

## 블루투스 와 무선 LAN 환경을 위한 IP 이동성 지원 시스템

### IP Mobility Supporting System in Heterogeneous Network

강 병 훈\*                      김 만 배\*\*                      최 창 열\*\*  
Kang, Byoung-Hoon              Kim, Man-Bae              Choi, Chang-Yeol

---

#### Abstract

Recently, mobile devices have supported wireless LAN as well as bluetooth, where the services such as heterogeneous network access and seamless mobility connection are important. Even though the mobility and physical network might be varied, an efficient communication mechanism for the network access and a robust mobility management of mobile devices are needed. In this paper, we design and implement a Bluetooth system with mobile LAN access capability. The proposed system has the following features; 1) IP connection is enabled by BENP in the link layer, 2) The networks devices of heterogeneous mobile devices are integrated into a single virtual network interface, 3) IP mobility between the bluetooth and wireless LAN is supported by mobile IP. The experimented results show that the packet loss and delay time during the handover duration is reduced by predicting the handover among different networks followed by the setup of any required parameters in advance.

키워드 : 블루투스, IP 이동성, 이종 네트워크

Keywords : Bluetooth, IP Mobility, Heterogeneous network

---

#### 1. 서론

최근 모바일 기기의 증가와 통신 기술의 발달로 블루투스나 IEEE 802.11 무선 LAN과 같은 무선 인터페이스를 기반으로 한 홈 네트워크와 PAN(Personal Area Network)에 많은 관심이 모아지고 있다[1]. 무선 모바일 환경에서 블루투스는 10m 이내에서 최대 8개 장치들을 저렴하게 2.4Ghz 대역의 RF 통신 네트워크를 구성 할 수 있으며, 무선 LAN은 건물 내의 소규모 네트워크를 구성하여 다수의 장치들과 비교적 빠른 통신이 가능하다. 또한 블루투스 AP(Access Point)를 한 가정이나 공공장

소에 설치하여 무선 LAN의 음영지역을 해소하거나 블루투스 단말의 인터넷 접속을 도울 수 있다. 이처럼 서로 다른 타입, 속도, 규모의 네트워크를 이동하는 모바일 기기는 네트워크 연결 유지와 이동성을 지원하는 시스템을 필요로 한다.

IETF(Internet Engineering Task Force)는 모바일 기기가 인터넷에 접속한 상태에서 IP 주소를 변경하지 않고 미디어 독립적으로 네트워크를 이동할 수 있는 IP 계층의 이동성을 제안하였다. 그러나 IP 계층의 이동성을 지원함에도 불구하고 블루투스, IEEE 802.11, GPRS와 같은 인터페이스들은 서로 다른 데이터 링크 계층을 사용하기 때문에 이종 네트워크로 이동시 상호 통신에 문제가 발생한다[2,3].

