

블루투스를 위한 효율적 소프트 핸드오버 방안

정회원 최은석*, 정명순**, 오훈***, 박홍성****

Efficient Soft Handover method for Bluetooth

EunSeok Choi*, Myoung Soon Jeong**, Hoon Oh***, Hong Seong Park**** *Regular Members*

요약

최근에 이동성을 제공받고자 하는 휴대용 장치의 수가 많이 증가함에 따라 무선 네트워크에서의 효율적인 이동성 지원방법이 필요하다. 블루투스 시스템에서 효율적인 이동성을 지원하기 위해서는 핸드오버의 발생에 따른 시그널링 트래픽의 증가와 새로운 마스터 기기와의 채널 초기 설정 과정(인콰이리, 페이징)의 처리 시간 등과 같은 문제점이 해결되어야 한다. 본 논문에서는 인콰이리 과정과 페이징 과정에 소요되는 시간을 줄이고 예측 기법을 사용하여 연성 핸드오버를 제공하는 eSoHoB(efficient Soft Handover method for Bluetooth) 방식을 제안하였다. eSoHoB 방식은 현재 상용화된 2 개의 블루투스 하드웨어 모듈들을 이용하여 구현하였고, 블루투스 단말기를 이동하면서 스트리밍 데이터를 받을 수 있는 테스트베드를 구축하여 핸드오버 지연 시간과 연성 핸드오버의 동작에 대해 검증하였다.

Key Words : Bluetooth; Handover.

ABSTRACT

Recently, wireless networks require an efficient handover scheme due to increase of mobile devices. But Bluetooth has several problems to support the efficient handover, which are the additional increase of signaling traffic and long time of the initial setup processes of inquiry and paging processes. This paper suggests an efficient Soft Handover method for Bluetooth (eSoHoB), which reduces the elapsed time of the inquiry and paging process and supports a soft handover using the anticipation method. This paper implements the eSoHoB using two Bluetooth hardware modules and a testbed to be able to receive streaming data while a Bluetooth terminal is moving. This paper measures handover delays and the operation of the soft handover to verify the proposed method.

1. 서론

최근에 블루투스[1~6] 또는 IEEE 802.11 무선 랜[7]과 같은 무선 인터페이스를 기반으로 한 홈 네트워크와 PAN(Personal Area Network)에 많은 관

심이 모아지고 있다. 더욱이 이동하면서 인터넷을 액세스하고 서비스를 계속 제공하는 무선 통신에 대한 요구가 점차 증가하고 있다. 특히 블루투스는 무선 환경이나 모바일 환경에서 저렴한 가격에 10m 이내의 거리내에서 2.4 GHz 대역의 RF를 사용하여

* 강원대학교 제어계측공학과(cookie@control.kangwon.ac.kr), **** 강원대학교 전기전자정보통신공학부(hspark@kangwon.ac.kr)

** 강원대학교 전기전자정보통신공학부 BK21(msjeong@kangwon.ac.kr),

*** 강원대학교 전기전자정보통신공학부 BK21(hoonoh@kangwon.ac.kr)

논문번호 : 040037-0119, 접수일자 : 2004년 1월 28일

※본 연구는 강원대학교 BK21 프로그램 및 IITA의 정보통신기초기술연구지원사업의 일부 지원으로 수행되었습니다.

데이터를 주고 받는다. 이러한 거리 제약과 2.4GHz의 무선 대역의 직진성은 여러 문제를 야기시킨다. 예를 들어 몇 개의 방이 있는 집을 고려했을 때 직진성이 강한 블루투스는 두꺼운 벽을 통과하기 어렵고 통신 반경이 짧기 때문에 하나의 피코넷으로 집 전체를 통제하기는 힘들다. 따라서 여러 피코넷이 한 집에 설치될 가능성이 있다. 또한 블루투스 인터페이스는 짧은 통신 범위와 최대 7개의 활성화된 슬레이브들과 통신이 가능하므로, 여러 사람이 모여 있는 공원과 레스토랑 같은 공공 지역에 설치하려면 많은 마스터가 필요하다. 그러나, 점차 블루투스 인터페이스 가격이 5달러 정도까지 낮아질 예정이므로 여러 개의 마스터를 설치하더라도 경쟁력이 있다. 인터넷 접근을 지원하는 마스터를 액세스 포인트(Access Point, AP)라 한다. 여러 개의 AP가 구성된 환경하에서 이동하면서 인터넷 상의 호스트와 끊김없는 통신(seamless communication)을 하기 위해서는 슬레이브는 AP들간 핸드오버를 해야 한다. 즉, 한 AP를 통하여 통신을 하다가 다른 AP 영역으로 넘어가면 새로운 AP를 통하여 통신을 해야 한다. 핸드오버에는 기존 연결을 끊은 후 새 연결을 설정하는 경성 핸드오버(Hard Handover)와 기존 연결을 유지하면서 새로운 연결을 하는 연성 핸드오버(Soft handover)가 있다.

블루투스 슬레이브는 어떤 AP가 관할하는 지역에 들어가면서부터 그 지역을 벗어나기 전까지 그 AP를 통해서 상대 노드와 데이터를 주고 받게 된다. 블루투스 인터페이스의 이동하는 속도를 1 또는 2m/s로 가정하고 통신 범위를 대략 10m로 잡는다면 블루투스 슬레이브는 10 또는 20초 후에 그 지역을 벗어날 수 있다. 이 시간 동안 블루투스 슬레이브는 핸드오버를 처리해야 되고 호스트와 데이터를 주고 받을 수 있어야 한다. 가능한 많은 시간을 호스트와 많은 데이터를 송수신하기 위해서는 핸드오버를 처리하는 시간을 짧게 유지해야 하고 통신이 끊김이 없어야 한다. 이를 위해서는 경성 핸드오버보다는 연성 핸드오버가 알맞다. 또한 핸드오버시 AP와의 연결 시간을 짧게 만들기 위해서 블루투스는 인콰이리(inquiry) 시간과 페이징(paging) 시간을 줄여야 한다.

