

HR-WPAN에서 채널 상태에 따른 우회 채널 할당에 관한 연구

A Study on the Intermediate Channel Assignment based on Channel Status in High-rate WPAN

이정윤, 이경진, 송왕철
제주대학교

Lee Jung-Yun, Lee Kyung-Jin, Song Wang-Cheol
Cheju National University

요약

High-rate WPAN은 CAT의 Time Slot 할당 스케줄링 방법을 정의하고 있지 않다. 이에 CAT의 Time Slot 할당 스케줄링 방법에 관한 많은 연구가 진행 중이다. 하지만 지금까지의 연구들은 Air Interface의 에러 요소의 미적용이나 특정 DEV의 기아 현상 등의 단점 등을 내포하고 있다. 이에 본 논문에서는 채널의 상태에 따라 우회 경로를 제공하여 채널 타임 할당 스케줄링 방법의 단점을 극복하는 알고리즘을 제안한다.

Abstract

High-rate WPAN doesn't define the time slot assignment scheduling method of CAT. So, there has been many studies regarding time slot assignment scheduling of CAT. However, present studies involve demerits about not applying various types of errors in air interface or having a starvation of a specific DEV. In this paper, we propose algorithms about supplying the intermediate channel assignment in order to avoid these demerits.

I. 서론

IEEE 802.15.3 표준은 개인 주변 영역에서 멀티미디어 전송이 가능한 기기들 간의 애드 혹 형태의 연결을 지원하도록 설계되었다. 즉, 10m 범위에서 55Mbps의 전송률을 가지고 기기들 간에 고속의 대용량 멀티미디어 데이터 통신을 가능케 하는 기술이다.

HR-WPAN(High Rate Wireless Personal Area Network)에서는 CTAP(Channel Time Allocation Period)의 Time Slot(CTA) 할당 스케줄링 기법이 정의되어 있지 않다. 그래서 HR-WPAN에서의 많은 연구들은 이러한 채널 시간 할당 방법에 대한 연

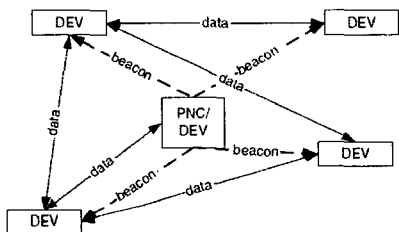
구에 치중이 되어 있으며, 적합하다고 생각되는 스케줄링 기법으로 채널 시간을 할당하고, 이에 대한 전체적인 채널 Throughput 증가를 보여주고 있다. 하지만 이러한 연구는 Air Interface의 에러 요인을 고려하지 않았고, 에러 요인을 고려했다고 해도 채널 할당에만 에러율을 적용함으로써 링크 상태가 좋지 않은 DEV간의 통신에서 기아현상이 발생하는 단점을 가지고 있다.

이에 본 논문에서는 에러율을 기반으로 링크 상태에 따라 우회 경로를 적용하여 기아현상을 없애면서 전체적인 Throughput을 향상시키는 방법을 제시하고자 한다.

II. 관련연구

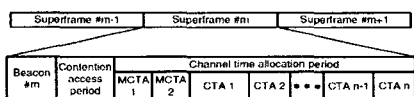
1. IEEE 802.15.3 HR-WPAN

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN은 10m 이내에 있는 디바이스들이 ad-hoc 네트워크를 구성하여 고속의 대용량 멀티미디어 데이터를 전송하도록 하는 기술이다. WPAN 네트워크는 통신을 수행하는 각각의 장치인 DEV(data device)들이 모여 통신을 가능하도록 하는 무선 애드 혹 형태의 데이터 통신 시스템인 Piconet을 단위로 구성된다.



▶▶ 그림 1. HR-WPAN의 Piconet 구성

Piconet은 [그림 1]에서와 같은 구성 요소를 가진다. 기본적인 구성요소는 DEV이며, 하나의 DEV가 Piconet의 조정자 역할을 수행하는 PNC(Piconet Coordinator)가 된다. PNC는 IEEE 802.15.3 High-rate WPAN의 전송단위인 superframe이 시작될 때마다 beacon 프레임을 전송하여 Piconet을 관리하고 다른 DEV의 시간 동기화 및 채널타입 할당의 기능을 수행한다. 추가적으로 PNC는 QoS(Quality of Service) 요구, Power Save 모드, Piconet에 대한 접근 제어(Access Control)를 관리한다. DEV는 자신이 속한 Piconet의 PNC로부터 할당받은 채널타입동안에 데이터를 전송한다.



