

# 무선 랜 환경에서 PDA의 멀티미디어 데이터 다운스트림 성능 평가

허혜선<sup>†</sup>, 홍윤식<sup>\*\*</sup>, 우요섭<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

802.11b 표준 무선 랜 기반의 인프라스트럭처 네트워크에서 PDA를 무선 단말기로 사용하여 멀티미디어 데이터 전송 성능을 평가하였다. PDA는 주로 멀티미디어 데이터와 같은 대용량 데이터를 수신하는 용도로 사용된다. 그러나 이동 호스트인 PDA가 고정 호스트인 PC와 멀티미디어 데이터를 전송하는 과정에서 PC로부터 데이터를 수신하는 시간이 송신시간에 비해 항상 53% 이상 더 소요된다. 본 논문에서는 데이터 전송 시 PDA 수신시간의 지연에 영향을 미치는 요소들에 대한 성능평가를 수행하였다. 수신과정에서 파일 액세스 시간이 송신과정보다 4.11배까지 더 걸리고, 수신자 윈도우 크기의 변동(686바이트~32,581바이트)이 심하기 때문에 PDA 수신시간이 길어진다. 수신지연을 개선하기 위해 응용계층에서 내부패킷 간격을 주지 않고 즉시 전송하고, TCP 수신버퍼의 크기를 늘리는 것이 효과적이다.

## A Performance Evaluation of Multimedia Data Downstream with PDA over Wireless LAN

Hye-Sun Hur<sup>†</sup>, Youn-Sik Hong<sup>\*\*</sup>, Yo-Seop Woo<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

When a PDA is used as a mobile terminal in an infrastructure network based on 802.11b standard wireless LAN, we measured and evaluated the performance of multimedia data transmission. In general, PDAs are mainly used for receiving bulk data like multimedia data. However, while a PDA as a mobile host transfers multimedia data to a desktop PC as a fixed host in such a network, the time taken to receive data from the PC to the PDA is always longer than the time taken to send data from the PDA to the PC by at least 53%. Thus, we consider some critical factors that affect the time taken to receive. Our experimental results show that with the PDA the time taken to access a file for writing is longer than the time taken to access a file for reading up to 4.11 times. In addition, a dramatic change of the size of the receiver window, from 686 bytes to 32,581 bytes, prolongs the time taken to receive. To transfer data without any inter-packet interval for the PDA and to increase the size of the TCP receive buffer will be effective in improving the delay to receive data.

**Key words:** PDA, Wireless LAN(무선랜), TCP, Window Size(윈도우 크기), Inter-packet Interval(내부 패킷 간격), Packet Size(패킷 크기), Downstream(다운스트림)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 허혜선, 주소 : 인천광역시 남구 도화동 177(402-749), 전화 : 032)770-8495, FAX : 032)766-6894, E-mail : mshush@incheon.ac.kr  
접수일 : 2004년 4월 21일, 완료일 : 2004년 8월 11일

<sup>†</sup> 준회원, 인천대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정

<sup>\*\*</sup> 인천대학교 컴퓨터공학과 교수

(E-mail : yshong@incheon.ac.kr)

<sup>\*\*\*</sup> 인천대학교 정보통신공학과 교수

(E-mail : yswoo@incheon.ac.kr)

※ 본 논문은 2004년도 한국과학재단 지정 인천대학교 멀티미디어연구센터 및 2004년도 인천대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

## 1. 서 론

무선 랜 서비스란 기지국에 해당하는 액세스 포인트(Access Point, AP)를 중심으로 반경 50m 이내의 제한된 공간 안에서 무선 랜 카드를 장착한 노트북이나 PDA(Personal Digital Assistant)를 사용하여 인터넷에 접속하는 서비스를 의미한다.

휴대 전화기를 이용한 무선 데이터 전송률은 IMT-2000이 본격 시행되더라도 최대 2Mbps 정도(현재는 384Kbps)로 예측되고 있다[1]. 반면 이미 시행 중인 802.11b 표준 무선 랜 서비스의 경우 데이터 전송률이 11Mbps이며, 802.11g일 경우에는 이보다 5배 빠른 54Mbps에 이른다. 게다가 휴대 전화기 서비스 사업자가 제공하는 패킷 방식(현재 패킷당 크기는 512바이트[2])의 무선 데이터 서비스를 이용하여 1분 분량의 동영상을 다운로드 받을 경우 그 비용이 10,000원 정도로 비싸 실용화에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 한정된 지역 내에서 인터넷에 접속하거나 멀티미디어 기반 데이터 전송 시에는 무선 랜을 사용하는 것이 비용이나 성능 측면에서 오히려 유리하다.

