

무선 LAN과 블루투스 네트워크에서 블루투스 단말의 이동성 지원

강 병 훈*

Design and Implementation of Mobility Support System for Bluetooth and IEEE 802.11

Byoung-Hoon Kang *

요 약

모바일 기기가 무선 LAN, 블루투스 등을 지원하면서 언제 어디서나 다양한 네트워크와의 접속은 물론 끊김이 없는 서비스를 요구한다. 이에 사용자의 이동과 물리적 환경의 변화에도 네트워크 접속을 유지할 수 있는 통신 메카니즘과 모바일 장치의 이동성 관리가 중요하다.

본 논문에서는 Personal Area Networking Profile의 BNEP (Bluetooth Networking Encapsulation Protocol)를 사용하여 BAP(블루투스 AP)와 모바일 기기의 LAN 접속은 물론, 이종 네트워크 환경에서 사용자 이동에도 끊김 없는 서비스가 가능하게 하여 블루투스 단말의 인터넷 접근과 IP 이동성을 효율적으로 지원한다. 테스트베드를 구축하여, USB 타입의 블루투스 Dongle을 이용한 AP를 구현하고 이종 네트워크 접속 가능과 네트워크 상황에 따른 이종 네트워크 장치의 적절한 사용을 확인하였다. 이종 네트워크의 핸드오버에 필요한 설정을 미리 실행하여 핸드오버에 발생하는 지연시간과 패킷 손실을 확연히 줄였다.

▶ Keyword : 블루투스, 핸드오버, bluetooth, handover, heterogeneous, mobile ip

• 제1저자 : 강병훈
* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

1. 서론

최근 모바일 기기의 증가와 통신 기술의 발달로 블루투스나 IEEE 802.11 무선 랜과 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 구성하여 할 수 있으며, 무선 랜은 건물 내의 소규모 네트워크를 구성하여 다수의 장치들과 비교적 빠른 통신이 가능하다. 한 집이나 공공장소에 하나 이상의 블루투스 AP(Access Point)를 설치하여 무선 랜의 음영지역을 해소하거나 블루투스 단말의 인터넷 접속을 도울 수 있다. 이처럼 오늘날의 인터넷은 네트워크 타입이나 속도, 커버리지가 다양한 규모로 형성되어 있어 이들 네트워크 간을 이동하는 모바일 기기는 네트워크 연결 유지와 이동성을 지원하는 시스템을 요구하게 되었다.

IETF(Internet Engineering Task Force)에서는 모바일 기기가 인터넷에 접속한 상태에도 IP 주소의 변경 없이 전송, 어플리케이션 계층의 연결을 유지하며 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 통신의 문제점이 발생한다[2,3]. 그리고 여러 개의 AP사이에서는 핸드오버 과정이 필연적이다.

본 논문에서는 블루투스와 무선 랜으로 구성되는 네트워크 환경에서 모바일 기기가 IP를 변경하지 않고도 서로 다른 데이터링크 계층을 접속할 수 있는 리눅스 운영체제 환경에서, 자동 핸드오버 시스템을 설계, 구현하였다. 제안한 시스템은 블루투스와 LAN 사이의 데이터 전송을 위해 BNEP(Bluetooth Networking Encapsulation Protocol)[4,5]을 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 설정 과정을 자동화하여 능동적으로 핸드오버를 수행하기 때문에 네트워크의 IP 정보를 수동 입력할 필요가 없으며, 저렴한 가격의 블루투스와 오픈 소스인 리눅스 기반의 시스템으로 향후 기능을 추가 하거나 네트워크 확장, 성능 개선이 용이하다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 관련연구 및 기술을 분석하고 3장에서는 이종 네트워크 환경에서 블루투스

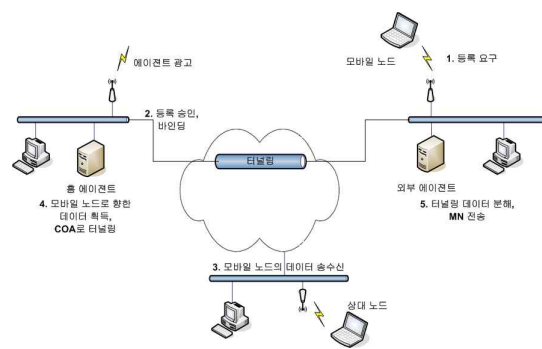
단말의 이동성 지원 시스템의 설계 및 구현 내용을 기술한다. 4장에서는 제안한 시스템의 성능을 검증, 실험하고 5장에서 결론을 맺는다.