블루투스 시스템에서 핸드오버에 관한 여러 연구가 있다[10-12]. [10]은 Cellular IP (CIP) 라우터가 계층적으로 구성된 BluePAC (BLUEtooth Public ACess)이라고 하는 영역 내에서 Mobile IP와 CIP를 사용해서 블루투스 이동 단말기의 이동성을 지

원하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 핸드오버시 IP 계층에서 마이크로 모빌리티(micro mobility)를 지원하는 등의 효율성을 높이는 방법이지만, AP와의 연결 시간을 줄이거나 연성 핸드오버에 적용할 수 없다. 다시 말하자면, 이 방법은 AP와 연결된 후부터 사용될 수 있다. [11]은 블루투스 이동 단말기의 핸드오버를 돕기 위해 BSC (Base Station Controller)를 도입하였다. 블루투스 슬레이브가 BSC에게 핸드오버 요청 메시지를 보내면, BSC는 주변 베이스 스테이션들 혹은 AP들의 H/W 주소 및 클럭 정보들을 블루투스 슬레이브에게 알려주어 바로 페이징 단계로 넘어가게 한다. 블루투스 슬레이브는 이러한 정보들을 이용해서 페이징을 순차적으로 이웃 베이스 스테이션들에게 요청하고, 그 중 가장 링크의 질이 좋은 베이스 스테이션과 나머지 페이징과정을 수행함으로써 핸드오버 과정을 마치게 된다. 이 때 블루투스 이동 단말기는 슬레이브에서 마스터로의 역할 교환을 통해 페이징을 요청해야 하며 동시에 AP 혹은 베이스 스테이션 또한 슬레이브로 역할 교환을 이루어져야 하며, 이 경우 베이스 스테이션이 다른 기기와 통신중인 서비스가 중지되기 때문에 효율적이지 못하고, 역할 교환하는데 소요되는 시간이 길다는 단점이 있다. 또한 연성 핸드오버를 지원하지 못하고 있다. [12]는 가정이나 사무실 또는 공공장소와 같은 곳에서의 핸드오버 방안을 제시하고 있다. 일정 공간의 출입구에 위치하는 블루투스 AP는 계속 인콰이리 과정만 수행하여 입출구를 통과하는 블루투스 슬레이브의 정보(H/W 주소, 클럭 정보)를 얻어 가장 가까운 블루투스 AP에게 정보를 넘겨주어 인콰이리 과정 없이 페이징을 수행하게 한다. 이 방법은 인콰이리 과정을 생략하여 초기 연결 시간을 줄이지만 블루투스 슬레이브가 이동하지 않는 영역에 있는 블루투스 AP가 불필요한 페이징을 수행하기 때문에 대역폭을 낭비하는 문제가 있다. 또한 연성 핸드오버를 지원하지 않고 있다.

본 논문에서는 인콰이리 과정과 페이징 과정에 소요되는 시간을 줄이면서 연성 핸드오버를 제공하는 eSoHoB(efficient Soft Handover method for Bluetooth) 방식을 제안한다. eSoHoB 방식은 블루투스 하드웨어 모듈이 2개의 마스터로부터 동시에 인콰이리 및 페이징 신호를 받아 처리하게 만들어질 경우 바로 적용할 수 있다. 그러나, 현재 상용되고 있는 블루투스 모듈은 1개의 마스터로부터 인콰이리 및 페이징 신호를 받게 되어 있으므로 2개의

모듈을 이용하여 구현한다. 특히 블루투스 슬레이브에서는 2개의 AP와 연결을 유지하게 하기 위해서는 핸드오프 값이 달라야 한다. 실제로 본 논문에서는 eSoHoB를 구현하여 실제 핸드오버 시간을 측정하여 제시한다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2절에서는 블루투스의 인콰이리 및 페이징 과정을 간략히 설명하고 각 과정의 소요 시간을 측정하여 제시하고 블루투스 핸드오버 방안을 규격서를 기준으로 설명하고 3절에서는 연성 핸드오버를 지원하는 eSoHOB방식을 제안한다. 4절에서는 eSoHOB의 구현하여 핸드오버 시간을 측정하여 2절의 핸드오버 방법과 비교하고 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 논문 인용의 예

블루투스 규격서[1]에서는 블루투스 이동성 지원 방법에 대해 정의하고 있지만 규격서를 기반으로 핸드오버에 대한 시나리오를 고려할 수 있다. 블루투스에서 핸드오버는 블루투스 이동 단말기가 그림 1과 같이 한 피코넷에서 다른 피코넷으로 이동하는 것으로 정의할 수 있다. 이때 마스터가 바뀌게 되므로 인콰이리와 페이징 과정이 수행되고, PPP 혹은 BNEP[9]를 사용하여 IP가 연결되고 IP 이동에 관련된 동작을 한 후 사용자 데이터가 송수신된다. 블루투스와 다른 무선 LAN과의 차이점이 블루투스는 인콰이리와 페이징의 과정이 따로 존재한다는 것이다. 따라서 이러한 시간들이 핸드오버의 성능에 많은 영향을 준다고 생각할 수 있다. 이 절에서는 블루투스의 인콰이리와 페이징의 과정에 대해 살펴보고, 규격서를 기준으로 한 핸드오버 방법을 살펴본다.

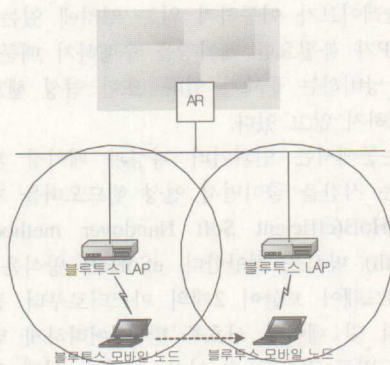


그림 1 블루투스 모바일 노드의 이동 예

1. 인콰이리와 페이징

블루투스 네트워크는 하나의 마스터와 슬레이브로 구성이 되고 이를 피코넷이라고 부른다. 슬레이브가 마스터와 통신 하기 위해서는 인콰이리와 페이징 과정이 필요하다.

