Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2013.8.6.823

IEEE 802.16 시스템의 슬립모드 동작을 위한 트래픽 인디케이션 방식의 개선

김범준*

Modification to Traffic Indication Method for IEEE 802.16 Sleep Mode Operation

Beom-Joon Kim*

요 약

IEEE 802.16 표준 규격[1]은 광대역무선접속시스템을 구현하기 위한 기술을 명시하고 있고 특히 이동 단말의 전력 소모를 최소화하기 위한 슬립모드(sleep mode)에 대한 내용도 포함되어 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.16 표준 규격에 기술되어 있는 슬립모드의 기본 동작에 대해서 설명하고 이동 단말의 전력절감효율을 높일 수 있는 개선 방안을 제안한다. 제안하는 방안은 기존의 트래픽 인디케이션 메시지의 형식을 다소 수정함으로써 슬립모드에 있는 이동단말이 주기적으로 수신해야 하는 데이터 량을 줄이는 동시에 주기적 레인징과 같은 동작을 지시할 수 있다는 장점이 있다.

ABSTRACT

IEEE 802.16 standard specifies the broadband wireless access (BWA) system including sleep mode to minimize the power consumption by a mobile station (MS). This paper outlines the overall operation of sleep mode and proposes a method to improve the power saving efficiency of the IEEE 802.16 sleep mode. The proposed method not only decreases the number of bytes that a MS in sleep mode needs to receive during listening interval but allows to indicate a control-specific operation such as periodic ranging.

키워드

IEEE 802.16, Broadband Wireless Access (BWA), Sleep Mode, Power Saving Efficiency
IEEE 802.16, 광대역무선접속, 슬립모드, 전력절감효율

Ⅰ. 서 론

고속의 무선 접속을 제공하기 위한 광대역 무선 접속 시스템(Broadband Wireless Access System)은 점차 LAN(Local Area Network) 환경에서 MAN(Metro Area Network) 환경으로 확장되어 가고 있다. 이를 실현하기 위한 기술 표준화가 IEEE 802.16 WG(Working Group)을 중심으로 상당히 진전된 바 있고 현재도 진행 중에 있다[1].

높은 주파수 대역을 사용하는 IEEE 802.16 이동단말은 제한된 배터리에 의해서 동작하기 때문에 전력 소모를 최소화하는 것은 매우 중요한 문제이다. 슬립

* 교신저자 (corresponding author) : 계명대학교 전자공학과(bkim@kmu.ac.kr)
접수일자 : 2013. 04. 12 심사(수정)일자 : 2013. 05. 21 게재확정일자 : 2013. 6. 20

모드는 이동단말이 기지국과 데이터를 송수신하는 도중에서도 전력 소모를 줄일 수 있도록 설계되어 있다. 본 논문은 IEEE 802.16 표준 규격에 나타나있는 슬립모드의 기본 동작과 함께 전력 절감 성능을 높이기 위한 방안을 제시한다.

II. IEEE 802.16 슬립모드

2.1 기본 동작

그림 1에 나타난 바와 같이 IEEE 802.16 슬립모드는 슬립구간(sleep interval)과 청취구간(listening interval)의 반복으로 동작한다[1]. 이동단말은 슬립구간에서는 전력 소모를 줄이기 위해서 전원을 다운시킬 수 있는 반면 청취구간에서는 수신해야 하는 트래픽의 존재 여부를 파악하기 위해서 주기적으로 깨어나 관련 메시지(indication)을 수신해야 한다. 따라서 이동단말의 전력 절감을 최대화하면서도 이동단말에게 전달되어야 하는 트래픽을 신속하게 전달하기 위해서는 슬립구간과 청취구간의 효율적인 관리가 관건이다[2].

