

# IEEE 802.11b 무선 랜에서 저 전력 스테이션을 위한 전송 제어 기법

## Transmission Control Scheme for Low Power Stations in IEEE 802.11b Wireless LAN

송 명 렬\*  
Myong-Lyol Song

### 요 약

IEEE 802.11b 무선 네트워크에서 스테이션들이 저 전력 모드로 동작할 때, 스테이션들은 액세스 포인트 (AP)가 주기적으로 전송하는 비콘 (beacon)을 수신하여 동기를 맞춘다. 예정된 TBTT (target beacon transmission time)에 무선채널이 사용 중인 경우 비콘 전송이 지연되고 스테이션들은 지연된 비콘을 수신할 때까지 깨어있어야 한다. 이 논문에서는 다음 TBTT까지 데이터를 성공적으로 전송하기에 시간이 적은 경우 스테이션들이 전송을 지연하는 방법을 제안한다. 이 방법으로 매 TBTT마다 지연이 없는 비콘 전송이 보장되므로 저 전력 스테이션들이 비콘을 수신하기 위해 깨어있는 시간이 줄어든다. 제안된 방법에 대해 모의실험이 수행되었고 결과 분석을 통해 제안된 방법의 특성을 설명하였다. 비콘 지연시간으로 측정된 결과는 에너지 소모가 개선됨을 보여준다.

### Abstract

In IEEE 802.11b wireless LAN, stations keep synchronization by receiving beacons being periodically sent by the AP (access point) when they run in low power mode. Beacon transmission is delayed if wireless channel is busy at a scheduled TBTT (target beacon transmission time), and stations must be awake until they receive the delayed beacon. In this paper, we propose a scheme that stations get their transmission delayed if they have little time for successful data transmission by the next TBTT. Beacon transmission without delay is guaranteed at every TBTT with this method so that the awake time of low power stations to receive beacon can be reduced. The proposed method is simulated and its characteristics are described with the analysis of the results. The measured results in terms of beacon delay show some enhancement in energy consumption.

keyword : low power, beacon delay, synchronization, wireless LAN, MAC

## 1. 서 론

IEEE 802.11b 무선 랜에서 스테이션들이 infrastructure 방식으로 설정되어 있을 때, 스테이션들은 매 TBTT마다 AP가 전송하는 비콘을 수신하여 AP와 스테이션의 동기를 유지한다. 또한 무선 랜은 무한한 전원을 사용하거나 전지와 같은 전원으로 동작하는 스테이션들로 구성되어 있다. 전지와 같은 제한된 전원을 갖고 있는 스테이션

들은 평소에 저 전력 상태에서 대기하다 필요시에만 깨어서 송수신을 하는 방법으로 에너지 소모를 줄인다<sup>[1]</sup>. 특히 매 TBTT마다 AP에 의해 전송되는 비콘을 수신하기 위해 TBTT 전후로 깨어서 대기한다. 그런데 AP는 TBTT마다 예정되어 있는 비콘을 전송하기 위해 무선채널에 대한 전송권을 획득해야 하는데, IEEE 802.11b 표준에 의하면, TBTT 직전에 다른 스테이션들이 전송한 트래픽으로 인해 TBTT에 무선채널이 사용 중이면, 해당 트래픽 전송이 완료될 때까지 대기한 후 비콘을 전송한다<sup>[1][3][5][7]</sup>. 따라서 AP에서 비콘의 전

\* 정 회 원 : 호서대학교 정보통신공학과 부교수  
mlsong@hoseo.edu

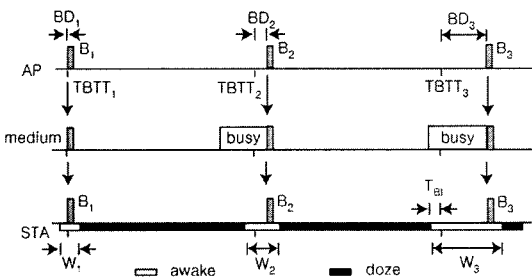
[2008/01/25 투고 - 2008/01/29 심사 - 2008/02/28 심사완료]