본 논문에서는 블루투스 와 무선 LAN으로 구성되는 네트워크 환경에서 모바일 기기가 IP를 변경

---

\* 강원대학교 대학원 컴퓨터정보통신공학과 석사과정

\*\* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수, 공학박사

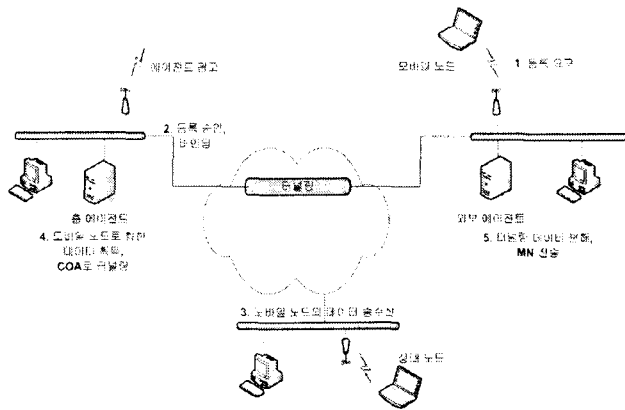


그림 1 기본적인 모바일 IP 환경

하지 않고도 서로 다른 데이터링크 계층을 접속할 수 있는 리눅스 운영체제 환경의 자동 핸드오버 시스템을 설계, 구현하였다. 제안한 시스템은 블루투스 및 LAN 사이의 데이터 전송을 위해 BNEP(Bluetooth Networking Encapsulation Protocol)[4,5]를 사용하여 데이터링크 계층의 문제를 해결하고 USB타입의 블루투스 Dongle를 이용하여 블루투스 AP를 구현하였다. 그리고 Dynamics-HUT Mobile IP 오픈 소스[6]를 이용하여 IP 이동성을 지원하였다. 나아가 AP 선택과 네트워크 연결 설정을 자동화하여 능동적으로 핸드오버를 수행하기 때문에 네트워크의 IP 정보를 수동으로 입력할 필요가 없으며, 저렴한 가격의 블루투스와 오픈 소스인 리눅스 기반의 시스템으로 향후 기능을 추가하거나 네트워크의 확장과 성능 개선이 용이하다.

본 논문의 구성은 서문에 이어 2장에서 관련연구 및 기술 분석하고, 3장에서는 이동성 지원 시스템의 설계 및 구현 내용을 기술한다. 4장에서는 제안 시스템의 성능을 검증, 실험하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 요소 기술

블루투스는 다양한 종류의 휴대 장비 안에 탑재하여 사용하는 칩 기반의 통신 솔루션이다. 모든 휴대용 블루투스 장치는 근접 상황에서 정보를 주고받기 위한 무선 애드-혹 설정이 가능하며 블루투스 명세서[4,7]에는 블루투스 단말의 이동성 지원 방법을 정의하고 있다. 그러나 명세서 기반의 핸드오버는 블루투스 모바일 단말이 이동할 때 피코넷과의 연결을 끊고 다른 피코넷으로 이동하여 연결을 재설정하는 것으로 정의한다. 이때 마스

터 장치가 바뀌게 되므로 INQUIRY와 PAGE 과정이 수행되어야 하며 PPP(Point-to-Point Protocol)나 BNEP를 사용하여 데이터링크 계층이 연결되고 IP 변화에 관련된 재설정 작업을 한 후 데이터가 송수신된다.

모바일 기기 사용자들은 네트워크 접속점이 수시로 변경되더라도 끊임 없는 통신을 요구한다. 그러나 모바일 기기는 자신의 접속망이나 접속점이 달라지면 이미 설정된 전송 계층의 연결이 변경된 것으로 간주하여 기본 IP 연결을 해제한다. 그러므로 기존의 인터넷 프로토콜은 모바일 노드가 다른 네트워크로 이동하면 모바일 노드의 새로운 위치로 데이터를 전달할 수 없다. IETF가 네트워크 계층에서 호스트의 이동성을 제공하기 위해 제안한 모바일 IP 환경은 그림 1과 같으며, 기본 구성요소는 모바일 노드, 홈 에이전트, 외부 에이전트이다. 모바일 노드는 자신의 IP 주소와 홈 네트워크의 IP 주소를 가진다.

### 2.2 요구 분석

블루투스 시스템에서 장치간 데이터 송수신을 위해서는 마스터와 슬레이브 장치 사이에 INQUIRY와 PAGE 과정을 수행하고, PPP나 BNEP를 사용하여 데이터링크 계층이 연결되어야 IP 통신이 가능하다. 표 1은 스캔 윈도우 크기에 따른 INQUIRY와 PAGE 시간을 보인다.

