

김한집, 김병철, 이재용  
 충남대학교 정보통신공학과 데이터통신 연구실

## Design and Performance Evaluation of Queue Status dependent Limited Round Robin(QSLRR) Algorithm for Bluetooth Systems

Han Jib Kim, Byung Chul Kim, Jae Yong Lee  
 Data Communications Lab., Dept. of InfoComm. Eng., Chungnam National University

### 요 약

본 논문에서는 Bluetooth로 구성된 망(piconet)에서 각 master와 slave 쌍간 데이터를 전송시 효율적인 polling mechanism을 제안한다. 제안된 기법은 기존 Bluetooth의 scheduling 방식인 PRR(Pure Round Robin)과 ERR(Exhausted Round Robin) 방식에 비하여 높은 throughput과 낮은 delay, 그리고 fairness를 보장한다. 제안된 기법은 master 중심의 블루투스 스케줄링 구현에서 master가 각 master-slave간의 전송데이터의 유무를 판단하고 전송기회(poll)를 부여함으로써 효율성을 높이고, 최대 전송횟수(Max)를 제한함으로써 각 쌍의 delay를 낮추며 fairness를 보장하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 성능을 향상시키고 fairness를 보장하는 효과적인 알고리즘임을 보였다.

### 1. 서론

Bluetooth는 2.4Ghz 대의 비허가 ISM(unlicensed Industrial Scientific Medical band)을 이용하며 저전력, 저가의 특성을 갖는 좁은 영역에서의 무선 통신 기술로서, 각 전자 기기들간의 연결 케이블을 대체하기 위한 방안으로 제안된 기술이다. 이와 같은 무선 개인 통신망 기술(WPAN: Wireless Personal Area Network)은 동종 및 이종 기기들간의 무선 채널을 통한 효율적 연결을 제공함으로써 다양한 분야에서 큰 관심을 모으고 있으며, 특히 노트북, PDA, 이동전화, 헤드셋(headset)등 다양한 기기들간의 유기적인 연결을 제공할 것으로 기대되고 있다.

블루투스는 TDD 방식을 기반으로 하며 마스터-슬레이브 구조를 갖는다. 하나의 마스터와 최대 7 개의 슬레이브가 블루투스 시스템의 가장 간단한 네트워크 형태인 piconet 을 이루고, 한 piconet 의 노드가 다른 piconet 과 연결되는 역할을 함으로 scatternet 으로 확장 가능하다. 슬레이브는 반드시 마스터가 전송한 직후의 슬롯에서만 전송이 가능하며, 마스터는 짝수번째 슬롯, 슬레이브는 홀수번째 슬롯을 사용하도록 할당되므로 블루투스 시스템의 MAC 스케줄링의 단위는 항상 마스터-슬레이브의 쌍으로 이루어진다[1].

이러한 마스터와 슬레이브의 연결은 동기식과 비동기식 연결이 가능하다. 동기식 연결은 음성 traffic 처럼 주기적으로 전송이 필요한 traffic 을 위해 주기적으로 미리 할당된 슬롯을 사용하는 circuit-oriented service 이다. 반면, 비동기식 연결은 packet-oriented service 로서 데이터의 크기에 따라 1, 3, 5 slot 을 사용할 수 있지만 동기식 연결과 같이 사용시에는 슬롯 크기에 제약을 받는다. 블루투스 시스템은 마스터의 polling 을 통해서 슬레이브에 대한 스케줄링이 이루어지므로 MAC 스케줄링의 성능을 향상

시키기 위해서는 마스터가 슬레이브의 상태를 적절히 고려하여 스케줄링하여야 한다.

블루투스의 기본적인 스케줄링 방식인 라운드 로빈은 전송할 데이터가 없는 경우에 있어서도 각 슬레이브가 한번씩 동일하게 전송 기회를 갖는다. 즉, 마스터는 전송할 데이터가 없더라도 POLL 을 보냄으로 슬레이브에게 전송의 기회를 주고, 슬레이브는 데이터가 없는 경우에 NULL 을 보내게 된다. 이 방법은 fairness 면에서는 우수하지만 많은 슬롯의 낭비가 예상되므로 적절한 스케줄링 방안이라고 하기 어렵다. 반면에 성능을 최대화하기 위해 데이터가 있는 마스터-슬레이브 쌍을 우선 순위로 하여 polling 을 하게 되면 특정 쌍에 의해 다른 노드들의 성능이 크게 저하될 수 있다.

본 논문의 목적은 이러한 성능과 fairness 문제 간의 trade-off 문제를 해결할 수 있는 일반적인 polling 기법을 제안하고 이의 성능을 분석하는 것이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 기존의 블루투스 시스템의 MAC 스케줄링 방식을 검토하고, 3 절에서는 기존 방법에서의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대해 설명한다. 4 절에서는 시뮬레이션을 이용하여 제안된 방법과 기존의 알고리즘과의 성능 비교를 하였으며, 마지막으로 5 절에서는 결론을 맺는다.

### 2. 블루투스 MAC 스케줄링 방식

블루투스에서의 MAC 스케줄링 방식을 그림 1 에 나타내었다. 블루투스에서는 마스터가 전송을 해야만 슬레이브가 전송할 수 있는 마스터 중심의 마스터-슬레이브 쌍을 기본 단위로 이루어진다. 기본적인 스케줄링 방식인 라운드 로빈 방식을 적용할 경우, piconet 을 이루고 있는 마스터-슬레이브 쌍들에 균일하게 한번씩 polling 의 기회를 준다.