송이 예정된 TBTT로부터 지연된다. 이 때 저 전력 상태로 동작하는 스테이션들은 지연된 비콘이 스테이션에 도착할 때까지 계속 깨어있어야 하므로 에너지가 소모되는 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 에너지가 충분한 스테이션들의 전송을 제어하는 개념을 도입한다<sup>[4]</sup>. 이 논문에서는 AP에서 비콘 전송지연을 줄이는 방법으로서, TBTT 직전에 전송할 프레임이 있는 스테이션들은 다가오는 TBTT까지 잔여시간이 프레임을 전송하기에 충분하지 않은 경우에 전송을 연기하여 TBTT 이후에 프레임을 전송하는 방법을 제시한다. 그러면 다가오는 TBTT에는 무선 채널을 점유하는 트래픽이 없으므로 AP가 즉시 비콘을 전송할 수 있게 되고 비콘 전송지연이 최소화 된다.

이 논문은 2장에서 IEEE 802.11b의 저 소비전력 모드 동작과 비콘 전송이 지연됨에 따라 스테이션에서 에너지가 소모되는 문제점 대해서 설명한다. 3장에서 스테이션들이 TBTT까지 잔여시간이 부족한 경우에 전송을 지연시킴으로써 TBTT에서 AP를 제외한 다른 스테이션들이 비콘을 수신하기 위해 깨어있어야 하는 시간을 최소화할 수 있는 방법을 제시한다. 4장에서 모의실험을 통해서 제안된 방법의 특성 및 에너지 개선효과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 비콘 전송지연과 저 전력 스테이션의 에너지 소모



(그림 1) IEEE 802.11b 무선 랜에서 비콘 지연

IEEE 802.11b 무선 랜에서 스테이션들이 infrastructure 방식으로 동작할 때, 스테이션들은 매 TBTT마다 AP가 전송하는 비콘을 수신하여 AP의 타이밍과 스테이션의 타이밍을 동기화를 유지한다. 저 전력 모드로 동작하는 스테이션들은 평소에 doze 모드에 있으면서 에너지 소모를 최소화하고 TBTT 전후로 깨어서 비콘을 수신하여 자신에게로 향하는 데이터가 AP의 버퍼에 저장되어 있는지를 확인한다. 수신된 비콘에 실려있는 TIM (traffic indication map)에서 스테이션의 AID (association identifier)의 위치에 비트가 설정되어 있지 않은 경우 doze 모드로 돌아가지만 비트가 설정되어 있는 경우에는 계속 깨어서 AP에게 요청하여 버퍼에 저장되어 있는 데이터를 받는다.

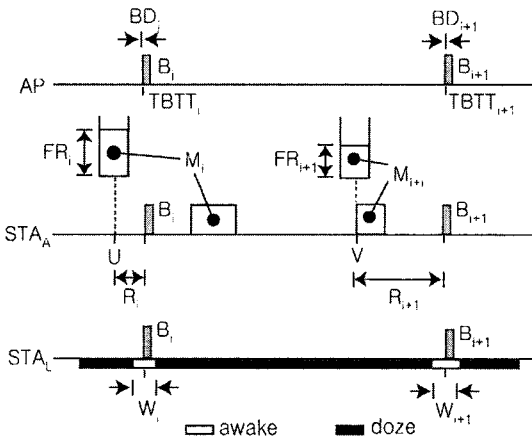
그림 1에 IEEE 802.11b 무선 랜에서 AP와 저 전력 모드 스테이션의 비콘 송수신과 관련된 동작을 나타냈다. AP에서 비콘이 100 msec 간격으로 TBTT마다 전송되어야 한다. 그림에서 비콘은  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ 로 표현되고 이들은 서로 100 msec 간격을 갖는  $TBTT_1$ ,  $TBTT_2$ ,  $TBTT_3$ 에 무선채널로 전송되어야 한다. 그런데 그림 1에서 시각  $TBTT_1$ 에서 무선 채널이 비어있어서 비콘  $B_1$ 은 즉시 전송되지만,  $TBTT_2$ ,  $TBTT_3$ 에서는 다른 스테이션의 트래픽이 무선채널을 점유하고 있으므로 비콘  $B_2$ ,  $B_3$ 는 무선채널을 점유 중인 트래픽이 종료된 후 전송된다. 따라서 다른 스테이션의 트래픽으로 인해 AP에서  $BD_2$ ,  $BD_3$ 로 표현된 비콘 전송지연이 발생된다.