2.2 전력절감클래스

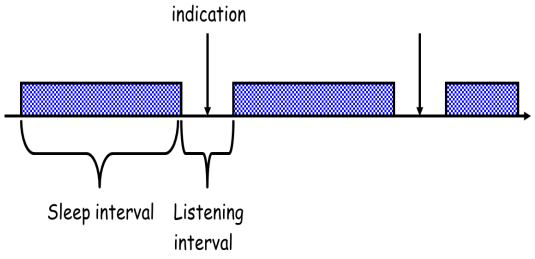

그림 1. 슬립모드의 기본 동작
Fig. 1 Basic operation of sleep mode

슬립모드는 현재 활성화되어 있는 연결을 통해서 데이터를 주고받는 과정에서의 전력 소모 절감을 염두에 두고 설계되었기 때문에 트래픽의 특성을 고려하여 슬립구간과 청취구간을 제어하게 된다. 즉, 음성 서비스를 위한 트래픽인지 데이터 서비스를 위한 트래픽인지 혹은 영상 서비스를 위한 트래픽인지에 따라서 슬립구간과 청취구간의 길이가 달라지는데 이를 반영하여 슬립모드는 세 가지 형태의 전력절감클래스(power saving class)를 가진다.

- 전력절감클래스 형태 1
- 전력절감클래스 형태 2
- 전력절감클래스 형태 3

전력절감클래스 형태 1은 인터넷에서 가장 많은 비중을 차지하는 트래픽인 BE(best effort)와 전송율이 변화하는 비실시간 트래픽인 nrt-VR (Non-real-time variable rate)을 대상으로 설계되었다. 전력절감클래스 형태 2는 VoIP나 전송률이 변화하는 실시간 트래픽인 rt-VR(real-time variable rate)을 대상으로 하는 클래스이고 전력절감클래스 형태 3은 제어 목적으로 슬립모드에서 동작하는 이동단말에게 주기적으로 전달되어야 하는 메시지를 대상으로 하고 있다.

하나의 이동단말에 다양한 형태의 전력절감클래스가 동시에 존재할 수 있기 때문에 이런 경우 전력절감클래스의 동작은 다소 복잡한 형태가 될 수 있다. 그림 2는 두 개의 전력절감클래스가 동시에 동작하는 경우의 예를 나타낸 것인데 실제 이동단말이 잘 수 있는 슬립구간은 두 개의 독립적인 전력절감클래스의 슬립구간의 교집합이 된다.

2.3 슬립모드 기본 동작

슬립모드의 동작을 위해서 이동단말과 기지국은 다음 세 개의 메시지를 주고받게 된다.

- MOB_SLP-REQ()
- MOB_SLP-RSP()
- MOB_TRF_IND()

간단하게 설명하자면 MOB_SLP-REQ() 메시지는 슬립모드의 개시를 요청하기 위한 메시지이고 MOB_SLP-RSP() 메시지는 MOB_SLP-REQ() 메시지에 대한 응답이다. 그리고 MOB_TRF-IND() 메시지는 슬립모드에 있는 이동단말에게 전송되어야 하는 데이터 트래픽이 기지국에 도착한 경우 이를 알려서 이동단말이 수면모드를 종료하도록 하기 위한 메시지이다.

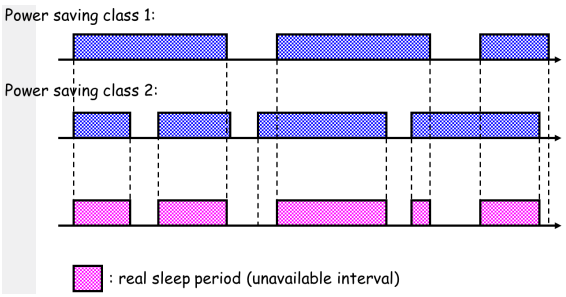

그림 2. 다수 개의 클래스에 의한 슬립모드 동작
Fig. 2 Sleep mode operation with multiple power saving classes

그리고 다음의 파라미터들을 통해서 이동단말과 기지국은 언제 수면모드로 전환할지, 슬립구간의 길이는 얼마나 할지, 청취구간의 길이는 얼마나 할지 등의 세부적인 사항들을 협상하고 결정한다.