무선 랜 서비스 이용이 가능하면서 휴대도 용이한 대표적 기기로는 노트북(laptop PC)과 PDA가 있다. 성능이나 사용자 인터페이스 측면에서 노트북이 유리하지만, 휴대성 및 짧은 부팅 시간 등 사용 신속성 측면에선 PDA가 유리하다. 특히 Pocket PC 계열의 PDA의 경우 CPU 성능 향상(206~400MHz) 및 메모리 용량 확장(32~64MHz) 등 성능이 크게 나아져 E-business 분야에서 활용 가치가 높아지고 있다.

그러나 대부분 논문에서는 주로 노트북을 기준으로 무선 랜 환경에서의 성능 측정 및 분석을 다루고 있다[3]. 본 논문에서는, PDA의 활용 범위가 점차 확대될 것이라는 전제하에, 무선 랜 기반의 인프라스트럭처 네트워크 환경에서 PDA를 무선 단말기로 사용할 경우 멀티미디어 데이터 전송 성능을 분석해 보고자 한다. 이러한 성능 측정 및 분석 결과를 토대로 전송 효율을 효과적으로 개선할 수 있는 방안을 찾아보고자 한다. 특히 무선 단말기의 경우 데이터를 주로 다운로드의 목적으로 사용되기 때문에 멀티미디어 데이터 다운스트림(downstream)과 관련된 성능 평가에 초점을 맞추고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 연구 목적 및 관련 연구에 대해 설명하고, 3장에서 무선 랜 환경

에서 멀티미디어 데이터 전송 성능 평가 방법인 파일 액세스 시간, 윈도우 크기 및 내부패킷 간격에 대해 언급하였다. 4장에서 이에 따른 실험 결과를 분석하고, 마지막 5장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술하였다.

## 2. 연구 목적 및 관련 연구

### 2.1 연구 목적

본 논문에서 사용한 데이터 전송 프로토콜은 TCP(Transmission Control Protocol)이다[3]. 인터넷(Ethernet) 환경에서 TCP의 최대 세그먼트 크기인 MSS(Maximum Segment Size)는 1,460바이트이다. 무선 랜 서비스가 802.11b에서 802.11g로 확장되면서 데이터 전송률도 11Mbps에서 54Mbps로 빨라지고 있다. 이러한 고속 무선 랜 환경을 고려하면 TCP의 MSS를 1,460바이트 이하로 제한할 필요는 없을 것으로 판단된다. 본 논문에서는 응용 계층에서 전송 패킷 크기를 512바이트에서 최대 7,128바이트까지 다양하게 지정하여 전송 성능을 측정하고자 한다.

한편 멀티미디어 기반 무선 랜 서비스 환경일 경우 PDA는 송신보다는 수신 목적의 단말기로 사용된다. 예를 들면 Hot spot과 같이 무선 랜 서비스를 제공하는 장소에서 실시간 스포츠 중계나 드라마, 영화 또는 뮤직 비디오 감상 등이 서비스 될 수 있기 때문이다. 3.2절에서 자세히 언급하겠지만, 이동 호스트인 PDA와 고정 호스트인 서버 간 데이터를 전송할 때, PDA가 데이터를 서버로 전송하는 시간보다 서버로부터 데이터를 수신하는 시간이 53% 가량 더 오래 걸린다[4]. 수신시간이 송신시간에 비해 지연되는 현상에 대해 전송에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대해 분석하고, 이를 토대로 수신시간을 개선하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

### 2.2 관련 연구

TCP의 MSS는 1,460바이트이기 때문에 대부분 연구에서는 데이터 전송 시 패킷 크기를 1,460바이트 미만으로 지정하여 전송하고 있다[5-8]. 본 논문에서는 1,460바이트 이상의 패킷 크기를 사용하여 실험하였다.