인콰이리 과정은 마스터가 자신의 주변의 블루투스 장치를 찾는 동작이다. 즉, 동작을 원하는 블루투스 장치는 마스터의 인콰이리 패킷을 수신하여 자신의 BD 어드레스와 클럭 정보를 알려주게 된다. 페이징 과정은 인콰이리를 통해 얻은 슬레이브의 정보를 이용하여 마스터가 슬레이브와 동기를 맞추는 동작이다.

이와 같은 과정을 통해 마스터와 슬레이브들이 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 채널이 설정된다. 각 인콰이리 과정과 페이징 과정에 소요시간을 측정한 결과가 표 1에 있다. 이때 사용한 블루투스 모듈은 Ericsson Development Kit이다. 표 1은 인콰이리 스캔 간격에 따른 인콰이리와 페이징 시간을 보여주고 있다. 스캔 간격을 두는 이유는 슬레이브의 파워 소모를 줄이기 위해서이고, 스캔 간격에 따라 인콰이리와 페이징 시간에 대해 차이가 생길수가 있다. 스캔 간격에 따라 인콰이리 시간의 차이가 약간 있지만, 슬레이브가 인콰이리 패킷을 수신하기 위해 스캔을 하는 시간과 페이징에 소요되는 시간은 평균 3.37초가 소요된다. 인콰이리를 생략한 페이징 만의 시간은 0.84초로 인콰이리 시간을 포함한 것보다 훨씬 작은 것을 볼 수 있다. 인콰이리와 페이징의 소요되는 시간은 블루투스 장치가 초기 동작할 때에는 크게 무리가 가지 않지만 핸드오버를 하여 새로운 블루투스 LAP과 연결을 할 때 그만큼 핸드오버 지연 시간이 커지게 되므로 성능이 저하되게 된다.

그러므로 블루투스 시스템에서 핸드오버 성능을 높이기 위해서는 초기 연결 과정인 인콰이리와 페이징의 시간을 줄여야 한다.

표 1 블루투스 초기 연결 과정에 소요되는 시간

인콰이리와 페이징 시간							
스캔 간격	0x12	0x48	0x96	0x192	0x384	0x768	평균
인콰이리+ 페이징 시간	3.05	3.26	3.88	3.05	3.38	3.60	3.37
페이징 시간	0.99	2.11	2.01	1.06	0.84	1.90	0.84

2. 핸드오버

블루투스 규격서[1]를 기반으로 하여 핸드오버를 할 경우 그림 2의 시나리오와 같이 동작을 할 것이다. 그림 2는 블루투스 이동 단말기가 블루투스 LAP 1의 피코넷에서 동작을 하다가 블루투스 LAP 2의 피코넷으로 이동을 하여 핸드오버 하는 과정의 시퀀스를 보이고 있다. 일반적으로 블루투스 LAP 1, 2는 마스터로써 동작을 하고 블루투스 이동 단말기는 슬레이브로써 동작을 하게 된다.

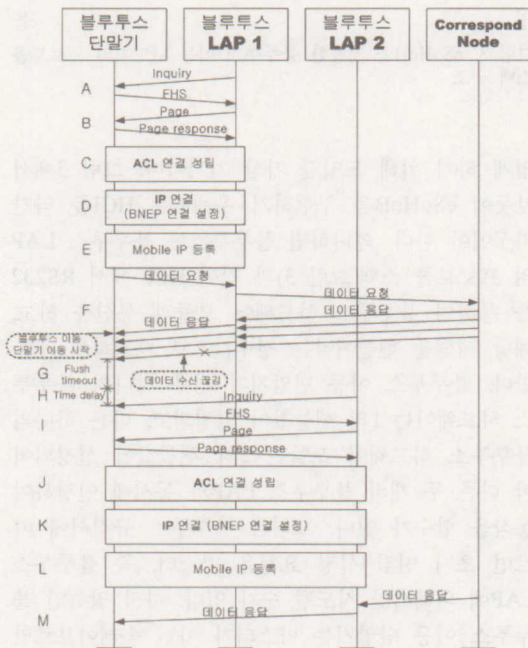


그림 2. 블루투스 규격서를 기반으로 한 핸드오버 시퀀스

블루투스 이동 단말기는 블루투스 LAP 1과 인콰이어리와 페이징의 과정을 수행하여 ACL (Asynchronous Connectionless) 연결을 성립하고 (그림 2의 A~C), TCP/IP를 이용하기 위해 BNEP 설정 과정을 거치게 된다(그림 2의 D). 블루투스 이동 단말기는 이동성 지원을 위해 Mobile IP를 사용하기 때문에 홈 에이전트 역할을 하고 있는 블루투스 LAP 1에 등록 과정을 수행하게 된다(그림 2의 E). 이후에 IP를 이용하여 블루투스 LAP 1을 통해 인터넷상의 CN(Corresponding Node)과 데이터를 송수신할 수 있게 된다(그림 2의 F). 이 때 블루투스 이동 단말기가 이동을 하여 블루투스 LAP 2의 피코넷으로 이동을 하게 되고 블루투스 이동 단말기

는 LAP1을 통하여 CN과 데이터를 송수신하지 못하게 된다(그림 2의 X 표시). 블루투스 단말기는 데이터를 송수신하지 못하게 되면 일정 시간 동안 기다린 후에 다른 블루투스 LAP의 인콰이어리 패킷을 스캔하게 된다. 그 일정 시간을 flush timeout(그림 2의 G)이라고 부른다. Flush timeout값은 ms 단위로 사용자가 설정해 줄 수가 있다. Flush timeout은 디폴트 값인 0xFFFF로 설정되어 있고 이것은 링크 매니저가 현재 링크가 끊겼음을 인지할 때까지 계속해서 재전송을 하게 한다. 블루투스 단말기는 Flush timeout 시간동안 받지 못한 패킷에 대해 재전송을 계속해서 요청하게 된다. 링크 매니저가 링크가 손실되었음을 인지하면 Flush timeout이 발생하게 되고 블루투스 이동 단말기는 주변의 다른 블루투스 LAP의 인콰이어리 패킷을 수신하게 된다.