Initial-sleep window

Final-sleep window base

- Listening window
- Final-sleep window exponent
- Start frame number for the first sleep window
- Traffic triggered wakening flag

그림 3은 슬립모드의 기본 동작을 보여준다. 일정 시간동안 송수신되는 데이터가 없으면 이동 단말은 슬립모드로의 전환을 결정하고 MOB_SLP-REQ() 메시지를 기지국에 전송한다.[1] 이를 수신한 기지국은 슬립모드로의 전환을 허용하는 경우 MOB_SLP-RSP() 메시지를 이동단말에게 전송하는데 이 과정에서 향후 몇 프레임 후 슬립모드를 시작할지(start-frame-number), 슬립구간의 길이는 얼마로 할지, 청취구간의 길이는 얼마로 할지(listening window) 등의 기본적인 파라미터 값이 정해진다.

슬립모드로 전환한 이동단말은 수면구간과 청취구간을 반복하게 되는데 슬립구간동안 이동단말은 전력소모를 요구하는 어떤 절차도 수행하지 않는 것이 가능하다. 단 매 청취구간 동안 이동단말은 기지국으로부터 방송되는 MOB_TRF-IND() 메시지를 수신해야 하는데 이 메시지를 통해서 자신이 슬립모드를 계속 유지할 수 있는지 아니면 슬립모드를 종료해야 하는지에 대한 기지국의 지시를 확인할 수 있다.

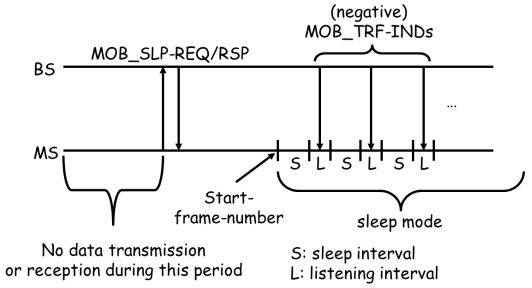

그림 3. 슬립모드의 기본 동작
Fig. 3 Basic operation of sleep mode

슬립모드에 있는 이동단말에게 전달해야 할 트래픽이 없는 동안 기지국은 MOB_TRF-IND() 메시지를 통해서 이 사실을 알림으로써(negative indication) 이동단말로 하여금 지속적으로 슬립모드를 유지할 수 있도록 한다. 이동단말에게 전달해야 할 하향 데이터 트래픽이 발생한 경우 기지국은 다음 청취구간에 이를 알릴 수 있고(positive indication) 이를 수신한 이동단말은 슬립모드를 종료해야 한다.

슬립구간의 길이를 제어하는 방법은 항상 일정할 수도 있고 지수적으로 증가할 수도 있는데 이는 전력절감클래스 형태에 따라 달라진다. 예를 들어서 전력절감클래스 형태 2의 경우 음성 트래픽을 서비스하기 위한 것인데 음성 트래픽은 일정한 주기로 일정한 양의 데이터가 발생한다는 특징이 있다. 이러한 점을 고려하여 전력절감클래스 형태 2와 연계된 슬립모드의 동작은 일정한 길이의 슬립구간과 청취구간의 반복으로 이루어진다. 반면 전력절감클래스 형태 1의 경우 일반 BE 데이터 트래픽을 서비스하기 위한 것이기 때문에 슬립구간의 길이는 청취구간을 하나씩 지날 때마다 지수적으로 증가하도록 되어 있다. 본 논문은 전력절감클래스 형태 1을 주로 다루고 있기 때문에 이의 동작에 대해서는 2.4절에 상세히 설명한다.

