 향상시킬 수 있는 패킷 스케줄링 방법을 제시하고 그에 따른 성능분석을 하고자 한다.

II. WPAN 시스템

2.1. WPAN 개념

먼저 기본 개념을 살펴보면 WPAN시스템은 PC 주변장치들을 10~100m 근거리에서 무선으로 연결하기 위한 하나의 무선 인터페이스 규격이며 2.4GHz 대역의 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역에서 1MHz 간격으로 79개의 채널을 사용한다. 전송방식으로는 다른 기기와의 간섭을 없애기 위해 대역확산 방식의 일종인 주파수 도약(Frequency Hopping)방식을 사용하는데 1초에 1600번의 주파수 도약을 한다. 주파수 호핑은 반송파가 패킷 단위로 변한다. 동기식 음성 링크와 비동기식 데이터 링크가 별도로 정의 되어있고 TDMA방식인 음성 채널은 3개가 있다. 최대 데이터 전송속도는 양방향 대칭일 때 432.6Kbps, 비대칭일 때 마스터/슬레이브 송신 속도가 각각 721.0/57.6Kbps 이다. 채널은 마스터 디바이스의 48비트 주소와 Bluetooth 클럭으로부터 전달된 식별 의사램덤 주파수 호핑 시퀀스로 정의된다. 피코넷에 존재하는 슬레이브들은 각자의 타이밍과 마스터로의 상위 접속 설정으로 동기화 된다. 접속 모드에서는 마스터가 마스터와 슬레이브 전송을 교환하는 폴링방식을 사용하기 위한 채널 처리를 제어한다. 슬레이브 패킷은 항상 마스터 패킷 전송 후에 일어난다. 그림 1은 마스터의 TX/RX 채널 슬롯을 보여준다[5, 6].

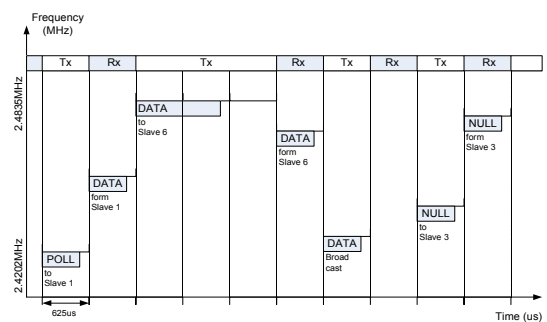


그림 1. 마스터의 TX/RX 호핑 시퀀스
Fig. 1 TX/RX hopping sequence for Master

SCO(Synchronous Connection-Oriented) 링크와 ACL(Asynchronous Connection-less) 링크의 두 가지 방법에 의해 주장치와 종속장치 사이에서의 접속설정이 된다.

SCO 링크는 주장치와 종속장치사이에서 대칭적 점대점 접속을 한다. 이때 주장치는 시간 슬롯 T_{SCO} 로 정의된 일정한 시간 간격으로 TX 슬롯에 SCO 패킷을 보낸다. 종속장치는 다음 TX에 SCO 패킷으로 응답한다. T_{SCO} 는 HV1, HV2 또는 HV3 패킷 형식 각각을 위해 2,4,6 타임 슬롯 중 하나를 할당한다. SCO 패킷의 3가지 형식 모두는 음성 교환이 64Kbps로 정의 되는데, 패킷 손실이나 에러의 경우 결코 재전송하지 않는다. ACL 링크는 피코넷에서 주장치와 활성화된 종속장치 간 비대칭적 점대점 접속이다. 몇몇 패킷 형식들은 ACL을 위해서도 정의되었다. 즉 DM1, DM2, DM3 패킷이 타임의 1,3,5 구간 각각을 차지한다.

ARQ(Automatic Repeat Request) 절차는 ACL 패킷을 적용한다. 여기서 패킷들은 소스 에서 수신되는 ACK 응답이 긍정일 때까지 손실의 경우로 인정하여 재전송한다. 여기서 ARQN 비트는 이전 패킷이 성공적으로 수신되었는지 아닌지에 따라 1 혹은 0을 할당한다. 게다가, 시퀀스 개수(SEQN) 비트는 패킷열안에 있는 데이터 패킷들의 순차적인 요구와 수신기의 필터 출력으로 인한 재전송을 제공하기 위해 패킷 헤더를 사용한다. 전송 에러 접속(Forward Error Correction, FEC)은 약간의 SCO와 에러 정정으로 인한 ACL 패킷들 그리고 ACL 재전송 수의 감소를 위해 사용한다.