표 1 INQUIRY와 PAGE에 소요되는 시간

INQUIRY와 PAGE 시간 (s)				
윈도우 크기	0x12	0x48	0x96	평균
INQUIRY	2.03	1.18	1.81	1.67
PAGE	1.02	2.08	1.96	1.68

블루투스의 INQUIRY와 PAGE 과정의 윈도우

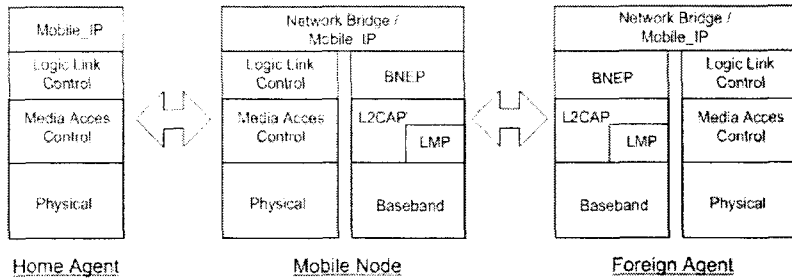


그림 2 모바일 IP를 위한 프로토콜 스택

크기와 스캔 간격은 파워소모의 중요한 요소이며 윈도우의 크기에 따라 소요 시간이 차이난다. 블루투스 장치간의 링크 형성 과정에는 평균 3초의 시간이 소요된다. 장치가 초기 동작할 때에는 크게 부리가 되지 않지만 핸드오버를 하여 새 블루투스 AP와 연결 할 때는 핸드오버 지연이 늘어나게 되므로 핸드오버 시스템의 성능과 사용자 어플리케이션의 처리율이 저하된다. 또한 블루투스 장치에서 모바일 IP를 지원하기 위해서는 블루투스 인터페이스가 PPP나 BNEP를 사용하여 데이터링크 계층의 연결이 성립되어야 한다. 그러나 기존의 PPP를 사용한 블루투스 핸드오버 지원 시스템은 블루투스 스택의 RFCOMM을 기반으로 SDP서버와 질의하여 PPP 연결을 한다. 핸드오버 지연 시간이 유발되고 다양한 장치간의 멀티 커뮤니케이션에 영향을 준다. 반면에 BNEP은 네트워크 인터페이스로 커널에 등록되어 패킷을 캡슐화하여 L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol)으로 IP 네트워크로 전송함으로써 블루투스 장치의 프로토콜도 단순해지고 연결 지연 시간이 줄어든다.

이중 네트워킹 단말은 두 개 이상의 네트워크 인터페이스를 가지고 있고, 이중 네트워크로 핸드오버를 할 때 사용하는 네트워크 인터페이스가 변경되므로 재설정이 반드시 필요하며 네트워크 설정이 바뀔므로 세션 유지가 불가능하다. 모바일 IP가 모바일 기기의 네트워크 설정을 변경하지 않고도 다른 AP로의 전이와 세션 유지를 가능하게 하기 위해서는 모든 네트워크의 IP 계층이 같아야 하며 모바일 기기에 존재하는 인터페이스의 통합 관리나 사용 제어가 필요하다.

### 3. 설계 및 구현

#### 3.1 블루투스-IP 접속 시스템

블루투스-무선 LAN 환경에서 모바일 기기가 LAN에 접속하기 위해서는 블루투스 피코넷에 연결된 장치들 중의 하나가 AP 역할을 하고 LAN에

접속 되어야 한다. 제안 시스템의 블루투스 피코넷과 LAN의 통신 프로토콜 스택은 그림 2와 같이 OSI 7의 하위 계층에서 서로 다르다. 제안 시스템에서 블루투스의 IP 통신을 제공하기 위해 BNEP를 사용하여 이더넷 패킷의 헤더를 제거, 교체하며 BNEP 헤더와 이더넷 페이로드로 캡슐화된 패킷은 L2CAP을 통하여 네트워크로 전송한다.

모바일 기기의 네트워크 인터페이스들을 효율적으로 제어하고 모바일 IP를 획일적으로 적용하기 위해 Bridge 기술을 적용하여 가상 네트워크 인터페이스를 생성하였다. Bridge로 생성한 가상 네트워크 인터페이스에서는 둘 이상의 네트워크 세그먼트를 하나의 논리 네트워크로 구성하고 나뉜 네트워크는 가상 인터페이스를 통하여 상호 통신한다. 모바일 기기의 네트워크는 블루투스과 무선 LAN의 네트워크로 나뉘지며, 두 네트워크 인터페이스를 가상 인터페이스로 연결함으로써 모바일 기기 내부에서 양단간 통신이 가능하다. 가상 인터페이스 모듈은 모바일 기기의 이동성을 지원하기 위해 모바일 IP 시스템의 홈 주소와 CoA를 부여받아 관리되며, 네트워크 설정을 항상 동일하게 유지하며 핸드오버 상황에 따라 트래픽을 제어하여 BNEP나 무선 LAN으로 패킷을 전송한다.