II 관련 연구

2.1 요소 기술

블루투스는 다양한 종류의 휴대 장비 안에서 탑재되어 사용할 수 있는 칩 기반의 통신 솔루션이다. 모든 휴대용 블루투스 장치는 근접 상황에서 정보를 주고받기 위한 무선 애드-혹 설정이 가능하며 블루투스 명세서[4]에 블루투스 이동성 지원 방법에 대해 정의하고 있다. 그러나 명세서 기반의 핸드오버는 블루투스 모바일 단말이 한 피코넷에서 다른 피코넷으로 이동하는 것으로 정의한다. 이때 마스터가 바뀌게 되므로 INQUIRY와 PAGE 과정이 수행되어야 하며 PPP(Point-to-Point Protocol)나 BNEP를 사용하여 데이터링크 계층이 연결되고 IP 변화에 관련된 동작을 한 후 사용자 데이터가 송수신된다.

모바일 기기의 사용자들은 네트워크 접속점이 수시로 변경되더라도 끊김 없는 통신을 위해 네트워크 하부 구조의 지원을 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 이동할 경우 모바일 노드의 새로운 위치로 데이터를 전달할 수 없다.



<그림 1> 기본적인 모바일 IP 환경

IETF에서는 네트워크 계층에서 호스트의 이동성을 제공하기 위해 모바일 IP라는 프로토콜을 제안한다. 모바일 IP 환경은 <그림 1>과 같으며, 기본구성요소는 모바일 노드, 홈 에

이전트, 외부 에이전트의 세 가지로 정의하고 모바일 노드는 자신의 IP 주소와 홈 네트워크의 IP 주소를 가진다.

2.2 요구 분석

블루투스 시스템에서 장치간의 데이터를 주고받기 위해서는 마스터와 슬레이브 사이에 INQUIRY와 PAGE의 초기 연결 단계를 거치고 TCP통신을 위해서는 PPP 또는 BNEP 연결을 해야 한다. <표 1>은 스캔 윈도우 크기에 따른 INQUIRY와 PAGE 시간을 보여준다.

<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
INQUIRY +PAGE	3.05	3.26	3.77	3.36

블루투스의 INQUIRY와 PAGE 과정의 윈도우 크기와 스캔간격은 파워소모의 중요한 요소가 될 수 있으며 윈도우의 크기에 따라 소요 시간의 차이를 보인다. 블루투스 장치간의 링크 형성 과정에는 평균 3초의 시간이 소요된다. 장치가 초기 동작할 때에는 크게 무리가 가지 않지만 핸드오버를 하여 새로운 블루투스 AP와 연결을 할 때는 그 만큼의 핸드오버 지연 시간이 커지게 되므로 핸드오버 시스템의 성능 및 사용자 어플리케이션의 처리율이 저하되게 된다. 또한 블루투스 장치의 모바일 IP 지원을 위해서는 블루투스 인터페이스가 PPP나 BNEP를 사용하여 데이터링크 계층의 연결이 성립되어야 한다. 그러나 기존의 PPP를 사용한 블루투스 핸드오버 지원 시스템은 블루투스 스택의 RFCOMM 기반으로 SDP 서버와의 질의를 통하여 PPP 연결 가능하며 이는 핸드오버 지연 시간을 유발하며 다양한 장치간의 멀티 커뮤니케이션에 영향을 준다. 반면에 BNEP은 네트워크 인터페이스로 커널에 등록되어 패킷을 캡슐화하여 L2CAP을 통해 IP 네트워크로 전송이 가능하여 블루투스 장치의 프로토콜도 간소화되며 연결 지연 시간을 줄일 수 있다.