새로운 피코넷으로 이동한 블루투스 단말기는 flush timeout 후에 자신이 이동한 피코넷의 LAP인 블루투스 LAP 2의 인콰이어리 패킷을 수신하여 초기 연결 과정인 인콰이어리와 페이징 과정을 수행하여 ACL 연결을 성립하게 된다(그림 2의 I~K). 그림 2의 H에서 블루투스 이동 단말기는 Flush timeout이 발생하자마자 다른 인콰이어리 패킷을 수신하기 위해 스캔하게 되는데 이 때 소요되는 시간이 time delay이다. 블루투스 이동 단말기는 피코넷의 경계면에 위치하고 있기 때문에 인콰이어리 패킷을 바로 수신할 수도 있고, 약간의 시간이 걸릴 수도 있다. 그러므로 time delay는 작을 수도 있고 클 수도 있게 된다. ACL 연결을 성립한 블루투스 이동 단말기는 Mobile IP의 등록 과정을 수행하여 이전 서비스를 계속 받을 수가 있게 된다(그림 2의 L과 M).

블루투스 이동 단말기가 핸드오버를 할 때 가장 중요한 것은 핸드오버 지연 시간의 단축이다. 핸드오버 시간은 블루투스 이동 단말기의 연결이 끊어졌을 때부터 다시 연결이 될 때까지의 시간으로 정의 할 수 있다. 그림 2를 기준으로 봤을 때 Flush timeout 시간, time delay 시간, 인콰이어리 과정 시간, 페이징 과정 시간, BNEP 연결 시간 그리고 Mobile IP 과정 시간으로 많은 지연시간이 발생함을 알 수 있다. 인콰이어리와 페이징 과정, 그리고 BNEP 연결에 걸리는 시간은 블루투스 장치가 동작을 하기 위해 반드시 필요한 시간이지만 줄이는 것이 필요하고, Flush timeout과 time delay 값은 불필요한 시간의 낭비라고 볼 수 있다. 이와 같이 규격서를 기반으로 한 블루투스 이동성 지원 방법은 불필요한 동작으로 인해 블루투스 이동 단말기의

핸드오버 발생시 문제를 발생시킨다. 또한 이 방식은 무선 연결을 끊었다가 새로운 무선 연결을 설정하는 경성 핸드오버 방식이다. 따라서 데이터가 소실될 확률이 높다는 것이 문제이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 3절에서 eSoHOB (efficient Soft Handover Method for Bluetooth) 방식을 설명한다.

III. eSoHOB (efficient Soft Handover Method for Bluetooth)

eSoHOB은 블루투스 단말기가 이동 후에 새로운 블루투스 LAP과의 초기 연결 과정을 줄여 핸드오버 지연시간을 단축하고, 연성 핸드오버를 가능하게 해주는 방법이다. eSoHoB은 블루투스 단말기가 이동하여 새로운 블루투스 LAP과 초기 연결을 할 때 소요되는 시간을 줄이기 위해 미리 핸드오버를 예측한다. 링크가 끊어지기 전에 미리 핸드오버를 예측하기 위해 블루투스 하드웨어 간의 신호의 세기를 나타내는 RSSI를 이용한다. 블루투스 단말기는 RSSI가 일정 수준 이하로 낮아지면 블루투스 LAP과의 거리가 멀어짐을 판단하고 핸드오버를 준비하게 된다. 블루투스 이동 단말기는 핸드오버를 할 것으로 예상하면 이동할 영역의 블루투스 LAP과 연결을 하여 기존 서비스를 새로운 블루투스 LAP을 통하여 제공 받고, 이 후에 기존의 블루투스 LAP과의 연결을 끊는 연성 핸드오버를 지원해 주게 된다. 하지만 현재 블루투스 단말기가 이와 같은 동작을 수행하는 데에는 문제가 있다. 왜냐하면 블루투스 하드웨어 모듈은 두 개의 다른 블루투스 LAP과 클럭 시퀀스를 유지하며 연결을 유지할 수가 없기 때문이다. 본 논문에서는 블루투스 이동 단말기가 두 개의 블루투스 LAP과 동시 연결과 연성 핸드오버의 가능성을 보여 주기 위해 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 사용하여 eSoHoB을 설계 및 구현하였다. 현재 블루투스 하드웨어 모듈의 가격은 \$5-10 이하이기 때문에 소프트 핸드오버를 위해 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 사용하는 것이 더욱더 효과적일 수 있다. 물론 블루투스의 RF 모듈에서 이를 지원해주는 것은 가능할 것이다.

그림 3에서는 eSoHoB에서 블루투스 이동 단말기가 연성 핸드오버를 제공해 주기 위해 두 개의 하드웨어 모듈을 이용할 때의 프로토콜 스택을 보여 준다. 그림 3의 좌우는 블루투스 LAP의 프로토콜 스택이고, 가운데는 블루투스 이동 단말기의 프로토콜 스택을 나타낸다. 그림 3의 ttyS0 및 ttyS1은 설