블루투스 네트워크의 외부 에이전트는 커널 상에서 BNEP와 이더넷 인터페이스를 가상 네트워크 모듈로 연결, 통합하고 BNEP 인터페이스를 통해서 서로 다른 데이터 링크 계층을 사용하는 블루투스과 이더넷 사이의 통신을 가능하게 한다.

#### 3.2 핸드오버 정책

모바일 기기가 다른 네트워크로 진입하면서도 네트워크 연결을 유지하기 위해서는 새 AP를 선택해야 한다. 새로운 네트워크는 이전의 네트워크와 다른 인터페이스를 가질 수도 있다. 서로 다른 네트워크로 모바일 기기가 이동할 때 가상 네트워크 인터페이스의 내부 파라미터를 미리 설정하여 연결 시간을 줄인다.

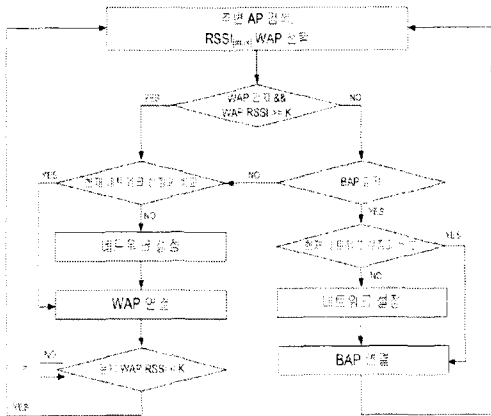


그림 3 핸드오버 과정

모바일 기기는 주변에 AP가 존재하는지 여부와 AP 감도를 이용하여 새 네트워크의 AP를 결정한다. 그림 3은 우선순위를 부여한 핸드오버 수행 과정으로서 우선순위가 높은 AP가 감지되면 네트워크 연결 설정을 선택하며 AP 감도를 주시 탐색한다. AP 선택의 우선순위는 WAP과 K 이상의 감도를 가지면 최고의 우선순위를 가지며, 이 조건을 만족하는 WAP가 없으면 BAP가 그 다음의 우선순위를 갖는다. 새 AP가 선택되면 네트워크 설정을 수정하여 연결하고, 선택된 AP가 기존의 AP와 같으면 네트워크 설정과 연결을 유지한다.

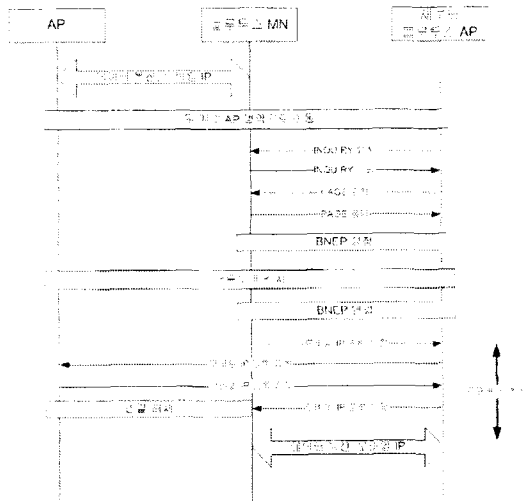


그림 4 블루투스 AP의 핸드오버 절차

블루투스 AP의 핸드오버는 마스터 장치가 변경되므로 INQUIRY와 PAGE 과정이 반드시 필요하며 새 AP에 대한 네트워크 인터페이스의 BNEP 설정을 해야 IP 통신이 가능하다. 여기에는 수초가

소요되며, 그림 4와 같이 핸드오버에 앞서 이 과정을 미리 수행하여 연결 지연시간을 줄이고자 한다. 이때 핸드오버 준비 단계의 모바일 기기는 두 개의 AP와 연결을 유지하며 핸드오버가 완전히 이루어진 후에 기존 연결을 해제하여 패킷의 손실을 줄인다.