Balakrishnan은 무선망에서 TCP 성능을 측정하기 위해 무선 랜 카드를 장착한 랩탑 PC를 서버로

사용하였다[3]. Pilosof는 이동 호스트 간 전송 실험을 하였지만, 실제 시스템을 구현한 대신 NS(Network Simulator)를 사용하여 시뮬레이션 하였다[8]. 그러나 본 논문에서 PDA는 이동 호스트로, 데스크톱 PC는 고정 호스트인 서버로 구성된 시스템을 구현하여 실험하였다.

한편, Pilosof는 성능이 비슷한 기기들을 사용하여 패킷과 패킷간 전송 시간 간격인 내부 패킷 간격을 1~2ms로 지정하여 실험하였다[8]. 본 논문에서는 사용한 두 기기, 즉 PDA와 데스크톱 PC간 성능에 뚜렷한 차이가 나므로 내부 패킷 간격을 다양하게 조절하여 실험하였다. 또한 다른 연구에서는 Unix 및 Linux 운영체제 기반에서 실험을 진행하였지만 [3], 본 논문은 Windows 운영체제에서 실험하였다.

### 3. 무선 랜 환경에서 멀티미디어 데이터 전송 성능 평가 방법

#### 3.1 무선 랜 기반 인프라스트럭처 네트워크

유·무선 통합 인프라스트럭처 네트워크 환경에서 멀티미디어 데이터 전송 성능을 측정하기 위해 그림 1과 같이 음성 메신저 시스템(Voice Messenger System, VMS)을 구현하였다. VMS는 인터넷 기반 유선 랜과 1개의 BSS(Basic Service Set)로 구성된 IEEE 802.11b 표준 무선 랜을 통합한 인프라스트럭처 네트워크이다.

VMS는 일종의 음성 파일 전송 시스템으로써 VMS 서버와 VMS 클라이언트로 구성된다. VMS

서버는 고정 호스트(Fixed Host, FH)인 PC를 사용하였고, VMS 클라이언트는 이동 호스트(Mobile Host, MH)인 PDA와 고정 호스트인 PC를 사용하였다. PCMCIA 방식의 무선 랜 카드를 장착한 PDA는 그림 1에 보인 것처럼 BS(Base Station)를 통해 유선 인터넷 망에 연동된다. 그림 1에서 BS는 단순히 AP를 사용하였다.

VMS 클라이언트는 녹음된 음성을 웨이브 파일 형태의 음성 메시지로 변환하여 VMS 서버에게 전송한다. VMS 서버는 VMS 클라이언트가 보낸 음성 메시지(즉 웨이브 파일)를 수신하여 하드디스크에 저장한다. 만약 이 메시지를 수신할 클라이언트가 VMS 서버에 접속하면 사용자 인증 절차를 거쳐 저장된 음성 메시지를 전송받게 된다.

VMS의 구성요소에 대한 하드웨어 명세는 표 1에 나타내었다.

VMS 시스템은 아래와 같은 소프트웨어 환경 하에서 구현되었다.

▶FH PC: Visual C++ 6.0(운영체제: Windows 2000)

▶MH PDA: eMbedded Visual C++ 3.0(운영체제: Windows CE 3.0)

본 논문에서 사용될 용어를 먼저 정의한다. VMS 클라이언트 중 이동 호스트 PDA가 VMS 서버인 고정 호스트 PC에게 데이터를 전송하는 과정을 PDA 업스트림(PDA upstream)이라고 한다. PDA 업스트림에서 PDA는 내부 파일을 읽어서 데이터를 전송하고 PC는 그 데이터를 받아 자신의 파일 시스템에 기록하는 작업을 수행한다. 반대로, PDA가 서버로부터 데이터를 수신하는 과정을 PDA 다운스트림(PDA downstream)이라고 한다. PDA 다운스트림은 PDA 업스트림과 정반대의 작업을 수행한다.

또한, PDA 업스트림에서 데이터 송신이 완료되는 데까지 걸리는 시간을 PDA 송신시간, PDA 다운스트림에서 데이터 수신이 완료되는 데까지 걸리는 시간을 PDA 수신시간이라고 한다.

