[11-61]

IEEE 802.15.3의 비례적 공평 스케줄링 알고리즘

주 성 돈
아주대학교 전자공학과

이 채 우
아주대학교 전자공학과
{sungdon, cwlee}@ajou.ac.kr

Channel Status Aware Proportional Fair Scheduling Algorithm in IEEE 802.15.3

Sung-Don Joo Chae-Woo Lee
Department of Electrical and Computer Engineering
Ajou University

요 약

무선 환경에서는 페이딩, 간섭 등과 같은 다양한 에러가 존재하고 있으며, 이러한 에러는 네트워크의 성능을 감소시킨다. 특히, ISM 대역에서 동작하는 IEEE 802.15.3은 무선 채널에러에 많이 노출되어 있다. 본 논문은 이러한 채널에러 환경에서 효율적인 비동기 트래픽의 스케줄링을 위한 CSA-PFS(Channel Status Aware - Proportional Fair Scheduling) 알고리즘을 제안한다. CSA-PFS는 디바이스가 요구하는 채널시간에 비례하여 CTA(Channel Time Allocation)를 할당한다. 또한 디바이스간의 채널에러를 인식하여 에러를 겪는 디바이스에게 채널을 할당하지 않음으로써 데이터의 손실과 채널 시간의 낭비를 막는다. 채널에러에서 복구된 디바이스는 디바이스들 간의 공평성을 유지하기 위해 완전보상 또는 점진적 보상을 통해 채널시간(CTA)을 보상받는다. 시뮬레이션 결과 CSA-PFS는 무선 채널에러 환경에서 기존의 SRPT나 RR방식보다 우수한 성능을 보이고 있다.

1. 개요

최근 발표된 IEEE 802.15.3 HR-WPAN(High Rate Wireless Personal Area Network)은 이러한 멀티미디어 스트림의 QoS 요구를 만족시켜줄 수 있는 WPAN 기술로서 55Mbps의 데이터 전송률을 제공하고 10m 이내의 컴퓨터, 이동 단말기, 가전제품을 연결할 수 있는 에드 혹(Ad-hoc) 무선 통신 기술이다. 또한 저전력의 이동 단말기를 지원하기 위한 전력 관리(Power Management) 기능을 제공하고 있어 전력 소비를 최소화할 수 있다[1].

HR-WPAN에서 PNC(Piconet Coordinator)는 형성된 네트워크를 관리하는 기능을 담당한다. 또한 각 디바이스에게 채널시간을 할당해주는 스케줄링 기능을 담당하고 있다[1]. 그러나 표준에서는 스케줄링 방법을 정의하지 않음으로써 다양한 스케줄링 알고리즘이 동작할 수 있도록 하였다. 무선 네트워크에서 스케줄링 알고리즘을 설계할 때 유선과 다르게 가장 유의해야 할 사항이 바로 채널에러이다[2]. 그러므로 HR-WPAN에서 PNC가 디바이스들 간의 채널 상황을 고려한 스케줄링을 할 수 있는 새로운 알고리즘이 요구된다. 본 논문에서는 동기 스트림(Isochronous stream)에게 할당하고 남은 채널시간을 낭비하지 않고, 비동기(Asynchronous) 데이터의 전송을 위한 효율적인 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 디바이스가 요구하는 채널시간에 비례하여 채널시간을 할당함으로써 디바이스간의 비례적 공평성(Proportional Fairness)을 보장한다. PNC는 특정 디바이스에게 채널에러가 발생하면 다른 디바이스들에게 채널시간을 할당하고 채널에러가 복구되면 양보한 채널시간만큼 보상을 받음으로써 디바이스간의 공평성을 채널에러가 발생되더라도 유지가 될 수 있도록 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 HR-WPAN에서의 스케줄링의 이해를 돕기 위해 기본 동작과정과 채널 액세스 방법에 대해 설명한다. 3장에서는 제안한 스케줄링 방법에 대해서 설명한다. 그리고 4장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 평가하고, 마지막 5장에서는 논문의 결론을 기술하였다.

※ 본 논문은 한국과학재단에서 지원하는 연구 지원사업(R01-2003-000-10724-0)

2. IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 기본 동작

이번 절에서는 HR-WPAN에서 스케줄링 방법을 이해하기위해 필요한 기본 동작을 설명한다. HR-WPAN은 기존의 블루투스와 유사하게 피코넷(Piconet)을 형성한다. 그러나 각 디바이스들의 통신은 P2P(Peer to Peer)로 이루어진다[1]. PNC는 비콘 신호를 이용하여 각 디바이스들의 전송시작 시간과 끝나는 시간을 명시하는 CTA(Channel Time Allocation) 정보와 피코넷에 관한 정보를 디바이스들에게 방송(Broadcast)한다. 각 디바이스들은 PNC로부터 수신한 비콘 신호를 이용하여 피코넷에 동기화되며, 할당받은 CTA를 이용하여 데이터를 전송한다. HR-WPAN의 채널 시간은 그림 1와 같이 슈퍼 프레임 단위로 이루어져 있다. 이 슈퍼 프레임은 비콘 전송구간, CAP(Contention Access Period) 그리고 CTAP구간으로 이루어져 있다.

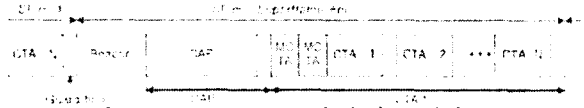

그림 1. IEEE 802.15.3의 슈퍼 프레임 구조

피코넷 내의 각 디바이스들은 PNC로부터 데이터 전송을 위한 CTA구간을 할당받기 위해 CAP 구간이나 MCTA 구간을 이용하여 CTRq(Channel Time Request) 메시지를 PNC에게 전송한다. PNC는 슈퍼 프레임에 할당 가능한 채널시간이 존재하면 다음 슈퍼 프레임에 요구한 CTA를 할당한다. 자세한 동작 과정은 [1]에서 확인할 수 있다.

3. 제안된 알고리즘