1) 그림 3은 이동단말에 의해서 슬립모드가 시작되는 경우를 보여준다. 그러나 슬립모드의 시작은 기지국에 의해서도 가능하다. 이를 위해서는 기지국이 슬립모드로 전환시키고자 하는 이동단말에게 MOB_SLP-RSP 메시지를 전송하게 되는데 이와 같이 전달되는 MOB_SLP-RSP 메시지를 요청받지 않은(unsolicited) MOB_SLP-RSP 메시지라고 한다[1].

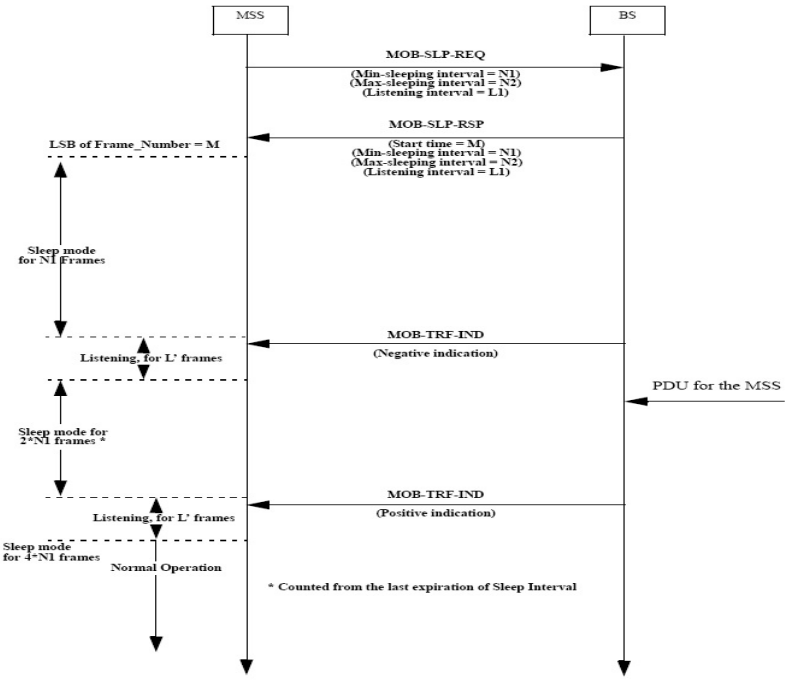

그림 4. 전력절감클래스 형태 1 슬립모드의 기본 동작
Fig. 4 Basic operation of sleep mode for the power saving class of type 1

2.4 전력절감클래스 형태 1의 동작

앞서 언급한 바와 같이 전력절감클래스 형태 1의 슬립모드 동작은 기본적으로 슬립구간과 청취구간의 반복으로 이루어지되 매 청취구간을 지날 때마다 슬립구간의 길이는 두 배씩 증가하도록 되어 있다. 다음 그림 4는 전력절감클래스 형태 1의 슬립모드 동작을 상세히 나타낸 것이다.

1. 이동단말(MSS)은 MOB_SLP-REQ() 메시지에 초기수면윈도우(N1), 최종수면윈도우(N2), 그리고 청취윈도우(L1)등의 값을 설정하여 기지국에 전달하여 슬립모드로의 전환을 요청한다.

2. 기지국은 해당 이동단말의 슬립모드로의 전환을 허락하는 경우에 초기수면윈도우, 최종수면윈도우, 청취윈도우, 수면윈도우의 최초 프레임번호(M) 등을 담은 MOB_SLP-RSP() 메시지를 이동단말에게 전달한다.

3. 이동단말은 슬립모드 전환 시작 시간이 되면 초기수면윈도우와 동일한 시간의 수면구간을 유지한다.

4. 이동단말은 수면구간이 만료되면 이어지는 청취구간 동안 기지국으로부터 MOB_TRF-IND() 메시지를 수신하고 자신에게 향하는 하향 트래픽이 없을 시(negative indication) 최초 수면윈도우를 두 배 증가시킨 수면구간을 설정한다.