모바일 IP는 모바일 기기의 네트워크 IP 설정을 변경하지 않으며 다른 AP로의 전이와 세션 유지가 가능하다. 그러나 이중 네트워킹 단말은 두 개 이상의 네트워크 인터페이스를 가지고 있어 이중 네트워크로 핸드오버 시 네트워크 재설정이 반드시 필요하며 인터페이스의 변경으로 세션 유지가 불가하

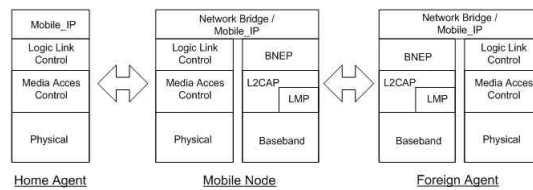
다. 이를 위해서는 모든 네트워크의 IP 계층이 같아야 하며 모바일 IP 지원을 위해 두 개 이상의 인터페이스의 통합 관리나 컨트롤이 필요하다.

III. 설계 및 구현

본 장에서는 제안 시스템의 구성과 블루투스 장치의 IP 지원을 위한 프로토콜 스택 그리고 이동성 지원을 위한 AP 선택 정책에 대해 기술한다. 또한 모바일 IP가 모바일 기기에 탑재되어 네트워킹의 끊김 없이 이중 네트워크로 전이하는 과정을 설명한다.

3.1 블루투스-IP 접속 시스템

블루투스-무선랜의 이중 환경에서 모바일 기기가 LAN에 접속을 위해서는 블루투스 피코넷의 하나의 장치가 AP의 역할을 하고 LAN에 접속 되어야 한다. 구현 시스템의 블루투스 피코넷과 LAN의 통신 프로토콜 스택은 <그림 2>와 같이 OSI 7 하위 레이어의 차이점을 보인다.



<그림 2> 모바일 IP를 위한 프로토콜 스택

구현 시스템은 블루투스의 IP 통신을 제공하기 위해 BNEP 장치를 커널에 등록하여 블루투스를 통해 전송되는 패킷을 캡슐화하여 L2CAP(Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol)을 통하여 네트워크로 전송하였다. BNEP 장치는 이더넷 패킷의 헤더를 제거, 교체하여 BNEP 헤더와 이더넷 페이로드로 구성되는 패킷을 생성하여 L2CAP으로 전송한다.

리눅스 커널 모듈로 사용되는 Bridge는 방화벽이나 IPS에서 사용되는 기술로 네트워크 일부분에 삽입하여 트래픽 공격을 차단하거나 제어할 수 있는 네트워크 장치이다. Bridge는 가상 네트워크 인터페이스를 생성하여 둘 이상의 네트워크 세그먼트를 하나의 논리 네트워크로 구성하고 나뉜 네트워크는 가상 인터페이스를 통하여 상호 통신이 가능하다.

모바일 기기의 네트워크는 블루투스와 무선랜의 네트워크로 나뉘지며, 두 개의 네트워크 인터페이스를 가상 인터페이스

스로 연결하여 모바일 기기 내부에서 양단간의 통신이 가능하다. 또한 각각의 네트워크 인터페이스로 송수신 되는 패킷들은 최종 가상 인터페이스 모듈로 전송되어 목적지 주소가 가상 인터페이스인지 가상 인터페이스 내의 다른 인터페이스인지를 해석하여 사용자 어플리케이션에서 사용할지 내부의 인터페이스로 전송할지 결정한다.

블루투스 네트워크의 외부 에이전트는 커널 상에서 BNEP와 이더넷 장치를 Bridge를 이용하여 가상 인터페이스 모듈로 연결, 통합하고 BNEP 장치를 이용하여 서로 다른 데이터 링크 계층을 사용하는 블루투스와 이더넷사이의 통신을 가능하게 한다. 모바일 노드에서의 가상 인터페이스 모듈은 BNEP와 무선랜 장치를 통합하며 모바일 기기의 이동성 지원을 위해 모바일 IP 시스템의 홈 주소와 CoA를 부여받아 관리한다. 가상 인터페이스 모듈은 핸드오버 시 항상 동일한 네트워크 설정을 유지하며 핸드오버 상황에 따라 트래픽을 제어하여 BNEP나 무선랜을 통하여 패킷을 전송한다.