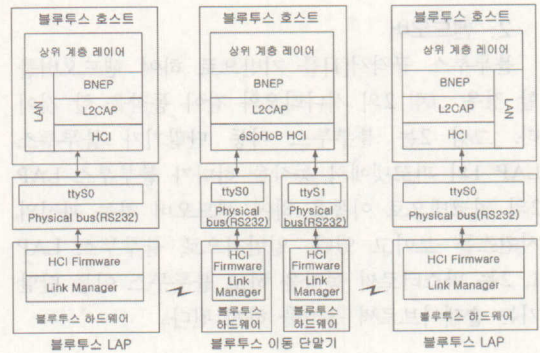


그림 3. eSoHoB을 적용한 블루투스 이동 단말기의 프로토콜 스택 구조

쉽게 하기 위해 도입한 가상 기기이다. 그림 3에서 보듯이 eSoHoB을 구현하기 위해서는 HCI를 약간 바꾸어야 한다. 왜냐하면 블루투스는 블루투스 LAP의 프로토콜 스택(그림 3)과 같이 HCI에서 RS232를 통하여 블루투스 하드웨어 모듈과 통신을 하고 해당 세션을 핸들이라는 정수값으로 매핑하여 구분한다. 블루투스 이동 단말기의 경우 하나의 블루투스 하드웨어는 1의 핸들값이 설정되고, 다른 하나의 블루투스 하드웨어 모듈은 2의 핸들값이 설정되어야 다른 두 개의 블루투스 LAP과 동시에 연결하여 동작을 할 수가 있다. 그러나 블루투스 규격서에 따르면 초기 연결 설정 요청은 마스터, 즉 블루투스 LAP에 의해서만 시도될 수가 있다. 다시 말하면 블루투스 이동 단말기는 마스터가 아닌 슬레이브로만 동작을 하므로, 블루투스 LAP에 의해서 수동적으로 연결이 되고 1이라는 핸들값으로 설정된다. 게다가 핸들값은 블루투스 하드웨어 모듈의 HCI 펌웨어에서 설정되어 HCI 계층으로 올라가기 때문에 그 값의 수정은 불가능하다. 결과적으로 블루투스 규격서 [1]대로 하면 그림 3에서의 블루투스 이동 단말기의 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈은 각각의 블루투스 LAP과 연결을 하고 난 후에 설정되는 핸들값은 둘 다 1이 된다. 즉, 기존의 HCI를 이용해서는 2개의 블루투스 모듈을 구현할 수가 없다는 것이다. 그러므로 우리는 eSoHoB을 구현하기 위해 기존의 HCI에서 두 개의 블루투스 하드웨어에 대해 구분을 할 수 있도록 그림 4와 그림 5의 알고리즘을 기존의 HCI에 추가하여야 한다.

eSoHoB을 구현하기 위해서는 HCI에서 2개의 블루투스 하드웨어를 제어할 수 있도록 바꾸어야

한다. 그림 4는 HCI에 패킷이 수신될 때의 eSoHoB의 알고리즘을 보여준다. 패킷이 첫 번째 블루투스 하드웨어 모듈(ttyS0)을 통해서 수신되었다면 그에 해당하는 응답을 하거나 L2CAP계층으로 보내주면 되지만 두 번째 블루투스 하드웨어 모듈(ttyS1)을 통해서 수신이 되었다면 패킷 내부의 변경해도 무관한 사용하지 않는 하나의 비트를 1로 바꾸게 된다. 그 비트를 이용해서 HCI는 2개의 블루투스 하드웨어 모듈을 구분할 수 있게 된다. 그림 5는 eSoHoB HCI에서 L2CAP에서부터 오는 패킷과 HCI의 응답으로 인한 패킷을 RS232를 통해 패킷을 수신할 때의 블루투스 하드웨어 모듈로 전송할 때 알고리즘을 보이고 있다. 패킷 내의 eSoHoB 비트가 1로 설정이 되어 있다면 두 번째 블루투스 하드웨어 모듈(혹은 ttyS1)로 패킷을 전송하게 되고, 0이라면 첫 번째 블루투스 하드웨어 모듈(혹은 eSoHoB은 연성 핸드오버를 지원하기 위해 핸드오

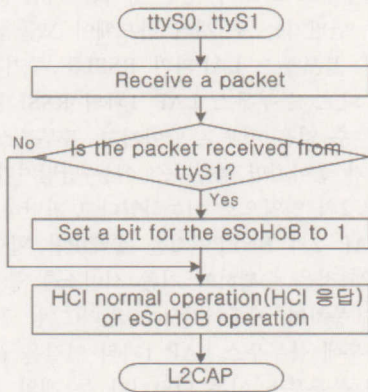


그림 4. HCI에서 패킷을 수신할 때 eSoHoB의 동작

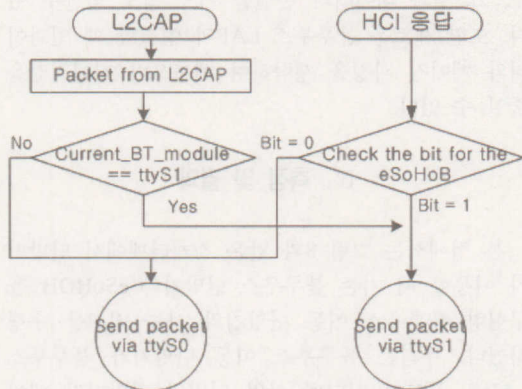


그림 5. HCI에서 패킷을 송신할 때 eSoHoB의 동작

의 하나의 비트 변경함으로 패킷의 응답 경로를 구분할 수 있게 된다. 버를 미리 예상하기 위해 RSSI(ttyS0)로 패킷을 전송하게 된다. 그림 4와 5에서와 같이 HCI는 패킷이 수신된 경로에 따라 패킷 내부를 이용한다. 그림 6은 eSoHoB이 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 제어하여 RSSI를 측정하기 위한 알고리즘을 보여준다.

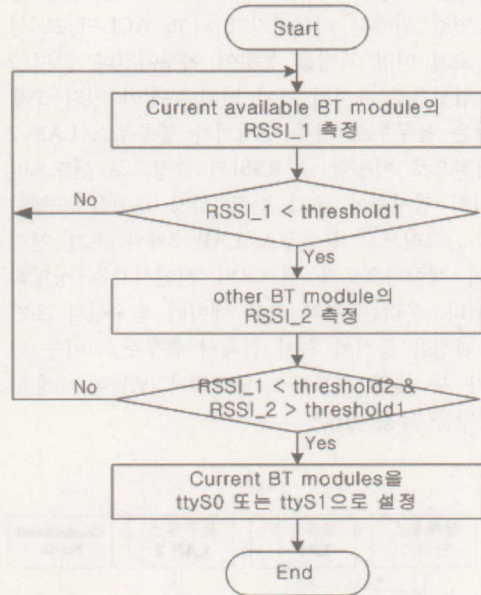


그림 6. 핸드오버의 예상을 위한 RSSI 측정 알고리즘

EsoHoB에서는 핸드오버를 예측하기 위해 2개의 임계값인 threshold1과 threshold2 (threshold1 > threshold2)를 사용한다. 측정된 RSSI가 threshold1 보다 작은 경우는 해당 블루투스 모듈의 신호가 약해져서 다른 피코넷으로 갈 가능성이 있어 다른 블루투스 모듈로부터 가장 강한 RSSI를 가진 LAP과 연결하게 하는 경우를 말하며, RSSI가 threshold2보다 작은 경우는 아주 신호가 약해진 경우를 의미한다. 전자는 패킷을 어느 정도 받을 수 있는 상태이지만 후자는 패킷을 거의 정상적으로 받을 수 있는 상태가 아니다. 후자의 경우가 되면 가능한 새로운 피코넷의 마스터와 데이터를 송수신해야 한다. eSoHoB을 이용하여 핸드오버 지연 시간을 줄이고 연성 핸드오버를 지원하는 방법의 시퀀스를 그림 7에서 보이고 있다. eSoHoB의 핸드오버 시퀀스는