2.2. Packet Scheduling의 원리

간섭의 영향을 줄여주기 위한 방법으로 사용되는 패킷 schedule 방법을 두가지 관점에서 설명하고자 한다. 먼저 간섭에 대한 가치 평가를 수행하는데 있어서 대역 내 간섭을 일으키는 장치를 찾아내는 과정이 필요하다. 이때 간섭을 일으키는 장치는 WLAN DSSS 시스템으로 간주하게 된다. 간섭신호의 존재 여부를 검출해 내기 위해서는 표 1과 같이 각 주파수오프셋에 따른 비트 에러 확률을 확인할 수 있는 주파수 사용 표를 참조하는 것이다. 또한 BER 대신 프레임 오차확률, 또는 패킷 오차를 사용할 수도 있다. 이때 사용되는 각각의 주파수는 채널내에서의 간섭의 크기에 따라 분류되며 해당하는 비트오차확률 임계치 이상 혹은 이하에 해당하는

지에 따라서 “사용” 혹은 “사용되지 않음” 으로 표시된다. 이와 같은 주파수 표는 주장치 와 종속 장치의 수신 기측면에서 유지된다.

두 번째 과정인 Master Delay Policy는 간섭에 대한 가치 평가 과정에서 수집된 측정값을 성능이 좋지 않은 채널 혹은 최악의 간섭 환경인 채널에는 패킷을 전송하지 않도록 활용하는 것이다.

표 1. 주파수 사용
Table. 1 frequency use

Use	Frequency Offset	BER _f
○	0	10^{-3}
X	1	10^{-1}
X	2	10^{-2}
X	3	10^{-1}
	...	
○	76	10^{-4}
○	77	10^{-3}
○	78	10^{-3}

즉 수신기에서 사용되는 주파수 도약 패턴을 사용하지 않은 주파수를 활용하는 방법이다. 따라서 송신기는 패킷을 전송하기 전에 수신기의 주파수 사용 표를 참조한다. 또한 수신기는 주파수 사용표 의 update상태를 송신기에 전송한다. 블루투스 시스템에서는 피코넷에서 주장치가 모든 전송을 제어하기 때문에 지연 법칙은 주장치에서 구현되어야 한다. 더욱이 각 주장치의 전송에 따라 종속장치의 전송이 이루어진다. 즉 주장치가 주어진 주파수 도약 패턴에 패킷 송신을 결정하기 전에 종속장치의 수신 주파수와 자신의 수신주파수를 검사한다. 과정은 그림 2와 같다.

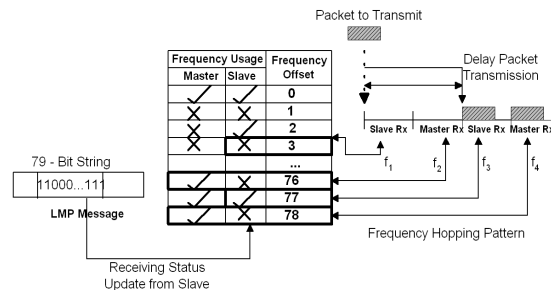


그림 2. 블루투스 Master에서의 지연 스케줄링 정책
Fig. 2 delay scheduling policy at Bluetooth Master

스케줄링 과정은 다음과 같은 절차에 따라 결정된다.

▶ 종속 장치

1. 수신되는 모든 패킷에 대해 각 주파수에 따른 평균 BER 값인 BER_f 값을 update한다.
2. 매 update 간격(U)에 사용된 주파수들에 대해 표시를 함으로서 주파수 사용표를 새롭게 하고 주 장치에 update된 상태를 전송한다.

▶ 주 장치

1. 수신되는 모든 패킷에 대해 각 주파수에 따른 평균 BER 값인 BER_f 값을 update한다.
2. 매 update 간격(U)에 주파수 사용표를 새롭게 한다.
3. 패킷을 전송하기 전에 종속장치의 수신주파수와 주 장치의 다음 수신 주파수를 검사하고 주장치와 종속 장치의 수신 주파수 들이 가용될 때 까지 전송을 지연한다.