#### 4. 실험 및 결과

그림 5와 같이 이중 네트워크 환경을 구성하고 각 네트워크에는 IP 이동성 지원을 위한 에이전트와 테스트 서버, 이동 컴퓨팅 장비를 설치하여 제안 시스템의 기능과 성능을 확인, 검증하였다. 블루투스 AP는 에이전트에 USB 다입의 블루투스 장치를 연결하여 IP 네트워킹이 가능하게 하였고, Ubuntu 7 Kernel 2.6을 기반으로 제안 시스템을 구현하여 네트워크 간의 핸드오버 시 UDP 패킷의 손실 여부, TCP 패킷의 도착 지연시간 등을 측정, 분석하였다.

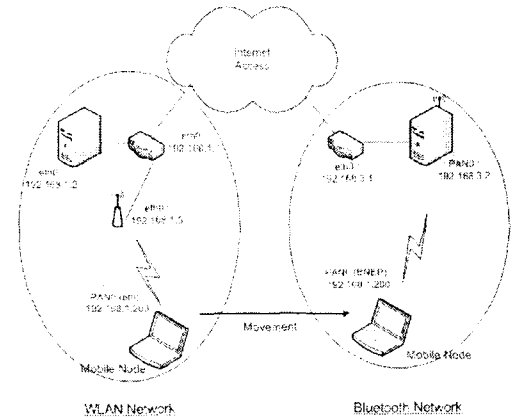


그림 5 시험 시스템의 구성

##### 4.1 BNEP, UDP 시험

그림 6은 블루투스 네트워크의 BNEP를 통한 IP 지원 시험 결과이다. 블루투스 네트워크에서 데이터링크 계층 사이의 ping 결과와 BNEP를 사용한 외부 네트워크까지의 ping 결과이다. 두 개의 ping 시험결과에 큰 차이는 없었으며, BNEP를 사용한 IP 지원 시험에서도 패킷 도달 시간이 지연되지 않고 외부 이더넷으로의 통신이 가능함을 확인하였다.

사용자 요청 서비스의 지원을 확인하기 위해 실시간 UDP 트래픽을 생성하는 Mgen(Multi-generator)[8]을 이용하여 UDP 패킷의 지연과 손실을 측정하였다. 테스트 서버는 1초간 100개의 64bytes UDP 패킷을 발생하고 모바일 기기에서는 자/수동

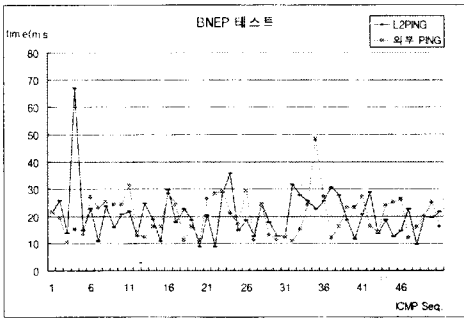


그림 6 BNEP를 통한 IP지원 시험

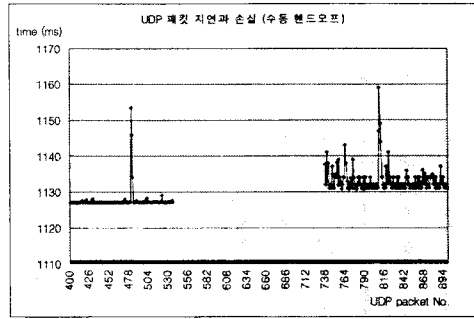


그림 7 UDP 패킷의 지연과 손실 (수동)