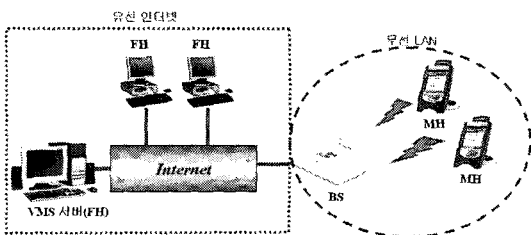


그림 1. 무선 랜 기반 인프라스트럭처 네트워크

표 1. VMS 구성요소의 하드웨어 명세

VMS 구성요소		프로세서	RAM	랜 카드 방식
MH	PDA	Strong Arm(206MHz)	64MB	PCMCIA (11Mbps)
FH	PC	펜티엄 4(2.4GHz)	512MB	PCI (100Mbps)

3.2 성능 평가 전제 사항

3.2.1 패킷 크기와 전송 성능

이더넷에서 TCP의 MSS에 TCP 헤더 20바이트와 IP 헤더 20바이트가 더해져 한 번에 최대 1,500바이트까지 전송할 수 있다. 그러나 대용량 데이터를 전송할 경우 응용 계층에서 전송 패킷 크기를 MSS보다 크게 지정하더라도, IP 계층에서는 이 패킷을 다시 MSS보다 작은 패킷으로 단편화(Fragmentation)시킨다. 역으로 수신 단에서는 단편화된 패킷을 IP 계층에서 재조립하여 TCP 계층으로 올려 보낸다[9].

응용 계층에서 전송 패킷 크기를 512바이트에서 7,128바이트까지 다양하게 지정하여 실험한 결과를 그림 2에 나타내었다[4]. VMS 서버인 PC의 송·수신 버퍼 크기의 기본값은 8,192바이트(Windows 운영체제 기준)로 설정되어 있어, 패킷 크기가 8,192바이트 이상이 되면 전송 오류가 발생하였다. 그러므로 본 논문에서는 전송 패킷의 최대 크기를 7,128바이트로 제한하였다.

그림 2에서 알 수 있는 것처럼 전송 패킷의 크기가 커질수록 전송시간은 짧아진다. 즉 똑같은 크기의 데이터(469KB)를 전송할 때 패킷 크기가 클수록 전송 패킷 개수 및 ACK 개수가 줄어들어 전송 효율이 증가하기 때문이다.

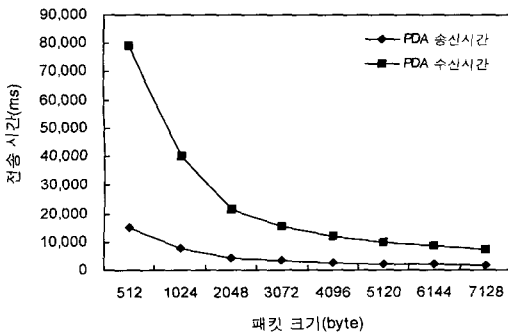


그림 2. 패킷크기별 PDA 전송시간 비교(파일 크기: 469KB)

3.2.2 전송 시간 비교

그림 2에서 PDA 수신시간이 송신시간보다 더 오래 걸린다는 것을 알 수 있다. 좀 더 구체적인 비교를 위해, 표 2에 전송 패킷 크기가 4,096바이트일 때 PDA 클라이언트의 수신시간 대 송신시간의 비를 나타내었다. 또한 고정 호스트인 PC를 VMS 클라이언

표 2. PC 및 PDA 클라이언트의 수신시간 대 송신시간 비교 (전송 패킷 크기: 4,096바이트)

녹음 시간 (초)	파일 크기 (KB)	수신시간/송신시간	
		PC 클라이언트	PDA 클라이언트
30	235	1.0	1.53
60	469	1.0	1.63
120	938	1.0	1.66
300	2,344	1.0	1.70
600	4,688	0.99	1.70

트로 사용했을 때의 수신시간 대 송신시간의 비도 함께 표시하였다. 파일 크기에 따른 성능 비교를 위해 샘플 멀티미디어 데이터는 30초에서 10분까지 음성 메시지를 녹음한 웨이브 파일을 사용하였다.

PC 클라이언트의 경우 파일 크기에 상관없이 수신시간 대 송신시간 비가 거의 같다. 그러나 PDA 클라이언트는 파일 크기에 따라 수신시간이 송신시간에 비해 최소 53%에서 최대 70%까지 더 걸린다.