▶▶ 그림 2. Superframe의 구조

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN은 superframe

이라는 주기가 반복되면서 DEV간의 데이터 전송이 이루어진다. superframe은 [그림 2]와 같이 Beacon, CAP(Contention Access Period), CTAP(Channel Time Allocation Period)의 세 부분으로 구성된다. superframe은 항상 Piconet에 대한 정보와 beacon 이후의 구간에 대한 정보를 싣고 있는 beacon 프레임 구간으로 시작된다. 이 정보를 바탕으로 CAP 구간과 CTAP 구간의 할당에 대한 정보가 전달된다. CAP 구간은 CTA 할당 없이 데이터 전송을 원하는 DEV가 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 메커니즘을 이용하여 경쟁을 통해 채널을 획득하고 데이터를 전송할 수 있는 구간이다. CTAP는 TDMA 다중 접속 프로토콜을 적용하여 DEV가 데이터를 전송하기 위한 채널타입 시간을 보장 받게 된다. CTAP는 DEV와 PNC간의 command 전송을 위한 MCTA(Management CTA)와 DEV간 데이터 전송을 위한 CTA(Channel Time Allocation)으로 구성된다.[1]

2. Channel Time Scheduling 기법

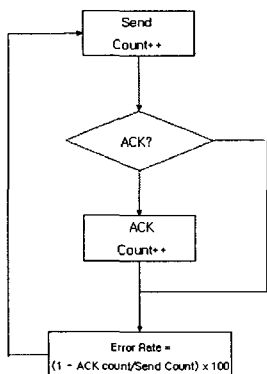
Piconet의 제한된 대역폭을 효율적으로 활용하고 멀티미디어 트래픽의 QoS를 보장해 주기 위해서는 CTA를 효율적으로 스케줄링하는 방법이 매우 중요하다. 이러한 논지에서 High-rate WPAN의 많은 연구들은 채널 타임 스케줄링의 효율성을 증가시키는 방향으로 연구되어지고 있다. 채널 타임 스케줄링 방법으로는 기본적으로 데이터를 전송하려는 DEV가 원하는 크기의 채널 타임을 할당하는 방법, DEV가 요청한 채널 크기를 바탕으로 superframe을 분할하여 할당하는 Weighted Round Robin (WRR) 방법 [2], 각 DEV에 가중치를 두어 가중치에 따라 채널 타임을 할당하는 Weighted Fair Queuing (WFQ) 방법 등이 있다[3]. 하지만 이러한 방법은 채널 타임 할당에 대해 Air Interface에 산재해 있는 에러를 적용하지 않아 능동적인 채널 타임 할당을 할 수 없다는

단점을 가지고 있다. 물론 링크 상태의 에러율을 기반으로 에러율이 낮은 DEV에게는 요구한 채널 타임보다 많은 채널 타임을 할당하고, 에러율이 높은 DEV에게는 요구한 채널 타임보다 적은 채널 타임을 할당하는 동적 채널 할당 방법도 있으나[4], 이러한 방법은 특정 DEV에 대한 기아현상을 초래하는 단점을 가지게 된다.

III. 본론

II.2에서 논의한 채널 타임 할당 방법의 단점을 극복하기 위해 본 논문에서는 각 링크의 에러율을 기반으로 한 우회 경로를 통해 Piconet의 전체적인 Throughput의 향상과 특정 DEV의 기아현상을 제거하는 알고리즘을 제시한다.

IEEE 802.15.3 High-rate WPAN에서는 Immediate ACK, No ACK, delayed ACK의 세 가지 ACK Policy를 표준으로 삼고 있다. Immediate ACK는 MAC frame을 받은 수신 device가 바로 응답을 해주는 방식이고, No ACK는 수신 device의 응답 없이 특정 시간 간격으로 송신 device가 알아서 다음 MAC frame을 보내는 방식이며, delayed ACK는 송신 device가 특정한 수의 MAC frame을 받고 난 후 한꺼번에 응답을 해주는 방식이다. 여기서 ACK를 보내는 방식을 이용해서 에러율을 얻을 수 있다.

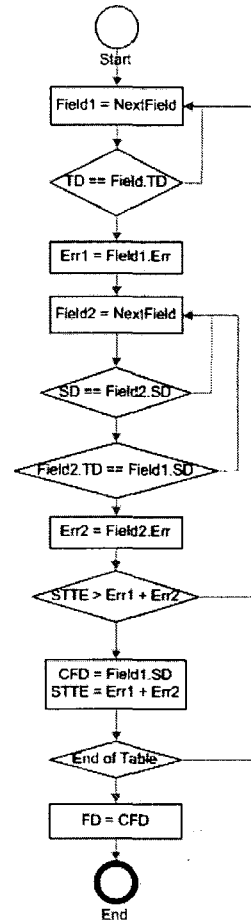


▶▶ 그림 3. 채널 에러율 검사

[그림 3]에서 보는 것과 같이 frame을 전송한 수와 응답 받은 ACK의 수를 이용해서 채널의 에러율을 얻고 이 에러율을 기반으로 각 DEV는 채널 타임 할당 요청 시 계산된 에러율과 타겟 DEV의 device ID를 PNC에게 같이 보낸다. PNC는 소스 DEV와 타겟 DEV, 에러율을 갖는 테이블을 [표 1]과 같이 형성하여 각 DEV들 간의 상태정보를 관리한다.[4]