한편, 저 전력 모드로 동작하는 스테이션들은 평소에 에너지 소모를 줄이기 위해 doze 모드에서 대기하다가 매 TBTT마다 전송 예정된 비콘을 수신하기 위해 TBTT 직전에 깨어서 비콘을 수신할 준비를 한다. IEEE 802.11b 기능을 지원하는 부품에서는 비콘 인터럽트가 발생하면 doze 모드의 스테이션이 깨어나는데, 비콘 인터럽트는 그림 1에서 TBTT 보다  $T_{BI}$  만큼 미리 발생하도록 레지스터를 통하여 설정된다<sup>[6]</sup>. 그러므로 스테

이션은 이 시간 외에 비콘 지연시간 이상 깨어 있어야 한다. 그림 1에서 지연되는 비콘을 수신하기 위해 스테이션이 깨어 있어야 하는 시간을  $W_1, W_2, W_3$ 로 표현하였다. 비콘 인터럽트 시간  $T_{BI}$ 는 고정된 값이지만 비콘 지연시간이 커질수록 비콘을 수신하기 위해 스테이션이 깨어 있어야 하는 시간이 늘어나야 하므로 비례하여 에너지가 더 소모되는 문제가 발생한다.

### 3. 저 전력 스테이션을 위한 전송 제어 기법

#### 3.1 저 전력 스테이션을 위한 전송 제어 기법



(그림 2) 제안된 스테이션의 전송 제어 기법

본 논문에서 제안된 방법은 TBTT마다 AP에서 비콘이 지연되지 않고 전송될 수 있도록 다른 스테이션들의 트래픽이 TBTT 전후에 무선채널을 점유하는 것을 제한한다. 따라서 TBTT에서 AP의 비콘 전송이 보장되므로, 스테이션이 비콘을 수신하기 위해 매 비콘주기마다 TBTT 전후로 깨어 있는 시간을 최소화시킬 수 있게 된다.

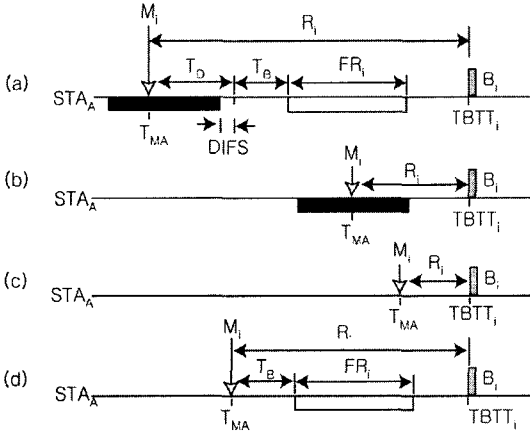
그림 2에 제안된 방법을 나타냈다. 설명을 위해 무선 랜이 AP와 에너지의 제한이 없는 스테이션  $STA_A$ 와 전지와 같은 제한된 전원을 사용

하는 스테이션  $STA_L$ 로 구성되어 있다고 하자. 스테이션  $STA_A$ 는 항상 정상상태를 유지하면서 송수신을 하지만, 스테이션  $STA_L$ 은 IEEE 802.11b의 저 전력 모드로 동작한다고 가정한다. 따라서 스테이션  $STA_L$ 은 평소에 전력소모를 줄이기 위해 doze 모드에 있다가 매 TBTT 전후로 깨어서 AP에 자기에게 전달될 데이터가 있는지 확인한다. 그림 2에서 AP에서  $TBTT_i$ 와  $TBTT_{i+1}$ 에 비콘  $B_i$ 와  $B_{i+1}$ 의 전송이 예정되어 있다. 스테이션  $STA_A$ 의 내부에서 시각  $U$ 와  $V$ 에 무선채널로 전송해야 데이터  $M_i, M_{i+1}$ 이 발생하고 이 데이터를 전송하는데 소요되는 시간이 각각  $FR_i, FR_{i+1}$ 라고 하자.  $R_i$ 는 데이터  $M_i$ 이 발생한 시각  $U$ 에서  $TBTT_i$ 까지 잔여시간,  $R_{i+1}$ 는 데이터  $M_{i+1}$ 이 발생한 시각  $V$ 에서  $TBTT_{i+1}$ 까지 잔여시간을 의미한다. 스테이션  $STA_A$ 에서 시각  $U$ 에 잔여시간이 충분하지 않으므로 데이터  $M_i$ 의 전송을  $TBTT_i$  이후로 연기하지만 시각  $V$ 에는 잔여시간이 충분하므로 데이터  $M_{i+1}$ 을  $TBTT_{i+1}$  이전에 전송한다.