3.3 PDA 다운스트림 성능 평가 기준

일반적으로 인터넷 사용자는 데이터를 서버에 업로드하는 것보다 다운로드를 더 많이 수행한다[10]. 마찬가지로 무선망에서 저성능 단말기인 PDA는 고성능 단말기인 서버로부터 주로 데이터를 다운로드 받는 목적으로 사용된다. 그러나 PDA 다운스트림이 PDA 업스트림에 비해 오히려 더 많은 시간이 걸린다(그림 2). 특히 멀티미디어 데이터와 같은 대용량 데이터일수록 수신시간이 송신시간보다 더 오래 걸린다(표 2).

멀티미디어 데이터의 주요 수신 장비로 이동 호스트인 PDA를 사용할 경우에 대비하여, 수신시간 지연에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 상세히 분석하고, 이를 토대로 수신 성능을 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. PDA 다운스트림 성능 평가에서 고려해야 할 요소들은 TCP의 윈도우 크기, PDA의 파일 액세스 시간 및 내부패킷 간격 등이 있다. 참고로 본 논문에서는 데이터의 안정적 송·수신이 가능하도록 AP를 기준으로 반경 5m 이내에서 이동 호스트인 PDA의 전송성능을 측정하였다[4].

3.3.1 윈도우 크기

윈도우 크기(Window Size)란 송신자의 데이터 전

송 개시 요구에 응답하여 수신자가 알려주는 수신자 윈도우 크기를 의미한다. 윈도우 크기는 TCP 헤더의 16비트 필드에 그 값이 저장되며, 윈도우의 최대 크기는 65,536바이트이다[11].

식(1)은 윈도우 크기와 패킷 전송률간 관계를 나타낸다[12].

$$X(t) = \frac{W(t)}{RTT} \quad (1)$$

여기서  $X(t)$ 는 시간  $t$ 일 때의 패킷 전송률이며,  $W(t)$ 는 시간  $t$ 일 때의 윈도우 크기이다.  $RTT$ 는 Round Trip Time의 약자로 통신 지연 상태를 나타낸다. 측정 단위는 초이다.

$X(t)$ 는  $RTT$ 에 반비례하고  $W(t)$ 에 비례한다. 즉 윈도우 크기가 클수록 패킷 전송률이 높다는 것을 알 수 있다. PDA 업스트림과 PDA 다운스트림에서 수신자 윈도우 크기를 비교하기 위해 네트워크 분석기인 Analyzer[13]를 사용하였다.

### 3.3.2 파일 액세스 시간

이동 호스트인 PDA와 고정 호스트인 PC는 표 1과 같이 프로세서 및 RAM 등 성능 면에서 현저한 차이를 보인다. 각 장비간 인터페이스의 차이로 인하여 하드웨어 및 펌웨어의 처리 시간이 달라 데이터 처리량이 같지 않게 된다[7].

PDA 다운스트림에서 PDA는 PC로부터 전송된 데이터를 자신의 수신버퍼에 저장하였다가 이를 자신의 파일 시스템에 기록한다. PC와 PDA 각 장비별로 파일을 읽고 쓸 때 걸리는 액세스 시간을 측정하여, 이 요소가 전송성능에 영향을 주는 지 여부를 판단하였다.

### 3.3.3 내부패킷 간격

VMS 시스템에서 대용량 데이터를 전송할 때 응용계층에서 일정한 패킷 단위로 나누어 전송한다. 하나의 패킷을 보내고 난 뒤 다음 패킷을 보낼 때까지의 시간 간격을 내부패킷 간격(*Inter-packet Interval*)이라고 한다. 일반적으로 내부패킷 간격이 짧으면 짧을수록 전송시간이 단축된다. 그러나 PC와 PDA처럼 데이터를 주고받는 기기간 성능 차가 뚜렷하면, 저성능 기기가 수신한 데이터를 처리할 시간을 주기 위해 내부패킷 간격을 조절해야 한다. 따라서 내부패킷 간격에 따른 성능 평가가 필요하다.

## 4. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 구성한 인프라스트럭처 네트워크 환경에서 VMS 클라이언트인 이동 호스트 PDA와 VMS 서버에 해당하는 고정 호스트 PC 간 멀티미디어 데이터를 전송할 때, 1) 패킷 크기가 클수록 전송 시간이 감소한다, 2) 수신시간이 송신시간보다 53% 이상 더 오래 걸린다는 두 가지를 전제로 하였다.