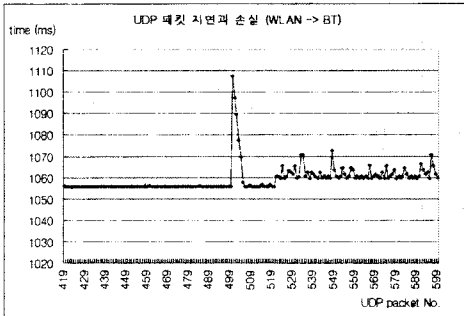


그림 8 UDP 패킷의 지연과 손실 (자동)

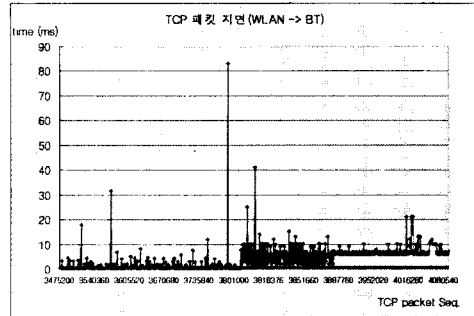


그림 9 TCP 패킷의 도착 지연시간

핸드오버를 수행하며 실시간 UDP 데이터를 기록하여 패킷 손실과 지연을 분석하였다. 모바일 IP 시스템을 사용하지 않고 수동으로 핸드오버 하였을 때는 그림 7과 같이 약 2초의 핸드오버 지연에서 202개의 패킷 손실이 있었다. 그러나 제안 시스템의 홈 네트워크(무선 LAN)와 외부 네트워크(블루투스)간의 핸드오버에서는 그림 8과 같이 패킷 손실은 없었지만, 네트워크 구간별 대역폭 차이 때문에 블루투스 영역의 패킷 도착 시간이 4ms정도 증가하였다.

과 안전성의 지표인 패킷 손실로 나타난다. 인터넷의 전송 시간은 RTT(Round-Trip Time), 패킷 손실은 패킷 손실률(Packet Loss Rate)로 측정되는데, RTT는 측정 단말간의 왕복지연시간이며, 패킷 손실률은 단말간의 패킷 실패율이다. 또한 ICMP 패킷은 라우터에서 우선순위가 낮게 설정되므로 패킷손실의 주요 원인인 라우터 폭주 상태 감지에 용이하다. Ping 어플리케이션을 사용하여 구현 시스템에서의 이종 네트워크 단말 간 ICMP 패킷의 RTT 값과 패킷 손실률을 측정하였다.

#### 4.2 TCP, 인터넷 성능 시험

핸드오버 지연시간은 TCP/IP와 같은 프로토콜의 성능과 실시간성이 요구되는 사용자 어플리케이션에 영향을 미친다. 구현 시스템의 테스트 서버로부터 모바일 기기로 FTP 전송을 수행하면서 수신하는 패킷의 도착 시간을 측정하였다. 그림 9와 같이 패킷 도착 시간이 평균 4.3ms로서 이종 네트워크로의 핸드오버를 미리 준비함으로써 핸드오버시 지연 시간이 아주 작게 나타났다. 일반적으로 실시간 스트리밍 패킷의 경우 패킷 도착지연 시간이 20ms 이하이면 스트리밍 어플리케이션에 큰 영향을 주지 않으므로[9], 본 시스템은 TCP 프로토콜을 사용하는 어플리케이션에 악영향을 주지 않을 것이다.

인터넷의 성능은 전송 속도의 지표인 전송시간

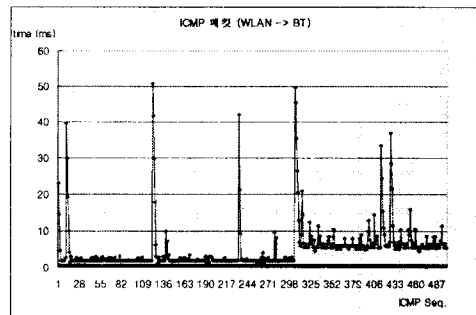


그림 10 ICMP 패킷의 RTT (WLAN → BT)

그림 10은 이종 네트워크로 이동하는 단말의 RTT 측정값이다. 500 패킷을 10회 반복 시험한

결과, 패킷 손실은 없었으며 평균 5~10ms의 RTT 값을 확인하였다. 블루투스 대역폭이 더욱 향상되면 제안 시스템의 인터넷 성능은 아주 우수할 것으로 분석된다.