그림 2에서 보여준 규격서를 기반으로 한 핸드오버 시퀀스와 거의 비슷하다. 다른 점은 그림 7의 F 구간에서 초기 연결 과정인 인콰이리와 페이징의 과정이 데이터 송수신중에 이루어져 그 시간을 줄인 것이다. 이것은 다른 RF모듈을 통하여 이루어지기 때문에 가능하다. 블루투스 이동 단말기는 데이터의 수신이 끊어져 핸드오버가 필요할 때 그림 7의 G 단계에서 보이는 블루투스 LAP 2와 바로 BNEP연결 과정을 수행하게 된다. 하지만 BNEP은 ACL 링크의 연결 위에서 이루어지기 되고, ACL 링크 성립은 초기 연결 과정을 통하여 이루어진다. 그림 7에서 점선으로 표시된 초기 연결 과정이 미리 수행된 것은 블루투스 이동 단말기가 블루투스 LAP 2의 영역으로 이동할 때 RSSI의 측정으로 핸드오버를 미리 감지하여 초기 연결 설정 과정을 수행한 것이다. 그러므로 블루투스 LAP 2와의 초기 연결 시간이 생략됨으로써 핸드오버 지연시간은 상당히 단축된다. 우리는 이와 같은 데이터 송수신과 초기 연결 과정을 동시에 하기 위해서 블루투스 이동 단말기가 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 사용하는 방법을 사용하였다.

eSoHoB은 블루투스 이동 단말기가 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 사용함으로써 서로 다른 클럭 시퀀스를 가진 두 개의 블루투스 LAP과 동시에 통신을 할 수 있게 한다. 그림 7의 A-E까지의 단계에서는 하나의 블루투스 하드웨어 모듈만 사용이 되고, 규격서를 기반으로 한 동작을 수행하게 된다. 다른 하나의 블루투스 하드웨어 모듈은 첫 번째 블루투스 이동 단말기가 이동을 하여 연결된 블루투스 LAP과의 연결 상태가 좋지 않을 경우에 핸드오버를 할 것을 미리 예상하고 주변의 다른 블루투스 LAP들을 살필 때 사용이 된다. 블루투스 이동 단말기가 블루투스 LAP 2의 영역내로 이동하는 중이라고 판단하면 블루투스 LAP 2의 인콰이리 패킷을 스캔하게 되고 초기 연결 과정을 거쳐 ACL 링크를 성립하게 된다. 이 동안에 첫 번째 블루투스 하드웨어 모듈은 기존의 서비스를 끊임없이 제공받고(그림 7의 F), 두 번째 블루투스 하드웨어 모듈은 새로운 블루투스 LAP과 연결 동작을 거친다. 블루투스 이동 단말기는 두 개의 하드웨어 모듈을 사용하여 다른 블루투스 LAP과의 RSSI를 주기적으로 측정하게 되고, 블루투스 LAP 1과의 RSSI가 통신을 계속할 수 없을 정도로 낮아지고, 블루투스 LAP 2의 RSSI가 좋아지면 블루투스 이동 단말기가 블루투스 LAP 2의 영역으로 이동하였다고 판단하고, 블루투스 LAP 2와 BNEP연결을 통해IP를 할당받고, Mobile IP과정을 수행하여 기존 서비스를 블루투스 LAP 2를 통하여 이루어지도록 한다(그림 7의 G, H). 그 이후에 블루투스 LAP 1과의 연결을 끊는다. 이와 같이 블루투스 이동 단말기가 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 사용함으로써 인해 기존에는 제공하지 못했던 연성 핸드오버 기능을 제공할 수 있고, 그 결과 데이터의 손실을 어느 정도 막을 수 있다. 또한 새로운 블루투스 LAP과 연결할 때 인콰이리와 페이징 과정을 생략하여 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다.

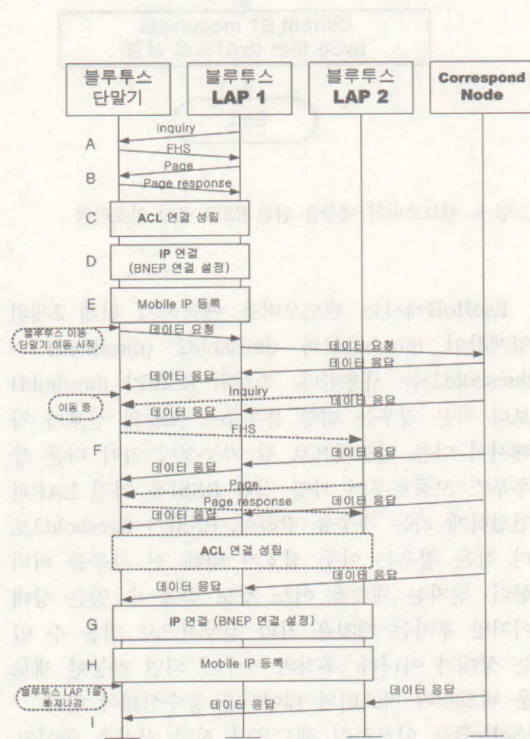


그림 7. eSoHoB의 핸드오버 시퀀스

IV. 측정 및 결과

본 절에서는 그림 8과 같은 스캐터넷에서 단말기가 이동할 때 기존 블루투스 단말기와 eSoHoB을 구현한 블루투스 이동 단말기의 성능 비교를 수행하였다. 우리는 블루투스 이동 단말기가 블루투스 LAP을 통하여 인터넷 상의 임의의 단말기와 데이터를 송수신 할 수 있는 테스트 베드를 구축하고 핸드오버의 성능 측정을 위해 eSoHoB및 Mobile

IP를 구현하였다.