III. 구현 방법

무선 주파수를 사용하는 장치의 경우 동일 주파수 대역을 사용하는 다른 사용자에게 사용된 채널로의 도약을 피하기 위해 도약패턴을 인지하게 한다는 FCC 규칙에 구애 받지 않고 결정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 동시에 채널을 공유하는 것을 피하기 위한 주파수 도약 시스템간의 코디네이션은 허락되지 않는다. 또한 블루투스 규격에서는 Scheduling은 vendor 고유의 영역이다. 따라서 충분히 scheduling 기법을 구현하는 것은 어렵지 않다. 특히 제안된 알고리즘은 ASIC에 구현된 주파수 도약 패턴의 변경을 하지 않아도 되도록 한다. 또한 다른 장치와의 상호 호환도 가능하게 된다. 메시지의 update상태와 관한 내용에 대해서는 그림 3과 같이 LMP_Interference-Status PDU를 정의 한다.

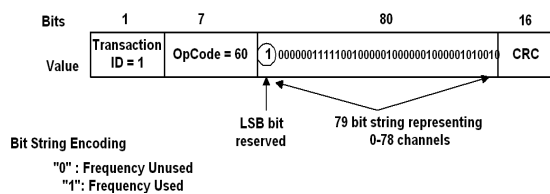


그림 3. LMP 간섭 상태 PDU
Fig. 3 LMP_Interference-Status PDU

OP-code 60을 사용하고 전송 ID를 1로 셋팅한다. 이는 종속장치에서 주 장치로의 메시지 전송을 의미한다. 종속장치의 주파수 사용표의 값을 코딩하기 위해 10바이트의 필드를 사용하게 된다. 또 다른 용도를 위해 여유비트 1비트를 남긴다. 이 필드는 각각 "used", "unused" 주파수를 표현하기 위해 '1'과 '0' 79 비트 열을 사용하여 주파수 사용표상의 79개의 채널로 할당 된다.

IV. 성능분석

성능분석을 위해 4-node topology 즉 두 개의 블루투스 노드(주장치1, 종속장치1)와 두 개의 WLAN장치(Access Point 1, 이동장치1)를 사용하였다. 각각의 장치의 위치는 다음표 2와 같다. 또한 WLAN 시스템은 11Mbps/s 속도를 갖는 시스템으로 설정하였다. 또한 WLAN mobile은 AP에 ACK메세지 데이터를 전송하게 된다. WLAN은 채널용량의 50% 부하를 제공하며 패킷의 크기는 8000bit 으로 한다. Bluetooth 패킷은 각각 1,3,5,슬롯을 차지하는 DM1, DM3, DM5을 사용한다. 또한 채널 용량의 30%부하로 초기화 한다. Bluetooth와 WLAN 전송 전력은 각각 1mW, 25mW로 한다.

표 2. 각 장치의 위치 값
Table. 2 location value of Each Device

Device	location (meter)
Bluetooth master	(1,0)
Bluetooth slave	(0,0)
WLAN AP	(0,15)
WLAN mobile	(0,d)

이와 같은 분석 파라미터에 따른 성능분석 결과는 블루투스 수신기로 부터의 간섭신호의 거리의 변화에 따른 종속장치에서 분석된 결과가 각각 그림 4, 5와 같다. 그림 4의 결과는 패킷 손실확률에 대한 결과이다. 결과를 보면 알 수 있듯이 scheduling 기법을 적용하였을 경우에는 패킷 손실율이 0%이다.