5. 위와 같이 다음 수면윈도우를 이전 수면윈도우의 두 배로 늘리는 과정을 반복하되 최종 수면윈도우의 크기는 MOB_SLP-RSP() 메시지를 통해서 결정된 최종윈도우기초와 최종윈도우지수에 의해 다음과 같이 결정된다.

최종 수면윈도우 크기 = final sleep window base * $2^{\text{finalwindowexponent}}$

6. 청취구간 중에 이동단말이 자신에게 향하는 하향 트래픽이 있음을 MOB_TRF-IND() 메시지를 통해 전달 받으면(positive indication) 슬립모드를 종료한다.

2.5 트래픽 인디케이션

슬립모드에 있는 이동단말에게 전달해야하는 하향 트래픽이 기지국에 도착한 경우 이를 알리기 위한 기능을 트래픽 인디케이션이라고 한다. 기지국은 MOB_TRF-IND() 메시지를 슬립모드에 있는 이동단말에게 전달함으로써 이를 가능하게 하는데 그림 5에는 MOB_TRF-IND() 메시지의 형식을 나타내었다.

그림에 나타난 MOB_TRF-IND() 메시지의 형식에 의하면 트래픽 인디케이션은 두 가지 방법으로 이루어짐을 알 수 있다. 한 가지 방법은 SLPID 비트맵 형식을 이용하는 것이고 다른 한 가지 방법은 이동단말에게 할당된 Basic CID의 하위 12비트를 이용하는 것이다.

Syntax	Size	Notes
MOB_TRF-IND_Message_Format() {		
Management message type = 52	8 bits	
FMT	1 bit	0 = SLPID based format 1 = CID based format
if (FMT == 0) {		
reserved	7 bits	
SLPID Group Indication bit-map	32 bits	Nth bit of SLPID-Group indication bit-map [MSB corresponds to N = 0] is allocated to SLPID Group that includes MSSs with SLPID values from N*32 to N*32+31 Meaning of this bit 0 : There is no traffic for all the 32 MSSs which belong to the SLPID-Group 1 : There is traffic for at least one MSS in SLPID-Group.
Traffic Indication Bitmap	Variable	Traffic Indication bit map comprises the multiples of 32-bit long Traffic Indication unit. A Traffic Indication unit for 32 SLPIDs is added to MOB_TRF-IND message whenever its SLPID Group is set to '1' 32 bits of Traffic Indication Unit (starting from MSB) are allocated to MSSs in the ascending order of their SLPID values 0 : Negative indication 1 : Positive indication
} else {		
Num-pos	7 bits	Number of CIDs on the positive indication list
for (i=0; i<Num-pos; i++) {		
Short Basic CID	12 bits	12 least significant bits of the Basic CID
}		
while (!(byte_boundary)) {		
Padding bits	<= 7 bits	padding for byte alignment
}		
}		
}		

그림 5. 트래픽 인디케이션 (MOB_TRF-IND()) 메시지
Fig. 5 Traffic indication (MOB_TRF-IND()) message

SLPID 비트맵을 이용하는 방법은 MOB_TRF-IND() 메시지의 FMT 비트 값을 0으로 설정하여 선택할 수 있다. 이동단말은 슬립모드로 전환 시 MOB_SLP-RSP() 메시지를 통해서 SLPID를 부여받게 된다. 이 SLPID는 해당 기지국의 영역 내에 있는 슬립모드로 전환하는 이동단말에게 부여되는 임시 값이며 해당 기지국의 영역에서는 고유한 값이다. SLPID의 길이는 10비트로 한 기지국의 영역에서 슬립모드로 동작할 수 있는 이동단말의 수는 1,024가 된다.

이 방법은 SLPID Group Indication bit-map과 Traffic Indication Bitmap의 두 필드를 이용한다. SLP Group Indication bit-map은 32비트로 고정되어 슬립모드에 있는 이동단말을 그룹 0부터 그룹 31까지 총 32개의 그룹으로 구분하게 된다. 한 기지국의 영역에서 슬립모드로 동작할 수 있는 이동단말의 수는 1,024인 점을 고려하면 한 그룹에 속하는 슬립모드 이동단말의 수는 32개로 계산될 수 있다. 이 방법의 상세한 동작은 다음과 같다.