그림 8에서는 성능 측정을 위해 두 개의 블루투스 LAP을 이용하여 서로 다른 피코넷을 형성하였다. 블루투스 이동 단말기는 하나의 피코넷에서 다른 피코넷으로 1m/s의 속도로 이동을 하고, 멀티미디어 서비스를 제공하는 CN(Correspond Node)에 접속하여 스트리밍 데이터를 수신하게 하였다. 데이터의 수신 중에 블루투스 이동 단말기를 이동 시켜 핸드오버를 발생하게 하고, 핸드오버 지연 시간을 측정하였다.

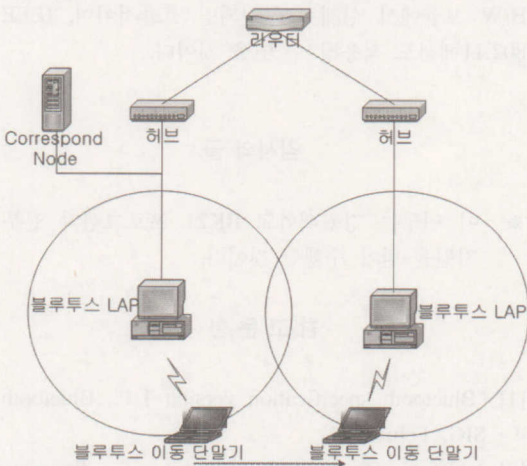


그림 8. eSoHOB의 성능 측정을 위한 테스트 구조

표 2는 테스트 베드에서 사용한 장치들의 사양을 보여준다.

표 2. 테스트 베드에 사용된 하드웨어 장치들의 사양

장 치	사 양
블루투스 LAP 1	CPU: Pentium 500, RAM: 128M, OS: Linux
블루투스 LAP 2	CPU: Pentium 500, RAM: 128M, OS: Linux
블루투스 이동 단말기	CPU: Pentium 500, RAM: 128M, OS: Linux
Correspond node	CPU: Pentium 500, RAM: 128M, OS: Linux
허브	100M Switching Hub
라우터	CISCO 2600 Router

기존의 블루투스 핸드오버 방안을 기반으로 핸드오버 방법과 eSoHOB 사이에 핸드오버 지연시간을 비교하여 볼 수 있다. 핸드오버 지연 시간은 블루투스 이동 단말기의 데이터 송신이 끊어졌을 때부터 시작하여 핸드오버하여 새로운 블루투스 LAP과 연결하고 Mobile IP에 의해 기존의 서비스가 이용 가

능해졌을 때까지로 정의하였다. 표 3에서는 핸드오버 할 때 고려해야 할 파라미터에 대해 보여주고 있다.

실제 측정을 하지 않더라도 표 3를 기반으로 규격서를 기반한 핸드오버 지연 시간과 eSoHoB을 기반한 핸드오버 방법의 지연시간을 비교해 볼 수 있다. 규격서 기반의 핸드오버 지연시간, $t_{handover_s}$ 는 다음과 같으며,

$$t_{handover_s} = t_{flush} + t_{delay} + t_{inq} + t_{page} + t_{bnep} + t_{MIP}$$

eSoHOB기반의 핸드오버 지연 시간, $t_{handover_e}$ 는 다음과 같다.

$$t_{handover_e} = t_{bnep} + t_{MIP}$$

2 개의 식을 비교하더라도 $t_{handover_e}$ 가 ($t_{flush} + t_{delay} + t_{inq} + t_{page}$)만큼 빠르다는 것을 알 수 있다.

표3. 핸드오버 할 때 고려해야 할 파라미터

기 호	설 명
t_{inq}	블루투스 LAP과 블루투스 이동 단말기 사이에 걸리는 인콰이어리 시간
t_{page}	블루투스 LAP과 블루투스 이동 단말기 사이에 걸리는 페이징 시간
t_{bnep}	블루투스 LAP과 블루투스 이동 단말기 사이에 걸리는 BNEP 연결 시간
t_{flush}	블루투스 이동 단말기가 CN으로부터 데이터를 받지 못해 timeout이 발생할 때까지의 시간
t_{delay}	flush timeout이 발생하고부터 새로운 블루투스 LAP의 인콰이어리 과정이 시작될때까지 시간
$t_{handover}$	핸드오버 지연 시간
t_{MIP}	Mobile IP의 등록 시간

규격서 기반 핸드오버 방안에서는 블루투스 이동 단말기는 링크가 끊겨 데이터의 수신이 끊겨도 Flush timeout이 발생할 때까지 기다리지만, eSoHoB은 Flush timeout이 발생할 때까지 기다리지 않고 링크가 끊겼음을 미리 감지하여 다음 동작을 하기 때문에 핸드오버 시간을 절약할 수 있다. 또한 블루투스 장치가 동작하기 위해 반드시 필요한 인콰이어리와 페이징의 초기 연결 설정 과정도 핸드오버 발생전에 미리 수행하기 때문에 핸드오버가 결정된 후에 바로 BNEP연결 과정으로 들어갈 수 있다. 표 4는 그림 2와 그림7에서 설명한 핸드오버

지연 시간을 나타내고 있다.