첫 번째 전제와 관련하여 패킷 크기는 MSS보다 큰 4,096바이트를 사용하였다. 또한 두 번째 전제와 관련하여 PDA의 데이터 수신시간을 개선할 수 있는 방법을 모색하기 위해 윈도우 크기, 파일 액세스 시간 및 내부패킷 간격 등 3가지 요인을 고려하여 실험하였다.

### 4.1 수신자 윈도우 크기

TCP는 수신과정에서 유용한 수신버퍼의 크기를 끊임없이 변동하여 윈도우 크기를 조정하고, 송신과정에선 흐름제어를 위하여 현 수신자 윈도우 크기를 유지한다[12].

PDA 업스트림에서 이동 호스트인 PDA와 고정 호스트인 PC의 윈도우 크기는 각각 32,581바이트 및 17,520바이트로써 둘 다 일정하게 유지된다. 그러나 PDA 다운스트림에서는 PC의 윈도우 크기는 17,453바이트로 일정하지만, PDA의 윈도우 크기는 32,581바이트에서 686바이트까지 감소한다(표 3).

PC와 PDA의 성능 차이로 인하여 PDA 다운스트림에서 PC는 빠른 송신자(*Fast Sender*)이고 PDA는 느린 수신자(*Slow Receiver*)[9]의 특성을 나타낸다. PDA 업스트림과 다운스트림에서 데이터 전송시간과 ACK 응답시간의 일부를 그림 3에 표시하였다. 여기서 사용된 데이터와 ACK 개수는 모두 합하여 101개이다.

전송 패킷 크기가 4,096바이트이면 3개의 세그먼트(1,460바이트 2개와 1,176바이트 1개)로 단편화되어 순차적으로 전송된다. PDA 업스트림의 경우 첫

표 3. TCP 윈도우 크기의 최소값(단위: 바이트)(전송 패킷 크기: 4,096바이트)

PC 윈도우 크기		PDA 윈도우 크기	
업스트림	다운스트림	업스트림	다운스트림
17,520	17,453	32,581	686

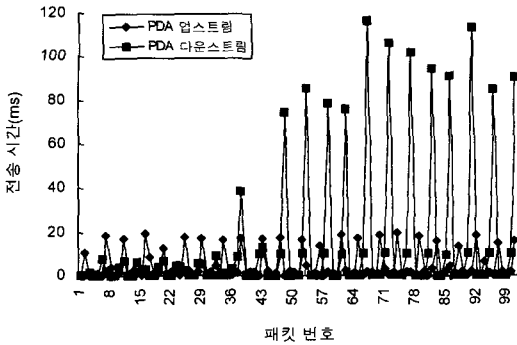


그림 3. 데이터 전송시간 및 ACK 응답시간

번째 세그먼트(1,460바이트)를 전송할 때마다 전송 시간이 지연된다. 그러나 그 세그먼트의 전송시간은 20ms를 초과하지 않으므로 PDA 및 PC의 윈도우 크기를 일정하게 한다.

PDA 다운스트림의 경우 처음엔 업스트림보다 안정적이지만 일정 단계(38번째 패킷)에 이르면 ACK 응답시간이 늦어지고 또한 window update 패킷까지 전송하게 되면서 급격히 전송시간이 늘어나 최대 115ms까지 증가한다. 이러한 현상은 데이터 수신 완료될 때까지 지속적으로 발생한다. 이것이 수신 시간을 지연시키는 가장 큰 원인이다.

4.2 파일 액세스 시간

PDA 업스트림은 PDA의 파일 읽기와 PC의 파일 쓰기를 수행하고, PDA 다운스트림은 PC의 파일 읽기 및 PDA의 파일 쓰기를 수행하게 된다. 각 장비별로 파일을 읽거나 쓰는 액세스 시간을 측정하여 더한 결과를 표 4에 나타내었다.

파일 액세스 시간은 PDA 다운스트림에서 PDA 업스트림과 비교하여 4.11배 이상 차이가 발생한다. 또한 파일 크기가 클수록 파일 액세스 시간이 더욱 증가하여 수신 성능에 영향을 준다.

표 4. 파일 크기별 PDA 업스트림/다운스트림 시간 측정

파일 크기	PDA 업스트림	PDA 다운스트림	액세스 비율 (수신/송신)
40,000KB	1,219 ms	5,011 ms	4.11
469KB	14 ms	59 ms	4.11

4.3 내부패킷 간격

내부패킷 간격은 MS Visual C++ 6.0에서 Sleep이

라는 함수를 사용하여 조절할 수 있다[14]. Sleep 함수의 사용 단위는 1/1000초(ms)이다.

