

블루투스의 QoS 제어 메커니즘

김대성* 조정교* 오세웅**

*동명정보대학교 정보대학원

**동명정보대학교 멀티미디어공학과

A QoS Control Mechanism for Bluetooth

DaeSung Kim* JeongKyo Cho* SeiWoong Oh**

*Graduate School of Information, Tongmyong Univ. of Information Technology.

**Dept. of Multimedia Engineering, Tongmyong Univ. of Information Technology.

요 약

현재 블루투스(Bluetooth) 표준(Specificaton)에서는 QoS 지원에 대해 L2CAP, LMP 계층(Layer)에서의 QoS 지원 파라미터(parameter)와 협상(Negotiation) 순서에 대해서만 정의되어 있다. 본 논문에서는 블루투스 기기간의 통신시 QoS를 지원하기 위해 현재 블루투스 표준에 정의되어 있는 요소들을 기반으로 한 새로운 QoS 제어 메커니즘(Control Mechanism)을 제안한다.

1. 서론

블루투스는 저비용이고 저전력으로 동작하며 간섭에 강한 특성을 가지는 Ad-hoc 네트워크 구성을 위한 단거리 무선 통신 기술이다. 블루투스는 통신을 위해 두 개 이상의 기기(Device)가 연결되어 피코넷(Piconet)을 구성하며, 연결을 요청한 기기가 마스터(Master)가 되고 연결을 수락한 기기가 슬레이브(Slave)가 된다. 블루투스 표준에서는 마스터와 슬레이브 간의 통신을 위한 SCO, ACL 두 가지의 물리적 연결을 지원한다[1]. 블루투스에서 지원되는 최대 1Mbps의 대역폭 중, SCO 연결은 64kbps만큼의 대역폭 사용이 가능하고 고정된 대역폭을 지원해주므로 QoS 지원을 통한 음성 서비스는 가능하지만 동영상 VOD 서비스 등의 높은 대역폭을 요구하는 서비스에는 부적절하고, ACL 연결은 SCO 연결에 사용되는 대역폭을 제외한 나머지 대역폭의 사용이 가능하여

높은 품질의 오디오 또는 동영상 서비스 등의 높은 대역폭을 요구하는 서비스에 대해서는 만족시켜줄 수 있지만 고정된 대역폭을 지원해 주지 않으므로 QoS를 보장하지 못한다. 이러한 QoS를 지원하기 위해서 QoS 협상 및 동적인 QoS 적응(Adaptation)과 같은 제어 메커니즘이 필요한데, 기존 블루투스 표준에서는 QoS 지원 파라미터와 협상 순서에 대해서만 정의되어 있으며 여기에 관련된 연구 또한 미비한 실정이다.

본 논문에서는 이와 같이 블루투스 표준에서의 QoS 지원의 문제점을 보완하기 위한 새로운 QoS 제어 메커니즘을 제안하고자 한다. 2절에서는 현재의 블루투스 표준에서의 QoS 메커니즘에 대해 설명하고 3절에서는 본 논문에서 제안하고자 하는 QoS 제어 메커니즘에 대해 기술하고, 4절에서는 결론을 내리고 향후 계획을 제시한다.

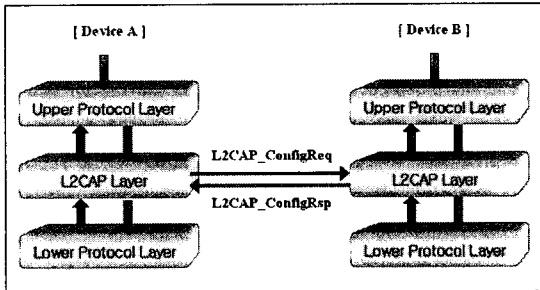
2. 블루투스 표준에서의 QoS 지원 요소

본 절에서는 현재 블루투스 표준의 프로토콜 (Protocol) 스택(Stack) 중 L2CAP와 LMP[1] 두 계층에서 QoS를 지원하기 위해 정의되어 있는 요소들을 설명한다.