예를 들어서 SLPID Group Indication bit-map의 첫 번째 비트만 1로 설정되어 있다면 SLPID의 값이 0부터 31까지인 이동단말 가운데 트래픽 수신을 위해서 슬립모드를 종료해야 하는 이동단말이 있다는 의미가 된다. 그리고 SLPID의 값이 0부터 31까지인 이동단말 가운데 정확하게 어떤 이동단말이 슬립모드를 종료해야하는 지는 Traffic Indication Bitmap을 통해서 알 수 있다. Traffic Indication Bitmap은 SLPID Group Indication bit-map 32비트 중 1로 설정된 비트 당 다시 32비트를 포함하며 이 각각의 비트는 해당 그룹에 속한 32개의 슬립모드에서 동작하는 이동단말 각각을 의미한다. 즉 이 예에서는 Traffic Indication Bitmap의 32비트는 SLPID가 0부터 31인 슬립모드 이동단말 각각을 가리키게 되며 이 비트의 값이 1로 설정된 경우 positive indication이 되어 슬립모드를 종료해야 한다.

위에서 설명한 SLPID 비트맵을 이용하는 방법은 슬립모드에서 동작하는 이동단말의 수가 많은 경우에 유리하다. 그러나 슬립모드에서 동작하는 이동단말의 수가 적을 때에는 Short Basic CID를 이용하는 방법이 더 유리하다. 이동단말은 제어 목적의 가장 높은 전송 우선권을 가진 연결을 설정하게 되는데 이 연결에 할당되는 것이 Basic CID (Connection IDentifier)이다. 그리고 Short Basic CID는 이 Basic ID의 하위 12비트이다. 즉 이 방법은 슬립모드에 있는 이동단말 가운데 슬립모드를 종료해야 하는 이동단말의 Short

Basic CID를 직접 MOB_TRF-IND() 메시지에 포함시키는 방법이라 할 수 있다. 만약 슬립모드를 종료해야 하는 이동단말의 수가 1개인 경우 SLPID 비트맵 형식을 이용하는 경우 SLPID Group Indication bit-map 32비트와 Traffic Indication Bitmap 32비트의 총 64비트가 필요하지만 Short Basic CID를 이용하는 경우 단 12비트의 Short Basic CID를 포함시킴으로써 가능하다. 결과적으로 52비트의 이득이 생기는 것이다.

III. 제안하는 방안

3.1 기본 방법의 문제점

앞에서 설명한 바와 같이 IEEE 802.16 슬립모드는 트래픽 발생 시 슬립모드에 있는 이동단말이 슬립모드를 종료하도록 하기 위해서 두 가지 방법을 도입하고 있다. 슬립모드에서 동작하고 있는 이동단말의 수가 많은 경우 SLPID 비트맵을 이용하는 것이 유리하지만 그렇지 않은 경우 발생할 수 있는 문제점은 두 번째 방법인 Short Basic CID를 직접 이용함으로써 보완할 수 있다. 그러나 이 두 가지 방법에는 다음과 같은 문제점이 있어 보완이 필요하다.

첫 번째 문제점은 Short Basic CID를 사용하는 것에 있다. Short Basic CID는 16비트 길이의 CID의 하위 12비트로 확률이 희박하긴 하지만 단말이 기지국간을 이동할 수 있다는 점을 고려하면 둘 이상의 이동단말이 동일한 값을 가질 수 있다는 점이다.

이런 관점에서 Short Basic CID를 사용하는 것보다는 SLPID를 사용하는 편이 훨씬 더 안전할 수 있다. SLPID는 10비트로 12비트인 Short Basic CID보다 길이가 2비트 짧은 동시에 기지국내에서는 유일한 값이라는 장점이 있다.