따라서  $TBTT_i$ 와  $TBTT_{i+1}$ 에서 무선채널이 비게 되고 비콘 전송이 지연되지 않으므로 저 전력 스테이션  $STA_L$ 은 비콘  $B_i$ 와  $B_{i+1}$ 를 수신하기 위해  $TBTT_i$ 와  $TBTT_{i+1}$ 의 전후로 기존의 방법 보다 줄어든  $W_i$ 와  $W_{i+1}$ 동안 깨어있으면 된다. 이와 같은 방법으로 저 전력 스테이션  $STA_L$ 의 깨어있는 시간을 줄일 수 있게 된다.

#### 3.2 잔여시간에 따른 프레임 전송 방법

IEEE 802.11b의 MAC (medium access control) 기법은 상위 계층 프로토콜에 의해 MAC 계층에 전송할 데이터가 발생했을 때, 물리계층을 이용하거나 NAV (network allocation vector)를 이용한 가상적인 채널 감지 기법을 이용하여 다른 트래픽이



(그림 3) 잔여시간에 따른 프레임 전송 기법

무선채널을 사용중인 경우에는 채널이 이용 가능할 때까지 지연(defer)한 후 여러 스테이션들과 함께 채널을 얻기 위한 경쟁에 들어간다. 경쟁 중에는 무선채널을 공유하는 스테이션들 사이에 충돌을 방지하기 위해 각 스테이션에는 contention window 내에서 무작위로 선택된 backoff slot이 모두 경과된 후 데이터 프레임을 무선채널로 전송한다[3].

이 절에서는 앞에서 개략적으로 설명한 제안된 방법을 IEEE 802.11b MAC 프로토콜에 적용할 때의 동작을 설명한다. 그림 3에 스테이션에 데이터가 발생한 순간 무선채널의 상태와 잔여시간에 따라 제안된 방법의 동작을 나타냈다. 그림 3에서  $R_i$ 는 MAC 계층이 상위계층 프로토콜로부터 데이터  $M_i$ 에 대한 전송요청을 받은 순간  $T_{MA}$ 부터 다음 비콘  $B_i$ 의 도착 예정시간  $TBTT_i$ 까지의 시간이다. 그림 3(a)에서  $T_D$ 는  $T_{MA}$ 에서 무선채널이 사용 중인 경우 채널이 비게 될 때까지 지연되는 시간을 의미한다.  $T_B$ 는 지연을 마치고 서로 다른 스테이션들이 채널을 얻기 위한 경쟁에 들어가는 backoff 시간을 의미하는데, backoff 도중에 다른 스테이션이 먼저 채널을 점유하여 다른 스테이션의 트래픽이 모두 끝날 때까지 backoff 카운터의 감소가 중단되므로 더 길어질

수도 있다. 스테이션의 backoff 카운터가 0으로 감소되면 backoff 과정이 끝나고 비로소 채널 사용권을 갖고 데이터  $M_i$ 가 DATA 프레임에 실려서 일련의 RTS, CTS, DATA, ACK 프레임들이 SIFS (short interframe space)간격으로 전송되는데, 그림 3에서는 물리계층 헤더를 포함한 연속된 프레임들 전체를 교환하는데 소요되는 예상시간  $FR_i$ 를 식 (1)과 같이 표현한다.

$$FR_i = T_{RTS} + SIFS + T_{CTS} + SIFS + T_{DATA} + SIFS + T_{ACK} \quad (1)$$

여기서,  $T_{RTS}$ ,  $T_{CTS}$ ,  $T_{DATA}$ ,  $T_{ACK}$ 는 각각 무선채널에서 관찰되는 물리계층 헤더를 포함한 RTS, CTS, DATA, ACK 프레임의 전송시간이다.

그리고 MAC 계층이 상위 계층으로부터 데이터  $M_i$ 에 대한 전송요청을 받은 순간 다음 비콘 예정시각 까지 잔여시간  $R_i$ 는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$R_i = TBTT_i - T_{MA} \quad (2)$$

데이터 프레임을 교환하는데 소요되는 예상시간  $FR_i$ 와  $TBTT_i$ 까지 잔여시간  $R_i$ 를 위와 같이 정의할 때, 제안된 방법은 발생되는 사건에 따라 다음과 같이 정리된다.