표4. 핸드오버 지연 시간 측정 결과

핸드오버 지연 시간		평균
1	t_handover_s(그림2)	6.87초
2	t_handover_e(그림7)	1.5초

표 4에서 핸드오버 지연 시간은 큰 차이를 보인다. 이 이유는 eSoHoB의 방법에서는 두 개의 블루투스 하드웨어 모듈을 사용하여 새로운 블루투스 LAP과의 연결시에 인콰이리와 페이징의 시간이 생략되었고, 핸드오버가 일어나기 전에 미리 감지하기 때문에 Flush timeout과 time delay 시간도 생략되었기 때문이다. 인콰이리와 페이징의 평균 시간은 측정하여 본 결과 3.37초, BNEP 평균 시간이 0.5초, Mobile IP에 걸리는 시간이 1초, 기본값으로 2초가 설정되어 있는 Flush timeout 값, 그리고 time delay가 더해진다. 따라서 규격서 기반의 핸드오버 지연 시간은 6.87초 이상이 소요된다. 그러나 eSoHoB기반의 핸드오버 지연시간은 BNEP 연결 시간과 Mobile IP 등록 시간만이 포함되므로 실제로 소요되는 시간이 상대적으로 작다. ESoHoB기반의 핸드오버 방법이 규격서 기반의 핸드오버 방법보다 4배 정도의 빠른 핸드오버 성능을 보이게 된다. 또한 eSoHoB 기반의 방법에서는 스트리밍 데이터의 끊김이 없이 잘 전송됨을 알 수 있어 연성 핸드오버가 잘 동작됨을 알 수 있었다. 그러나 규격서 기반의 핸드오버 방법에서는 데이터의 끊김이 보이는 현상이 자주 나타나고 있어, 데이터의 손실이 많이 발생함을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 인콰이리 과정과 페이징 과정에 소요되는 시간을 줄이면서 연성 핸드오버를 제공하는 eSoHoB 방식을 제안하였다. eSoHoB 방식은 현재 상용화된 2 개의 블루투스 하드웨어 모듈들을 이용하여 구현하였고, 연성 핸드오버와 핸드오버 시간의 성능들을 확인하기 위해 이동하면서 스트리밍 데이터를 받을 수 있는 테스트베드를 구축하였다. 핸드오버 시간을 eSoHoB 기반의 방식과 규격서 기반의 방식의 2 가지 방법에 대해 테스트베드에서

측정하였는데, eSoHoB 방식과 규격서 기반의 방식의 핸드오버 지연시간의 평균 값이 각각 1.5초, 6.87초가 측정되었다. 또한 블루투스 단말기의 이동시 스트리밍 데이터의 끊김 현상이 eSoHoB 방식이 적다는 것은 연성 핸드오버 방식이 동작됨을 알 수 있다.

실제로 LAP에서 도달거리가 10m 이내에서 동작하는 블루투스 단말기가 이동하면서 데이터를 송수신하기 위해서는 eSoHoB 방식이 효율적임을 본 논문에서 보였다. 제안된 eSoHoB 방식은 블루투스의 H/W 모듈에서 실제로 구현되면 효율적이며, IEEE 802.11에서도 적용될 수 있을 것이다.

감사의 글

※ 이 연구는 강원대학교 BK21 프로그램의 일부 지원을 받아 수행한 것이다.

참고 문헌

- [1] "Bluetooth specification version 1.1", Bluetooth SIG, Feb, 2001.
- [2] Jeniffer Bray and Charles F Sturman, "Bluetooth connect without cables", PH PTR, 2001.
- [3] Jeniffer Bray and Brian Senese, "Bluetooth Application Developer's guide", SYNGRESS, 2002.
- [4] JAAP C. Haartsen and Ericsson Radio Systems B.V, "The Bluetooth radio system", IEEE Personal Communication, Feb, 2000.
- [5] Bin Zhen, jonghun Park and Yongsuk Kim, "Scatternet Formation of Bluetooth ad Hoc Networks", Proceeding of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences(HICSS'03), 2002, IEEE
- [6] J.Y. Khan and J.Wall, "Bluetooth-based Wireless Personal Area network for Multimedia Communication", Proceedings of the First IEEE International Workshop on Electronic Design, Test and Applications (DELTA'02), 2002, IEEE
- [7] IEEE, ANSI/IEEE 802.11 WLAN, 1999.
- [8] W. Simpson, "The Point-to-Point Protocol

(PPP)", RFC 1661, July 1994.

- [9] "Bluetooth Networks Encapsulation Protocol (BNEP) Specification 0.95a", Confidential Bluetooth SIG, June, 2001.
- [10] Simon Baatz, Matthias Frank, Rolf Gopffarth, Dmitri Kassatkine, Peer Martini, Markus Schetelig and Asko Vilavaara, "Handoff Support for Mobility with IP over Bluetooth", Proceedings of the 25th Annual Conference on Local Computer Networks (LCN'00), Tampa, FL, USA, November, 2000.
- [11] Sang-Hun Chung, Hyun-soo Yoon, Jung-Wan Cho, "A fast handoff scheme for IP over Bluetooth", Proceeding of the International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW'02), 2002, IEEE.
- [12] Aman Kansal, "Handoff in Bluetooth public access networks", Dual degree Project state 1, 2002.

최 은 석(Eun-Seok Choi)

정회원

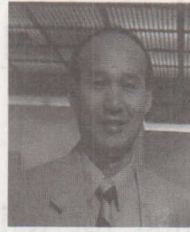


2002년 2월 : 강원대학교
전자공학과 졸업
2004년 2월 : 강원대학교
제어 계측공학과 석사

<관심분야> L4 스위칭, 무선 홈 네트워크

오 훈(Hoon Oh)

정회원



1981년 2월 : 성균관대학교
전자공학과 졸업
1992년12월 : 텍사스 A&M
대학교 전산학 석사
1995년12월: 텍사스 A&M
대학교 전산학 박사
1996년 ~ 2000년 : 삼성전자
2000년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 BK21 계약 교수
<관심분야> 이동통신, 실시간 컴퓨팅, 무선 데이터
통신

박 흥 성(Hong Seong Park)

정회원



1983년 2월 : 서울대학교
제어계측공학과 졸업
1986년 2월 : 서울대학교
제어계측공학과 석사
1992년 2월: 서울대학교 제어
계측공학과 박사
1983년 ~ 1990년 : 삼성전자
1992년 8월 ~ 현재 : 강원대학
교 전기전자정보통신공학부
<관심분야> 무선 네트워크 시스템, 블루투스, 데이
터 통신, 실시간 네트워크, 성능분석

정 명 순(Myoung-Soon Jeong)

정회원



1989년 2월 : 강원대학교
전자공학과 졸업
1992년 8월 : 강원대학교
전기공학과 석사
1999년 2월 : 강원대학교
전자공학과 박사
2001년 8월 ~ 현재 : 강원
대학교 BK21 계약 교수

<관심분야> 무선 데이터 통신공학, 이동통신