다른 한 가지 문제점은 슬립모드에 있는 이동단말이 슬립모드를 종료하고 데이터를 수신하는 과정을 신속하게 수행하기 위해서는 주기적인 레인징을 수행할 필요가 있음에도 불구하고 이를 지시할 수 없다는 문제점이 있다. 따라서 기존 메시지에서 이동단말 당 동작지시를 위해서 사용되는 한 비트를 두 비트로 확장하여 positive indication, negative indication 외에 주기적인 레인징 등의 동작 지시를 추가할 필요가 있다.

위에서 설명한 문제점과 이를 해결하기 위한 방안을 구현하기 위해서 그림 5에 나타난 기존 MOB_TRF-IND() 메시지를 그림 6과 같이 일부 수정

}else{		
Num_SLPID	7bits	Number of SLPIDs
for(i=0; i<Num_SLPID; i++) {		
SLPID	10bits	
Action	2bits	00: no action 01: positive indication 10: negative indication 11: periodic ranging
}		
Num of periodic ranging	8bits	
for(i=0; i<Num_periodic ranging; i++) {		
ranging frame offset	10bits	ranging frame offset for a MS received indication of action '11'
}		

그림 6. 수정된 트래픽 인디케이션 (MOB_TRF-IND()) 메시지
Fig. 6 The modified traffic indication (MOB_TRF-IND()) message

하는 것이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 방안은 해당 메시지의 FMT가 1인 영역은 그대로 사용하고 FMT가 0인 경우(else{ }영역)만을 수정함으로써 구현 가능하다.

Ⅴ. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 IEEE 802.16 표준 규격에 기술되어 있는 슬립모드의 동작과 트래픽 지시과정에서의 문제점 그리고 그 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 기존 MOB_TRF-IND() 수정을 제시하였다. 제안된 방안은 MOB_TRF-IND() 메시지의 길이를 줄일 수 있는 동시에 주기적 레인징을 지시할 수 있도록 함으로써 향후 슬립모드를 종료하고 트래픽을 수신하는 절차를 보다 신속하게 수행할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제안하는 방식은 SLPID 비트맵을 이용하는 경우보다는 SLPID를 직접 포함시키는 경우에 유용하다. 이동단말이 슬립모드로 전환하는 시점은 임의적인 점을 고려하면 모든 이동단말의 청취구간을 일치시키는 것은 거의 불가능하다. 따라서 SLPID 비트맵을 이용하는 경우는 그리 많지 않을 것으로 예상되기 때문에 본 논문에서 제안하는 방안의 중요성이 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부・한국산업기술진흥원 지정 계명대학교 전자화자동차부품지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

[1] IEEE Std 802.16-2012 (Revision of IEEE Std 802.16-2009), IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems, 2012.

[2] B. Kim, J. Park, and Y. H. Choi, "Power Saving Mechanisms of IEEE 802.16e: Sleep Mode vs. Idle Mode", Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 4331, pp. 332-340, 2006.

[3] Kwan-woong Kim, Byun-gon Kim, Sung-hwan Bae, Dae-ik Kim, "An Improved Message Broadcast Scheme over Wireless Sensor Networks", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, No. 6, pp. 588-594, 2010.

[4] Dong-Keun Jeon, "ADesign of an Efficient Power Manger through the cooperative Dynamic Power Management for Ad hoc Wireless Sensor Networks", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 6, 809-813, 2011.

[5] Sung-Keun Lee, Yong-Jae Jang, Nam-Hyun Yoo, "An Enhanced LPI Control Mechanism in Energy Efficient Ethernet", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 7, No. 5, pp. 983-990, 2012.

저자 소개

김범준(Beom-Joon Kim)

1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1998년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2003년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

계명대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 인터넷멀티미디어서비스, IEEE 802.16, TCP혼잡제어