3.2 핸드오버 정책

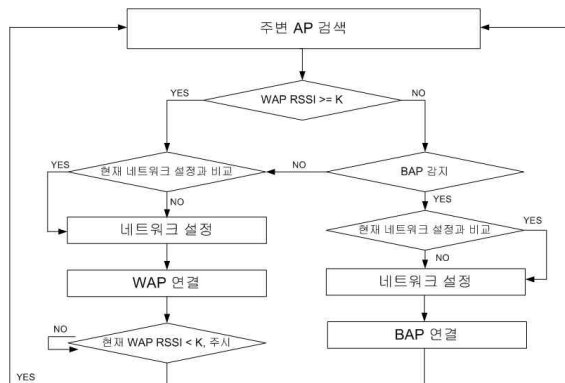
모바일 기기가 다른 네트워크로 이동하면서 네트워크의 연결을 유지하기 위해서는 새로운 AP를 선택해야 한다. 새로운 네트워크는 이전의 네트워크와 다른 인터페이스를 가질 수도 있으며 이종의 네트워크로 모바일 기기가 이동할 때 가상 네트워크 인터페이스의 내부 설정을 미리 설정하여 연결 지연시간을 줄인다.

모바일 기기는 주변의 AP 존재 여부와 AP 감도를 이용하여 새로운 네트워크의 AP를 결정한다. <표 2>, <그림 3>는 우선순위 상황을 고려한 기본 정책과 핸드오버 수행 과정을 나타낸 것이며, 상위 우선순위의 AP가 감지될 경우 네트워크 연결 설정을 선점하며 AP 감도 주시 및 탐색의 과정을 수행한다.

<표 2> AP 선택 정책

우선 순위	상황	조치	세션 유지
1	모바일 컴퓨팅 장비가 감도 K0이상의 WAP 감지할 경우	감도 300이상의 WAP중 최고 감도 WAP 선택, 선택 WAP의 감도 주시	○
2	모바일 컴퓨팅 장비가 감도 K0이하의 WAP들과 BAP를 감지할 경우	BAP 선택, AP 탐색	○
	모바일 컴퓨팅 장비가 BAP만을 감지할 경우	BAP 선택, AP 탐색	○

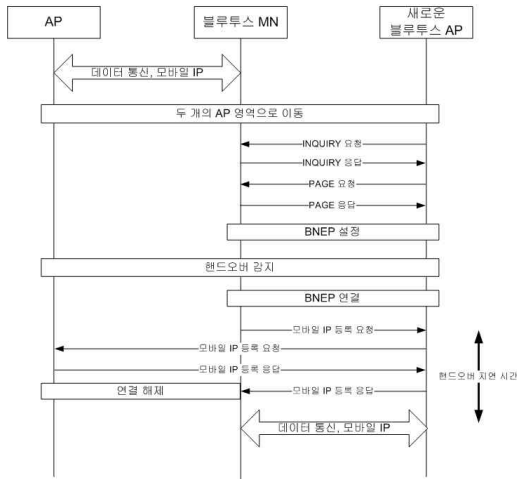
3	모바일 컴퓨팅 장비가 감도 K0이하의 WAP들만을 감지할 경우	감도 300이하의 WAP중 최고 감도 WAP 선택, AP 탐색	○
4	우선순위 2의 재탐색 결과 동일 상황 새로운 BAP를 감지할 경우	새로운 BAP 선택, AP 탐색	○
5	모바일 IP를 사용하지 않을 경우	AP 탐색 결과 표시, 사용자가 AP 선택	X



<그림 3> 핸드오버 수행 과정

사용자가 모바일 IP 기능을 사용할 경우 1~4번의 우선순위에 의해 세션이 유지되는 핸드오버 과정을 수행하며 모바일 IP 기능을 사용하지 않을 경우에는 단순히 AP 정보를 출력하고 사용자가 동적(정적) 네트워크 설정을 수행해야하며 세션 유지는 이루어 지지 않는다.

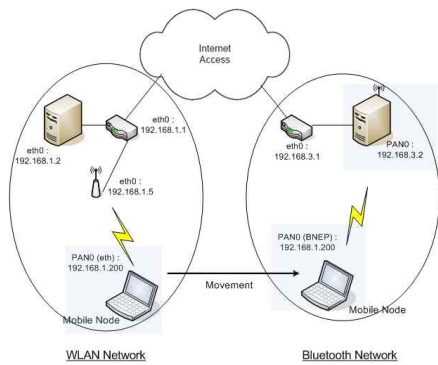
<그림 4>는 제안 시스템에서의 블루투스 AP에 대한 핸드오버 절차를 보인다. 블루투스 AP 영역의 핸드오버는 앞선 언급과 같이 수초의 시간이 소요된다. 필수불가결한 INQUIRY와 PAGE 과정과 BNEP 설정 과정을 핸드오버 시점의 이전에 수행하여 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다. 또한 핸드오버 시, 두 개의 네트워크 인터페이스에서 링크를 형성하고 있고 핸드오버 수행 후 기존의 링크를 해제 하여 패킷의 손실을 줄인다.