- (1) 데이터  $M_i$ 가 발생한 경우
  - if ( $R_i < FR_i$ )  $R_i$ 동안 지연한다.
  - else if (busy channel) idle channel될 때까지  $T_D$ 동안 지연한다.
  - else backoff 절차에 들어간다.
- (2) Backoff counter 종료된 경우
  - if ( $R_i < FR_i$ )  $R_i$ 동안 지연한다.
  - else  $FR_i$ 에 포함된 프레임들의 교환을 시작한다.

위의 방법을 부연 설명하면, 그림 3(a)에서는

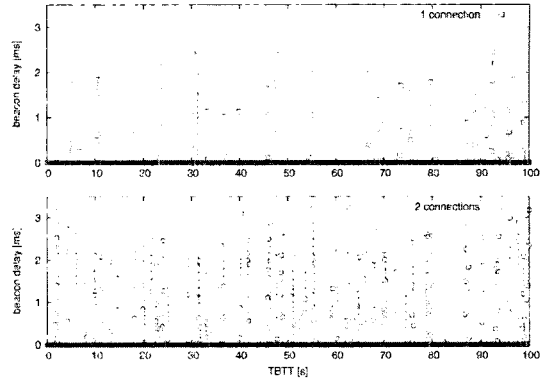
데이터  $M_i$ 의 도착시( $T_{MA}$ ) 잔여시간  $R_i$ 가 프레임 교환시간  $FR_i$  보다 크지만 무선채널이 사용 중이므로 이 채널이 빌 때까지  $T_D$  동안 지연 후 backoff 과정을 거쳐서  $FR_i$  동안 전송된다. 그림 3의 (b), (c)는 데이터의 도착시  $R_i < FR_i$  이어서 무선채널의 상태에 관계없이 잔여시간 동안 지연하는 경우이다. 그림 3(d)는 데이터의 도착시 잔여시간이 충분하고 채널이 비어있어서 즉시 backoff를 거쳐서 전송되는 경우이다.

이와 같은 방법으로 AP에서 비콘을 전송하기로 예정되어 있는 시각 TBTT에 스테이션에서 발생된 데이터가 무선채널을 점유하는 것을 막음으로써, TBTT에 비콘의 전송을 보장할 수 있게 된다. 따라서 비콘 전송 지연이 발생하지 않으므로 저 전력 모드로 동작하는 스테이션들이 비콘을 수신하기 위해 TBTT 전후로 깨어 있어야 하는 시간을 줄일 수 있게 된다.

#### 4. 모의실험 및 결과

ns2 version 2.31은 DCF 기능만 구현되어 있다<sup>[2]</sup>. 비콘 지연을 측정하기 위해 ns2 version 2.31에 비콘주기 간격으로 떨어져 있는 TBTT 마다 time-out이 발생하도록 설정된 타이머를 구현하고 time-out이 발생하면 다른 트래픽이 무선채널을 사용 중인지 조사한다. 만일 무선채널이 사용 중인 경우 일정시간 간격으로 무선채널을 계속 검사하여 TBTT에서부터 무선채널이 idle할 때까지의 시간을 측정하는 방법으로 비콘 전송 지연을 측정한다. 모의실험을 위해 802.11b MAC계층이 2.4 GHz DSSS (direct sequence spread spectrum) PHY를 사용한다고 가정한다.

그림 4에 AP를 포함하여 네 개의 스테이션으로 구성된 무선 랜에서 두 스테이션 간의 접속(connection)하나 있을 경우와 두 개 있을 경우에 발생하는 트래픽으로 인해 무선채널이 사용되는 데, 100초 동안 모의실험을 수행하여 매 TBTT 마