2.1 L2CAP 계층의 QoS 지원 요소

블루투스 프로토콜 스택 중 L2CAP 계층에서는 QoS 파라미터에 대한 협상을 지원한다.

L2CAP 계층에서는 상위 어플리케이션(Application) 계층에서 요청된 트래픽 요구사항(Traffic Spec.)[2]을 Service Type, Token Rate[1] 등의 QoS 파라미터로 매핑(Mapping)하고, 그림 1과 같이 원격지(Remote) 블루투스 기기의 L2CAP 계층과 L2CAP_ConfigReq, L2CAP_ConfigRsp PDU[1]를 사용하여 QoS 파라미터들을 협상한다. 만약 협상이 실패할 경우, 상위의 해당 어플리케이션에 협상 실패를 알리므로써 재협상(re-negotiation)을 가능하게 한다.



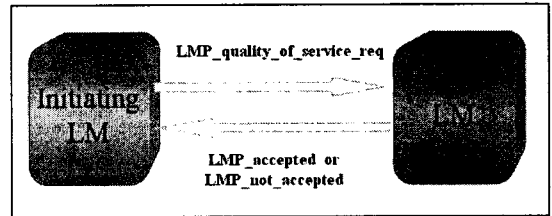
[그림 1] L2CAP 계층 Interactions

그러나 현재 L2CAP 계층에서는 QoS 파라미터와 협상에 사용되는 PDU만 정의되어 있을 뿐, QoS를 지원하는 제어 메커니즘이 없어서 QoS 제어 방법에 대해서는 정의되어 있지 않다.

2.2 LMP 계층의 QoS 지원 요소

LMP 계층에서는 상위 L2CAP 계층에서의 QoS

파라미터들을 폴링 간격(polling interval)과 브로드캐스트 패킷수(Broad-cast Packet Number)로 매핑하고, 그 요소들을 그림 2와 같이 원격 블루투스 기기의 LMP 계층과 LMP_quality_of_service_req, LMP_accepted, LMP_not_accepted PDU를 사용하여 협상하고 그 결과를 상위 계층에게 알린다.[1]



[그림 2] LMP quality of service 요청/응답

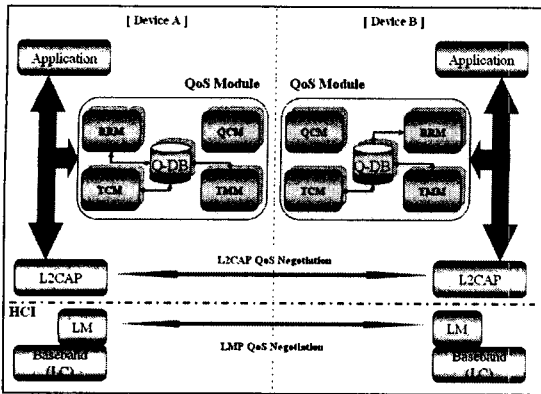
블루투스 피코넷 내에서 마스터와 슬레이브는 LMP 계층에서 결정된 폴링 간격에서만 통신이 가능하며, 이 폴링 간격은 마스터와 슬레이브 사이의 데이터 전송률에 큰 영향을 준다. 그러나 피코넷 내에서는 슬레이브 수가 동적으로 변함으로써 폴링 간격이 변할 수 있기 때문에 전송률이 보장되지 않는다.

3. 제안된 QoS 제어 메커니즘

본 절에서는 종래 블루투스 표준에서의 QoS 지원의 문제점을 보완하기 위한 새로운 QoS 제어 메커니즘에 대해 설명한다.

3.1 QoS 제어 메커니즘

그림 3은 본 논문에서 제안하고 있는 QoS 제어 메커니즘에 사용되고 있는 QoS 모듈(Module)을 보여 주고 있으며, QoS 모듈은 Resource Reservation Module (RRM), Transport Control Module (TCM), Traffic Monitoring Module (TMM), QoS Control Module (QCM), Q-DB 5가지로 구성되어 있다.