<그림 4> 블루투스 AP의 핸드오버 절차

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 제한한 시스템의 기능과 성능을 확인, 검증하기 위하여 <그림 5>, <표 3>과 같은 시험용 이중 네트워크 시스템을 구성하고, 네트워크 간의 핸드오버 시 TCP 패킷의 도착 지연시간과 UDP 패킷의 손실 여부, ICMP 패킷을 통한 인터넷 성능을 측정하고 분석하였다.



<그림 5> 시스템 구성도

두 개의 라우터를 이용하여 이중 네트워크 영역을 구성하고 각 네트워크에는 IP 이동성 지원을 위한 에이전트와 테스트 서버, 이동 컴퓨팅 장비를 설치하였다. 무선랜 네트워크에는 무선랜 AP를 연결하고 블루투스 네트워크에는 에이전트에 USB 타입의 블루투스 장치를 연결하여 IP 네트워킹이 가능하게 하였다.

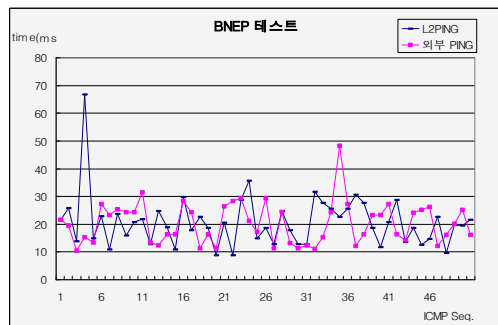
모든 시스템은 Ubuntu 7 Kernel 2.6을 기반으로 구현하였다.

<표 3> 시험용 시스템의 구성

구성	종류	세부 규격	OS
라우터	Linksys 10/100 8-port VPN Router (RV082)		
AP	무선 AP	3Com Wireless 11g Access Point(WL-525)	리눅스 커널 2.6
	블루투스 USB	Billinton Bluetooth Dongle V2.0	
PC	HA	데스크탑 CPU : Pentium 4 3.2GHz Memory : 512MB	
	FA	데스크탑 CPU : Pentium 4 3.2GHz Memory : 512MB	
	테스트 서버	데스크탑 CPU : Pentium 4 3.2GHz Memory : 512MB	
	이동 컴퓨팅 장비	노트북 CPU : Intel Core2 Duo 2.2Ghz Memory : 2GB WNIC : Wireless 802.11a/g Bluetooth : 355 Bluetooth Module	

4.1 BNEP 시험

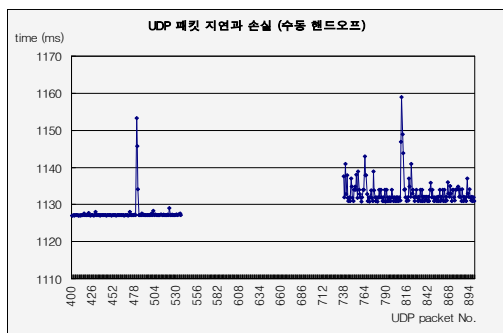
<그림 6>은 블루투스 네트워크의 BNEP를 통한 IP 지원 시험 결과이다. 블루투스 네트워크에서 데이터링크 계층의 l2ping 결과와 BNEP를 사용하여 외부 네트워크까지의 ping 결과를 보인다. l2ping의 경우 블루투스 장치의 l2cap 계층간의 ping 결과이며 어떠한 상위 계층의 프로토콜을 사용하지 않은 블루투스 장치간의 연결 시험 결과이다. 두 개의 ping 시험결과 무선 네트워크 사용에 따른 이상 패킷의 결과는 몇몇 보이나 두 결과간의 큰 차이는 보이지 않으며 BNEP를 사용한 IP 지원에 있어 패킷 도달의 지연시간이 없음을 확인하고 외부 인터넷으로의 통신이 가능함을 확인하였다.