[표 1] 채널 상태 정보

소스	타겟	에러	소스	타겟	에러	소스	타겟	에러
PNC	A	15%	A	PNC	10%	B	PNC	8%
PNC	B	8%	A	B	50%	B	A	50%



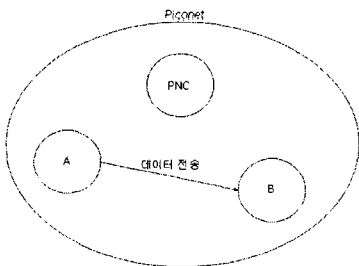
▶▶ 그림 4. 우회 경로 알고리즘

전송 디바이스는 지정된 에러율 이상의 에러가 발생한 경우 PNC에게 우회 경로를 요청할 수 있고, 우회 경로 요청을 받은 PNC는 [그림 4]와 같은 방법으로 우회 경로를 선택하고 우회 경로의 DEV와 소스 DEV에게 알린다. 소스 DEV는 우회 경로에 대한 응답을 받게 되면 타겟 DEV가 아닌 우회 경로 DEV로 타겟 DEV의 ID와 함께 데이터를 전송하게 된다. 우회 경로 DEV는 소스 DEV의 ID를 보고 자신의 데이터가 아님을 알 수 있게 되며, 이 데이터를 타겟 DEV로 포워드하게 된다.

[표 2] 우회 경로 알고리즘 단축문자

단축문자	의미
FieldN	채널 상태 Table 내의 Field
NextField	채널 상태 Table 내의 다음 Field
ErrN	에러율
SD	Source DEV
TD	Target DEV
STTE	Source to Target Error Rate
CFD	Candidate Forward DEV
FD	Forward DEV

예를 들어 [그림 5]와 같이 DEV A에서 DEV B로 데이터를 전송하려고 하고, 채널 상태는 [표 1]과 같으며, Error Rate Threshold가 20%이면, DEV A는 PNC에게 우회 경로 요청을 보내게 된다.



▶▶ 그림 5. Piconet

PNC는 자신의 채널 상태 테이블에 우회 경로 알고리즘을 적용하여 우회 경로 DEV를 선택한다. 먼저,

타겟 DEV인 B와 채널 상태 테이블 내에서 타겟 필드가 B와 같은 레코드의 에러율(8%)을 ERR1에 놓고, 그 레코드의 소스 필드(PNC)와 소스 DEV 즉, 상태 테이블의 소스가 A인 레코드의 타겟이 같은지 비교하여 같으면 ERR2에 소스가 A인 레코드의 에러 필드(10%)를 넣는다. 그리고 ERR1과 ERR2의 총합 에러율(18%)이 소스 DEV(A)에서 타겟 DEV(B)로의 에러율(50%) 보다 작으면 후보 우회 경로 DEV에 상태 테이블의 타겟이 B인 레코드의 소스(PNC)를 넣고, STTE를 총합 에러율로 갱신한다. 이와 같은 방식으로 채널 상태 테이블의 모든 레코드를 조사한 후 마지막의 CFD가 우회 경로 DEV가 된다. 즉 이 경우의 우회 경로 DEV는 PNC가 된다.

이와 같이 우회 경로 알고리즘을 사용하게 되면 채널 할당 스케줄링 방법에 상관없이 사용할 수 있고, 특정 DEV의 기아현상을 극복할 수 있게 된다.

IV. 결론

지금까지 High-rate WPAN에서의 가장 큰 이슈인 채널 할당 스케줄링 방법에 대해 알아보고, 채널 할당 스케줄링의 단점인 Air Interface의 에러 요인 적용과 특정 DEV의 기아현상을 극복할 수 있는 방법에 대해 알아보았다. 앞으로 우회 경로 알고리즘을 사용할 때 적합한 Error Rate Threshold와 우회 채널 할당에 대한 기준에 대한 연구가 더욱 필요할 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] IEEE Std. 802.15.3 "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks(WPANs)", Sep. 2003.
- [2] 박중호, 이태진, 전선도, 연구정, 원윤재, 조진웅, "KOINONIA 고속 WPAN의 멀티미디어 전송을 위한 채널 타임 할당 및 CAC 알고리즘", 한국통신학회논문

지 '05-5 Vol.30 No.5A

- [3] 이용석, 한진우, 최웅철, 이승형, 정광수, "HR-WPAN에서의 Weighted Fairness를 이용한 Channel Time 스케줄링 기법 연구", 2004년도 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol.31, No.21.
- [4] 박동원, 이승형, "IEEE 802.15.3 고속 무선 PAN(Personal Area Network)에서 링크상태에 따른 동적 채널할당", 한국통신학회논문지 '04-7 Vol.29 No.7A