[그림 3] QoS 제어 메커니즘의 시스템 구성

□ Resource Reservation Module (RRM)

QoS 지원을 위한 시스템 자원을 예약하는 기능을 한다. RRM은 상위 어플리케이션 계층에서의 트래픽 요구사항이 하위 계층에 있는 QoS 모듈 중 QCM에서 QoS 매핑된 후 전달된 QoS 파라미터들을 기반으로 시스템 자원을 예약한다. 시스템 자원 예약이 성공될 경우 Q-DB에 QoS 파라미터들을 저장한 후 QCM을 통해서 하위 L2CAP 계층으로 QoS 파라미터들을 전달하고, 실패의 경우 QCM을 통해 상위의 해당 어플리케이션에게 요구사항이 실패되었음을 알린다.

□ Transport Control Module (TCM)

상위 어플리케이션의 트래픽 요구사항에 따라 데이터 전송을 제어하는 기능을 한다. 상위 어플리케이션에서 전달된 데이터들은 Q-DB에 저장된 각각의 요구사항에 따라 적절한 타이밍에 전송된다.

□ Traffic Monitoring Module (TMM)

트래픽 요구사항에 따라 수신된 데이터가 QoS를 지원하고 있는지를 확인하기 위한 트래픽 모니터링 기능을 한다. 데이터가 수신되면 Q-DB에 저장된 QoS 요구사항을 지원하는지 검사하고, 요구사항을 지원해주지 않을 경우 QCM을 통해서 데이터 전송 측에 QoS violation을 알린다.

□ QoS Control Module (QCM)

두 블루투스 기기간의 QoS 협상 절차 처리와 각 모듈의 수행 결과에 대한 처리를 해주는 기능을 한다. QCM은 상위 어플리케이션 계층으로부터 받은 트래픽 요구사항을 QoS 매핑한 후 RRM으로 전달하여 그 결과를 받고, 그 결과가 실패면 상위의 해당 어플리케이션에게 요구사항이 실패되었음을 알리고 성공이면 하위의 L2CAP 계층으로 QoS 파라미터 협상 요청을 한다. QoS 협상 요청을 수신한 측의 QCM에서는 RRM에게 시스템 자원의 예약을 요청한 후 그 결과를 QoS 협상을 요청한 측에 알린다. QoS 협상을 요청한 측의 QCM은 협상 결과를 받은 후 상위의 해당 어플리케이션에게 알린다.

□ Q-DB (QoS Database)

상위 계층에 있는 여러 종류의 어플리케이션으로부터의 트래픽 요구사항이 QCM의 QoS 매핑으로 결정된 QoS 파라미터들을 저장해주는 기능을 한다. RMM에서는 QoS 매핑을 통해 결정된 QoS 파라미터의 지원을 위한 시스템 자원이 성공적으로 예약될 경우 이 파라미터들을 Q-DB에 저장한다. 그리고 TCM에서는 데이터 전송을 제어할 때 Q-DB를 사용하며, TMM에서는 수신된 데이터가 QoS를 지원하고 있는지를 확인할 때 사용한다.

3.2 QoS 제어 메커니즘에서의 QoS 협상 절차

상위 어플리케이션 계층에서의 트래픽 요구사항은 하위 계층의 QoS 모듈 중 QCM으로 전달된다. QCM은 전달 받은 트래픽 요구사항을 L2CAP 계층에서 지원되는 QoS 파라미터들로 QoS 매핑한 후 RRM으로 전달하고, RRM은 전달 받은 이 파라미터들을 기반으로 QoS 지원을 위한 시스템 자원을 예약한 후, 자원 예약이 성공되면 QoS 파라미터들을 Q-DB에 저장하고 그 결과를 QCM에게 알려서 하위 계층에 QoS 지원을 위한 설정을 하도록 하며, 자원 예약이 실패하면 QCM을 통해 상위 해당 어플리케이션에게 요구사항이 실패되었음을 알림으로써 새로운 QoS 요구를 가능하게 한다.