<그림 6> BNEP를 통한 IP지원 시험

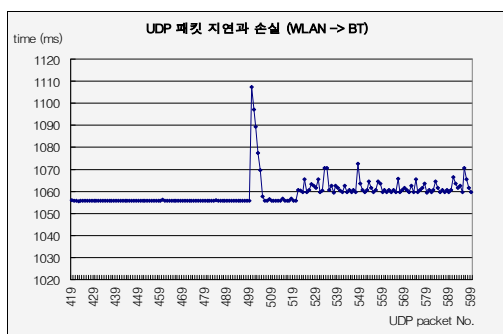
4.2 UDP, TCP 패킷 시험

제안한 시스템이 핸드오버를 수행할 때, 사용자 요청 서비스의 지원 확인을 위해 Mgen(Multi-generator)[8]를 이용하여 UDP 패킷 지연과 패킷 손실 등을 측정하였다. Mgen은 UDP 형식의 트래픽을 사용하여 네트워크 성능을 측정하기 위한 프로그램으로 실제 망에서 부하 될 수 있는 실시간 트래픽 패턴을 만드는 툴이다. 테스트 서버에 Mgen의 패킷 송신 프로그램을 실행하여 1초간 100개의 64bytes UDP 패킷을 발생 시키고 모바일 기기에서 자/수동 핸드오버를 수행하며 실시간으로 발생하는 UDP 데이터를 기록하여 패킷 손실과 전송 지연을 분석하였다.



<그림 7> UDP 패킷의 지연과 손실 (수동 핸드오버)

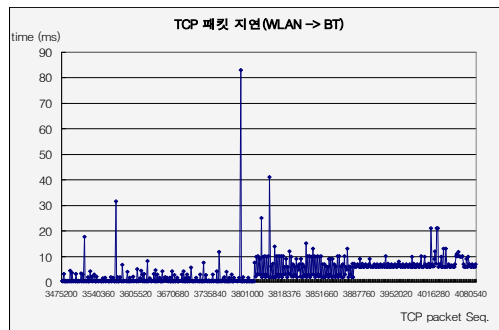
<그림 7>은 모바일 IP 시스템을 사용하지 않고 수동으로 핸드오버를 실행하였을 경우 UDP 패킷의 지연과 손실을 보여준다. 모바일 기기는 UDP 패킷을 수신 중에 핸드오버를 실행하고 네트워크 재설정까지 약 2초간의 핸드오버 지연시간이 발생하였으며 이 시간동안 모바일 기기는 202개의 UDP 패킷을 손실하였다.



<그림 8> UDP 패킷의 지연과 손실

<그림 8>은 제안한 시스템을 이용하여 이중 네트워크의 블루투스 영역으로 핸드오버를 수행한 결과로 홈 네트워크(무선랜)와 외부 네트워크(블루투스)간의 핸드오버 시 UDP 패킷의 손실은 없었다. 핸드오버 시점 이후 패킷 도착의 지연이 발생하였는데 이는 각 네트워크 구간별 패킷 도착 시간을 살펴 본 결과 무선랜과 블루투스 네트워크의 대역폭의 차이로 인한 것으로 핸드오버 지연은 없으며, 블루투스 네트워크에 접속 중일 때 평균 4ms의 패킷 도착 시간이 증가하였다.

핸드오버 지연시간은 TCP/IP와 같은 프로토콜의 성능과 실시간성이 요구되는 사용자 어플리케이션에 영향을 미친다. 구현 시스템의 테스트 서버로부터 모바일 기기로 FTP 전송을 수행하면서 수신하는 패킷을 TCPDUMP 프로그램을 이용하여 분석하고 TCP 패킷 도착 시간을 측정하였다.