### 5. 결론

최근 들어 하나의 모바일 기기에 여러 개의 네트워크 인터페이스가 탑재되고 있으나 특정 무선 인터페이스로 접속할 수 있는 지역이 제한되므로 다른 네트워크에 접속하기 위해서는 네트워크 연동과 새 매체로의 네트워크 설정이 필요하다.

본 논문에서는 이중 네트워크 환경에서 끊김 없는 네트워크 서비스를 제공하는 IP 이동성 지원 시스템을 설계, 구현하였다. 제안 시스템은 USB 타입의 블루투스 Dongle과 LAN 인터페이스를 가상 인터페이스로 통합하여 블루투스 피코넷의 모바일 기기도 외부 LAN에 접속이 가능하게 하였고, 모바일 IP 시스템을 연동하여 모바일 기기가 서로 다른 네트워크 사이를 이동할 때도 네트워크 설정을 변경하지 않고도 네트워킹이 가능하게 하였다. 또한 무선 LAN의 신호 감도에 따른 핸드오버 우선순위를 설정, 주시하여 서로 다른 네트워크로 핸드오버를 수행하기 전에 대상 네트워크를 설정함으로써 핸드오버 시 발생하는 지연시간과 패킷 손실을 줄였다.

제안 시스템의 기능과 성능을 시험하기 위해 서로 다른 네트워크에 위치하는 단말간의 Ping 테스트와 이중 네트워크 환경의 핸드오버에 대한 UDP, TCP 패킷의 손실과 도착 시간을 측정, 분석하였다. 핸드오버 시 패킷 손실과 도착 지연은 미미하였고 무선 LAN과 블루투스의 대역폭 차이에 따른 네트워킹 구간별 패킷 도착 시간의 차이를 확인하였다.

본 시스템은 공개 소프트웨어를 사용하고 모바일 기기가 네트워크 사이를 이동할 때 IP를 변경하지 않고도 통신이 가능하기에 가정이나 공공장소에서 무선 LAN의 음영 지역 해소나 블루투스 단말의 LAN 접속을 위해 활용이 가능하다.

### 참고 문헌

[1] L. Zan, J. Wang, L. Bao, "Personal AP protocol for mobility management in IEEE 802.11 systems", *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, pp. 418-425, 2005.

[2] S. Chakrabarti, S.S.T. Vuong, A. Sinha, R. Paul, "BlueMobile - a mobile IP based handoff system for Bluetooth, 802.11 and GPRS links", *2005 Second IEEE Consumer Co*

*munications and Networking Conference*, pp.391-396, 2005.

[3] M.C. Chen, J. L. Chen, P .C. Yao, "Efficient Handoff Algorithm for bluetooth networks", *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 4, pp. 3884-3889, 2005.

[4] "Bluetooth Network Encapsulation Protocol (BNEP) Specification", *Bluetooth SIG*, February 2003.

[5] F. Luis, Javier Ponela, "Extending Bluetooth Capabilities with Mobile IP Support", *EUROCON 2005*, Vol. 2, pp. 1850-1853, 2005.

[6] Dynamics-HUT Mobile IP Web Site, <http://dynamics.sourceforge.net>

[7] "Personal Area Networking Profile", *Bluetooth SIG*, February 2003.

[8] Mgen Web Site, <http://cs.itd.nrl.navy.mil/work/mgen/index.php>

[9] Tan Min, Tian Lin, Kang Jianchu, "A seamless handoff approach of mobile IP based on dual-link", *WICON 2005*, pp. 56-63, 2005.

[10] The Bluetooth Web Site, <http://www.bluetooth.com>