QoS 자원을 요청하는 측에서의 시스템 자원 예

약 등 모든 설정이 성공적으로 이루어지면 QCM은 L2CAP_ConfigReq PDU를 사용하여 원격에 있는 블루투스 기기에게 QoS 파라미터 협상 요청을 한다. 원격 기기의 L2CAP 계층에서는 L2CAP_ConfigReq PDU 수신 후 QCM으로 QoS 파라미터들을 전달하고, QCM에서는 전달받은 QoS 파라미터들을 RRM으로 전달하며, RRM에서는 시스템 자원을 예약하고 Q-DB에 QoS 파라미터들을 저장한 후 결과를 QCM으로 보내고 QCM은 그 결과를 L2CAP_ConfigRsp PDU를 사용하여 QoS를 요청한 측에 전송한다. QoS를 요청한 측의 QCM은 협상 결과를 수신한 후 결과를 상위의 해당 어플리케이션에게 전달한다.

3.3 QoS 제어 메커니즘에서의 QoS Adaptation 절차

두 블루투스 기기간의 QoS 협상이 끝나면 QoS 요청에 따른 데이터가 전송된다. 그림 3과 같이 블루투스 기기 A의 상위 어플리케이션에서 블루투스 기기 B의 블루투스에게 데이터를 전송하기 위해 하위 계층으로 데이터를 전달한다. 상위 어플리케이션 계층에는 QoS 보장을 원하는 여러 어플리케이션들이 존재하며, 이에 따라 각각의 QoS 보장을 위해 TCM에서 데이터 전송을 제어한다. 여러 어플리케이션으로부터 전달되는 전송 데이터들은 TCM을 통해 QoS 지원을 위한 적절한 타이밍에 전송되며, 데이터 전송에 대한 적절한 타이밍은 Q-DB에 저장되어 있는 QoS 파라미터를 통해 결정된다.

데이터를 수신하는 측에서는 QoS가 보장되고 있는지 TMM을 통해 수신 데이터를 모니터링하고 있어야 한다. 상위 어플리케이션에서 전송한 데이터는 실제 블루투스 프로토콜 스택 중 가장 하위 계층인 베이스밴드(Baseband)[1] 계층을 통해 패킷이라는 단위로 전송된다. 이 패킷이 전송되는 전송률은 LMP 계층에서의 폴링 간격에 의해 결정되며, 이 폴링 간격마다 패킷이 전송된다. 그러나 피코넷 상에서 슬레이브 수가 동적으로 바뀌게 되면 폴링 간격이 변할 수 있으며 QoS 협상을 하더라도 어플리케이션에서의 QoS 요청을 지원해주지 못할 수 있다. 그러므로 TMM에서는 실제 QoS가 지원되는지 확인하기 위해

수신되는 데이터에 대한 모니터링을 수행하며, 모니터링한 결과가 QoS를 지원하지 못한다고 판단될 경우에는 QCM에게 결과를 알리고, QCM에서는 데이터를 전송하는 측에게 QoS violation을 알려서 QoS 적응을 가능하게 한다.

4. 결론

본 논문에서는 블루투스 기기간의 QoS를 지원하고 블루투스 피코넷 내에서 마스터와 슬레이브 간의 패킷 전송을 위해 기본적으로 사용되는 폴링 방식의 문제점을 보완하기 위한 QoS 제어 메커니즘을 제안한다. 본 논문에서 제안된 제어 메커니즘은 RRM, TCM, TMM, QCM, Q-DB로 구성되어 있고 QoS를 지원하기 위한 QoS 협상 기능을 하며, 피코넷 내에서 슬레이브 수가 동적으로 변화함에 따라 전송을 보장하지 않는 것에 대한 QoS 적응을 지원한다.

향후 계획으로는 본 논문에서 제안하고 있는 피코넷에서의 QoS 제어 메커니즘을 스캐터넷(Scatternet)[1]으로 확장하는 것을 목표로 한다.

[참고문헌]

- [1] Specification of the Bluetooth system -Core-, version 1.1
February 2001
- [2] IETF RFC 1363, "A Proposed Flow Specification",
September 1992
- [3] Martin van der Zee, Geert Heijenk,
"Quality of Service in Bluetooth Networking",
March 2001
- [4] The Bluetooth Special Interest Group,
<http://www.bluetooth.com>