<그림 9> TCP 패킷의 도착 지연시간

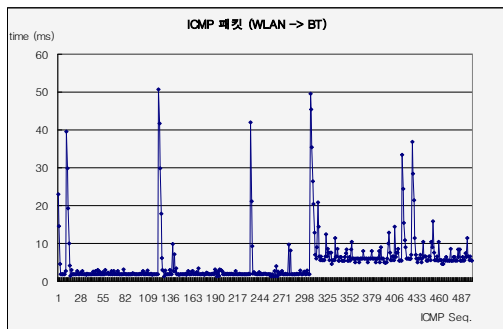
<그림 9>는 TCP 패킷의 도착 시간을 분석한 것으로 네트워크의 종류에 따라 평균 7ms의 패킷 도착 시간 차이는 있으나 전체 패킷 도착 시간의 평균이 4.3ms에 불과하며 이중 네트워크로의 핸드오버를 미리 준비하여 핸드오버 시 발생하는 지연 시간도 아주 미미하였다. 또한 일반적인 실시간 스트리밍 패킷의 경우 패킷 도착 시간이 20ms 이하이면 스트리밍 어플리케이션에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있으므로[9], 본 시스템은 TCP 프로토콜을 사용하는 어플리케이션에 악영향을 주지 않는다.

4.3 인터넷 성능 시험

인터넷의 성능은 전송 속도의 지표인 전송시간과 안전성의 지표인 패킷 손실로 나타난다. 인터넷의 전송 시간은 RTT(Round-Trip Time), 패킷 손실은 패킷 손실률(Packet Loss Rate)을 지표로 측정되는데, RTT는 측정 단말간의 왕복지연시간이며, 패킷손실률은 단말간의 패킷 실패율이다. 또한 ICMP 패킷은 라우터에서 우선순위가 낮게 설

정되어 있으므로 패킷손실의 주요 원인인 라우터 폭주 상태 감지에 용이하다.

구현 시스템의 인터넷 성능을 시험하기 위해 Ping 어플리케이션을 사용하여 이중 네트워크의 단말간의 RTT 값과 패킷 손실률을 측정하였다. <그림 10>는 이중 네트워크 간의 핸드오버를 동반하는 단말의 RTT 값을 측정 결과이며 500 패킷에 대해 10회 시험 결과 패킷 손실은 존재하지 않았으며 평균 5~10ms의 RTT 값을 확인하였다. 블루투스 대역폭이 더욱 향상 된다면 본 시스템은 기대 이상의 인터넷 성능을 보일 것으로 평가된다.



<그림 10> ICMP 패킷 도착 시간 (WLAN -> BT)

V. 결론

무선 네트워크 매체와 네트워크의 다양화로 하나의 모바일 기기에 여러 개의 네트워크 인터페이스가 탑재되고 있다. 그리고 특정 무선 네트워크 인터페이스로서 접속 할 수 있는 지역이 제한되므로 이중 네트워크로 접속하기 위해서는 네트워크 간 연동과 새로운 매체로의 네트워크 설정이 필요하다.

본 논문에서는 이중 네트워크 환경에서 끊임 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 네트워킹이 가능하게 하였다. 또한 무선랜의 신호 감도에 따른 핸드오버 우선순위를 설정, 주시하여 이중 네트워크로의 핸드오버 수행 전에 대상 네트워크 설정을 사전에 실행하므로써 핸드오버 시 발생하는 지연시간과 패킷 손실을 줄였다.

제안 시스템의 기능과 성능을 시험하기 위해 이중 네트워

크 환경의 핸드오버에 대한 UDP, TCP, ICMP 패킷의 손실, 도착 시간, RTT 등을 측정, 분석하였으며 핸드오버 시 패킷 손실과 도착 지연은 미미하였고 무선랜과 블루투스의 대역폭 차이에 의한 네트워킹 구간별 패킷 도착의 시간 차이를 확인하였다.

본 시스템은 공개 소프트웨어를 사용하여 가정이나 공공장소에 무선랜의 음영 지역 해소나 블루투스 단말의 LAN 접속을 돕는 블루투스 AP가 설치 가능하며, 모바일 기기가 네트워크 간의 이동 시에도 IP 변경 없이 네트워킹이 가능하다.

참고문헌

- [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 2005*, pp. 418-425, 2005.
- [2] S. Chakrabarti, S.T. Vuong, A. Sinha, R. Paul, "BlueMobile - a mobile IP based handoff system for Bluetooth, 802.11 and GPRS links", *Second IEEE Consumer Communications and Networking Conference*, pp.391-396, 2005.
- [3] MC. Chen, J.L. Chen, P.C. Yao, "Efficient Handoff Algorithm for bluetooth networks", *2005 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 Wwb Site, <http://cs.hut.fi/Research/Dynamics>
- [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>