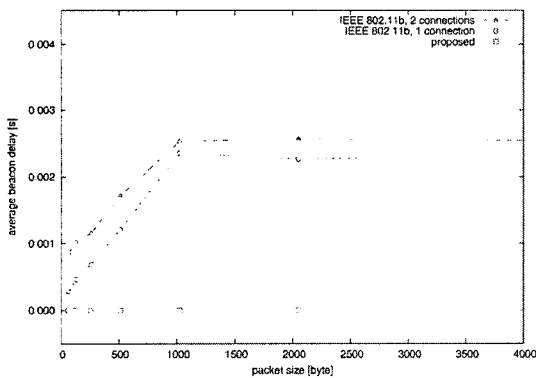
(그림 4) 기존 IEEE 802.11b에서 비콘 전송 지연시간

다 비콘지연의 측정 결과를 나타냈다. 각 접속에서는 UDP (user datagram protocol)를 사용하는 응용계층 데이터의 특성이 평균 ON시 평균 지속시간, OFF시 평균 지속시간, ON시 데이터 전송률이 각각 500 ms, 500 ms, 1000 kbps인 지수분포를 갖도록 설정하였다. 그림 4에서 아래의 접속이 두 개인 경우는 위의 접속이 한 개인 경우와 동일한 데이터 발생 특성을 갖도록 설정하였다. 그림 4에서 두 경우 모두 TBTT에서 비콘지연 현상이 나타남을 볼 수 있다. 두 경우를 서로 비교하면 접속의 수가 늘어날수록, 즉 무선 랜의 부하가 증가할수록, 비콘지연의 크기도 증가하고 그 빈도수도 증가함을 보이고 있다.

ns2 version 2.31에 구현되어 있는 계층적인 프로토콜 구조에서 상위계층으로 부터 IEEE 802.11b 기능을 수행하는 MAC 계층으로 데이터의 전송이 요청되면, MAC계층에서는 RTS 프레임과 DATA 프레임을 만든 후 무선채널의 사용권을 획득하기 위한 경쟁 절차에 들어가고 지연과 backoff 과정을 거친 후 RTS, CTS, DATA, ACK 프레임이 SIFS 간격으로 떨어져서 연속적으로 교환된다.

제안된 방법을 검증하기 위해 ns2에 추가로 구현된 기능은 상위계층으로 부터 데이터의 전송이 요청되는 시각에 전송권을 획득하기 위한 절차에

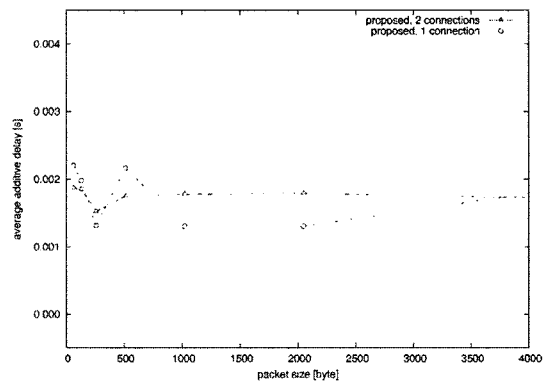
들어가기 전에 채널을 사용권을 획득했을 때 DATA 프레임을 전송하기 위해 필요한 식 (1)과 같이 표현되는 시간  $FR_i$ 와 식 (2)와 같이 표현되는 다음  $TBTT_i$ 까지 잔여시간  $R_i$ 를 구한다. 그리고 데이터 프레임을 교환하기 위해 필요한 시간  $FR_i$ 이 잔여시간  $R_i$ 와 비교하여 작은 경우에만 채널의 사용권 획득 절차에 들어가고 그렇지 않은 경우에는 다음  $TBTT_i$ 까지 지연시키는 기능이 추가되었다. 그리고 잔여시간  $R_i$ 은 backoff 절차가 진행되는 동안 줄어들기 때문에, backoff이 종료되자마자 프레임을 전송하는 기존의 방법과는 달리, backoff 절차가 종료된 순간일지라도 데이터를 무선채널로 즉시 전송하지 않고 backoff이 종료된 순간에서  $TBTT_i$ 까지 잔여시간이 데이터 프레임을 전송하기에 충분할 경우에만 전송하고 그렇지 않은 경우에는  $TBTT_i$ 까지 전송을 지연시키는 방법이 구현되었다.