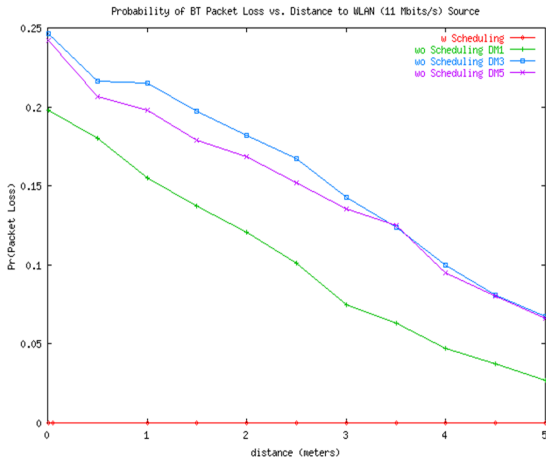


그림 4. 패킷 손실 확률
Fig. 4 Probability of packet Loss

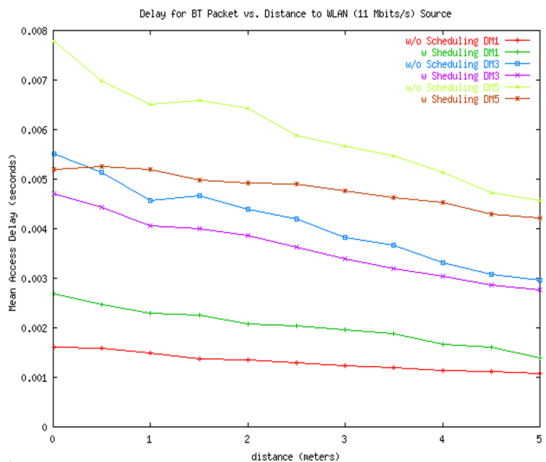


그림 5. 평균 접속지연 시간
Fig. 5 Mean Access Delay

즉 간섭 시스템에 의해 점유되어있는 채널을 피할 수 있었다. 반면 scheduling 기법을 적용하지 않은 경우 패킷 손실율은 DM5, DM3의 경우 약 20~24%, DM1의 경우 약 15%이상의 손실이 발생한다. 간섭 시스템으로부터 거리가 멀어질수록 DM1 패킷의 경우 약 2.7% 패킷 손실로 떨어지지만 DM3, DM5의 경우는 약 6.7% 정도의 패킷손실이 유지가 되는 것을 알 수 있다.

그림 5는 평균 접속지연 시간에 대한 성능분석 결과이다. 결과를 보면 DM1 패킷의 경우는 scheduling 기법이 적용된 경우 지연시간은 1.6ms 로부터 2.6ms로 증

가하였다. 즉 약 1ms의 지연시간이 증가하였다. 반면에 DM3, DM5 패킷의 경우에는 각각 지연시간이 0.8ms, 2.6ms의 감소하는 결과를 가져왔다. 즉 나쁜 채널환경에서의 지연 전송을 피하기 위해서는 최소한 한 슬롯이상의 패킷 구간이 필요한 것을 알 수 있다.

V. 결론

제안된 scheduling 기법은 패킷 전송손실과 다중 슬롯 패킷의 경우 전송기연시간을 감소시키는데 효과적임을 알 수 있었다. 또 다른 장점은 채널 상태가 나쁠 경우 패킷의 전송이 이루어지지 않기 때문에 전송 전력의 낭비를 막을 수 있다는 것이다. 더욱이 다른 장치에 의해 차지하고 있는 채널을 피함으로써 같은 주파수 대역을 사용하고 있는 다른 시스템으로의 간섭의 영향을 줄일 수 있었다. 결과적으로 제안된 시스템은 음성 패킷의 경우 고정된 시간동안 보낼 필요가 없기 때문에 데이터 트래픽에만 적용된다. 그러나 지연 분산이 일정하고 지연이 1 패킷 내에 제한된다면 음성을 위한 DM 패킷에도 사용 가능하다.

REFERENCE

- [1] IEEE 802.11n, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications : Amendment 4: Enhancements for Higher Throughput", *IEEE 802.11n/D3.00*, Sep. 2007.
- [2] IEEE, "IEEE standard for wireless LAN medium access control and physical layer specifications," IEEE Std 802.11-1997, 1997.
- [3] B. SIG, "Specification of the Bluetooth System," Doc No. 1.C.47/1.0 B, 1/12/99 1999.
- [4] Howitt, "Bluetooth performance in the presence of 802.11b WLAN," *Journal of selected Areas of Communications*, 2001.
- [5] Papoulis, A, *Probability, Random Variables, and Stochastic processes*, McGraw-Hill, NY, 1965.
- [6] C. L. Weber, G. K.Huth, and B. H. Batson, "Performance considerations of code division multiple-access systems," *IEEE trans. on Vehicul. Technol.*, vol VT-30 pp.-9 FEB. 1981.



김성철(Seong-cheol Kim)

1987년 고려대학교 전자공학과 학사

1989년 고려대학교 전자공학과 석사

1989년 ~ 1994년: 삼성전자(주) 근무

1997년 고려대학교 전자공학과 박사

1997년 ~ 현재: 우송대학교 철도전기시스템학과 부교수

※관심분야 : CDMA 이동통신, 통신이론, 차세대 광대역 이동 멀티미디어 시스템