(그림 5) 패킷의 크기에 따른 비콘 전송지연 비교

그림 5에 기존의 IEEE 802.11b와 제안된 방법에 대한 모의실험 결과를 나타냈다. 기존의 IEEE 802.11b의 방법에서는 접속이 하나인 경우와 이와 동일한 트래픽을 발생하는 두 개의 접속에 대해서 모의실험을 수행하였다. 그림 5의 결과는 UDP를 사용하는 응용계층에서 발생하는 데이터는 패킷의 크기가 64, 128, 256, 512, 2048, 4096 byte인

경우에 대해서 100 sec 동안 모의실험을 수행하면서 100 msec 간격으로 떨어져 있는 TBTT마다 무선채널을 점유하는 트래픽으로 인한 비콘지연을 측정된 것의 평균을 구한 것이다. 전체적으로 볼 때, 앞의 그림 4로 부터 예측할 수 있는 바와 같이, 기존의 IEEE 802.11b에서는 두 개의 접속이



(그림 6) TBTT 직전에 추가되는 데이터의 전송지연

있는 경우가 하나 보다 지연이 더 크게 나타나고 있다. 기존의 IEEE 802.11b에서는 패킷의 크기가 64, 128, 256, 512, 1024 byte의 경우에 대해서는 패킷의 크기가 증가할수록 비콘지연의 크기가 증가하고 1024 byte 보다 큰 경우에 대해서는 패킷의 크기에 무관하게 일정한 수준을 유지하는 특성을 보이고 있다. 반면에 제안된 방법에서는 패킷의 크기에 관계없이 비콘지연이 발생하지 않는 것으로 관찰된다. 이 이유는 제안된 방법에서는 전송할 데이터 패킷이 발생했을 때 다음 TBTT까지 잔여시간이 충분한 경우에만 전송절차에 들어가도록 패킷 전송을 제어하기 때문이다.

그림 6에 제안된 방법으로 데이터를 전송할 때, TBTT 직전에 추가되는 전송지연의 평균치를 나타냈다. 기존의 IEEE 802.11b에서는 TBTT까지 잔여시간에 관계없이 전송절차에 들어가지만, 제안된 방법은 잔여시간이 불충분한 경우에는 전송 절차를 다음 TBTT까지 지연시키므로 TBTT 직전에 발생한 데이터는 기존 IEEE 802.11b에 비해서

추가로 지연이 발생할 수 있다. 추가된 지연을 측정하기 위해 TBTT 직전에서 잔여시간과 비교하는 시간의 크기는 하나의 데이터 프레임을 성공적으로 전송하는데 필요한, 식 (1)과 같이 표현되는, 0.003246 sec로 설정하였다. 이 그림에서 매 비콘주기마다 (0, TBTT - 0.003246) sec 에서 상위계층으로부터 MAC 계층에 도착하는 메시지는 잔여시간이 충분하므로 지연 없이 전송절차에 들어가기 때문에 표현하지 않았다. 그림 6의 결과를 보면 제안된 방법으로 매 비콘주기마다 (TBTT - 0.003246, TBTT)에 도착하는 메시지에 대해 추가된 전송지연은 비교되는 시간 0.003246 sec의 절반 수준으로 나타난다.

모의실험 결과를 통해서 알 수 있듯이 기존의 IEEE 802.11b에서는 TBTT에서 무선 채널을 점유하고 있는 트래픽으로 인해 AP가 전송하는 비콘이 지연되므로 각 스테이션은 비콘을 수신하기 위해서 최소한 비콘지연 이상 깨어서 대기해야 한다. 반면에 제안된 방법에서는 스테이션의 전송을 제어하여 TBTT에서 비콘 전송지연이 발생하지 않으므로 스테이션이 비콘을 수신하기 위해 깨어서 대기해야 하는 시간이 적어진다. 제안된 방법으로 이와 같은 이득을 얻기 위해 데이터 전송시 에너지가 충분한 스테이션에게 매 비콘주기 직전에 기존의 IEEE 802.11b에 비해서 약 0.001623 sec 정도의 추가지연이 발생하지만, TBTT에서 비콘의 지연은 발생하지 않는다. 따라서 제안된 방법으로 저 전력 모드로 동작하는 스테이션들은 에너지 소모를 개선할 수 있게 된다.

## 5. 결론

이 논문에서는 IEEE 802.11b 무선 랜에서 비콘 전송 예정시간 TBTT 이전에 스테이션에서 발생된 트래픽이 무선채널을 점유함으로써 인해 TBTT에서 비콘이 전송되지 못하고 그 트래픽이 끝날 때까지 지연되기 때문에 저 전력 모드로 동작하는 스테이션이 비콘을 수신하기 위해 오래 동안

깨어서 대기함으로써 에너지가 소모되는 문제가 설명되었고 이를 개선할 수 있는 방법이 제시되었다.

제안된 방법은 정상상태로 동작하는 스테이션들에 대해 TBTT까지 잔여시간이 충분한 경우에만 전송을 허용함으로써 TBTT에서 AP를 제외한 다른 스테이션이 전송매체를 점유하지 못하게 한다. 이 방법으로 에너지가 충분한 스테이션이 전송할 데이터가 있는 경우에는 매 비콘주기마다 TBTT 직전 잔여시간 부족으로 인해 약간의 전송 지연이 추가되지만, TBTT에서 AP의 비콘 전송이 보장되므로 비콘 전송지연이 최소화된다. 따라서 비콘을 수신하기 위해 스테이션이 깨어 있어야 할 시간이 최소화 되므로 저 전력 모드 스테이션들은 에너지 소모를 줄일 수 있게 된다.

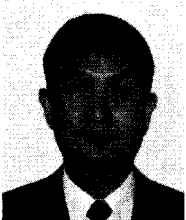
기존의 IEEE 802.11b와 제안된 방법을 비교하기 위해, ns2 version 2.31에 제안된 방법을 추가로 구현하고 다양한 트래픽 부하조건에 따라 모의실험을 수행하였다. 모의실험 결과 제안된 방법으로 에너지가 충분한 스테이션이 전송할 데이터를 갖고 있는 경우, 매 비콘주기에서 TBTT 직전에 한 프레임의 전송시간의 반 정도의 전송지연이 추가되는 현상이 관찰되었다. 또한 IEEE 802.11b에서는 부하가 증가할수록, 패킷의 길이가 증가할수록 비콘지연이 증가하지만 제안된 방법은 TBTT에서 비콘 지연이 발생하지 않았다. 따라서 비콘 지연이 없는 제안된 방법으로 에너지가 충분한 스테이션에게는 약간의 전송지연이 발생하지만, 저 전력 모드의 스테이션에서 에너지 소모가 개선되는 효과를 확인하였다.

앞으로 다른 BSS에 속해있는 스테이션들이 발생하는 트래픽으로 인해 비콘의 전송지연이 발생할 수 있는데, 이러한 문제에 대처할 수 있는 방법에 대한 연구가 이루어져야 한다. 또한 제안된 방법을 적용함으로써 얻어지는 비콘 전송지연 감소효과를 작은 지터(jitter)가 요구되는 실시간성 데이터의 전송에 응용하는 방안에 대해 연구가 수행되어야 한다.

## 참고문헌

- [1] L. Cai, Y. Xiao, X. Shen, and J. W. Mark, "VoIP over WLAN : Voice capacity, admission control, QoS, and MAC", International Journal of Communication Systems, vol. 19, pp.491-508, 2006.
- [2] K. Fall and K. Varadhan, The ns Manual, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-documentation.html>, Nov. 18, 2007.
- [3] LAN MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition, 1999.
- [4] S. W. Kwon, J. R. Lee, and D. H. Cho, "Power Management Scheme Considering Priority in Wireless LAN", IEEE VTS Vehicular Technology Conference : VTC, v.62, no.2, pp.1149-1153, 2005.
- [5] S. Mangold, S. Choi, P. May, O. Klein, G. Hiertz, and L. Stibor, "IEEE 802.11e wireless LAN for quality of service", European Wireless, vol.1, Florence, Italy, pp.32-39, Feb. 2002.
- [6] Realtek, Realtek wireless LAN network interface controller RTL8180, Rev.1.2, May 3, 2003.
- [7] S. Vasudevan, K. Papagiannaki, C. Diot, J. Kurose and D. Towsley, "Facilitating access point selection in IEEE 802.11 wireless networks", In ACM Sigcomm Internet Measurement Conference, Berkeley, Oct. 2005

## ● 저자 소개 ●



### 송 명 렬(Myong-Lyol Song)

1985년 연세대학교 전자공학과 졸업(학사)

1988년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1996년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)

1996~현재 호서대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야 : 컴퓨터 통신, 통신 시스템, 임베디드 시스템 설계, 저전력 무선랜.

E-mail : mlsong@hoseo.edu