Sleep 함수에 내부패킷 간격을 1ms, 10ms와 100ms까지 조절하는 경우와 내부패킷 간격을 전혀 주지 않는 경우(함수를 호출하지 않음)를 고려하여, PDA 송신 및 수신 시간을 측정한 결과를 표 5에 나타내었다. 전송 패킷 크기는 4,096바이트이며, 전송 파일 크기는 469KB이다. 단, 소켓의 송신(Send) 및 수신(Receive) 함수에 같은 내부패킷 간격을 주었다.

일반적으로 내부패킷 간격이 길수록 전송시간은 증가한다. 그러나 PDA와 PC는 현저한 성능 차이로 인하여, 같은 내부패킷 간격을 지정하여 패킷을 전송하여도 하드웨어 및 펌웨어에서 액세스 시간의 차이가 발생한다[7]. 내부패킷 간격이 짧다고 반드시 높은 전송 효율을 보장하지는 않는다.

표 5를 보면 PDA 업스트림에서 내부패킷 간격으로 10 ms를 지정하였을 때 평균 전송시간이 가장 빠르다. 그 이유는 PDA의 송신버퍼(16,384바이트)보다 PC의 수신버퍼(8,192바이트)의 크기가 작아서 이를 처리하는 데 걸리는 시간을 고려하기 위함이다. PC의 수신버퍼의 크기를 PDA의 송신버퍼의 크기와 비슷하게 조절하면 처리량은 증가할 것이다.

그림 4의 개선 전(그림 2 참조)은 내부패킷 간격을

표 5. 내부패킷 간격 조절(단위: ms)

내부 패킷 간격	PDA 업스트림		PDA 다운스트림	
	평균 전송 시간	시간차 (최대-최소)	평균 전송 시간	시간차 (최대-최소)
없음	13,656	12,044	4,622	2,875
1	8,163	4,032	12,559	656
10	2,249	133	12,629	297
100	13,004	127	21,460	328

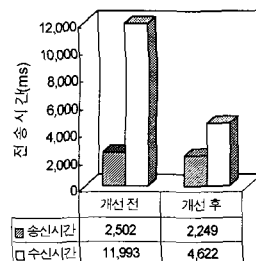


그림 4. 새로 제안된 내부패킷 간격을 적용한 결과(단위: ms)(전송 패킷 크기: 4,096바이트)

송신함수에 1 ms와 수신함수에 10 ms로 각각 다르게 지정한 결과이다. 그림 4에서 알 수 있는 것처럼 표 5의 결과에 따라 내부패킷 간격을 조절하게 되면 PDA 송신시간은 큰 변화가 없지만, PDA 수신시간이 61%까지 감소하게 된다.

PDA 다운스트림에서 내부패킷 간격을 주지 않고, PDA 업스트림에서만 내부패킷 간격을 10 ms 주는 것이 전송효율이 증가한다는 결과를 얻었다.

#### 4.4 실험 결과 분석

PDA 업스트림에서 1) 송신자인 PDA는 파일로부터 패킷 단위로 데이터를 읽고 TCP 송신버퍼에 저장한 후 소켓을 통해 PC로 데이터를 전송한다. 2) 수신자인 PC는 TCP 수신버퍼에 전송된 데이터를 임시 저장한 후 파일에 쓴다. 그리고 3) 수신자는 수신자 윈도우 크기를 포함한 ACK 패킷을 송신자에게 전송하게 된다. PDA 다운스트림 과정에서 PC는 송신자, PDA는 수신자가 되어 업스트림과 같은 동작을 수행한다.

그러나, PDA 다운스트림이 PDA 업스트림보다 전송시간이 53% 이상 더 소요된다. PDA 다운스트림의 지연 원인은 다음과 같다. PDA 다운스트림이 PDA 업스트림 과정에 비해, 첫째 파일 액세스 시간이 4.11배까지 길고, 둘째, 전송된 데이터를 처리하는 시간이 길어지면서 ACK 응답도 지연되어 PDA의 윈도우 크기가 686바이트에서 32,581바이트까지 감소하기 때문이다.

이러한 지연을 해결하기 위해 내부패킷 간격을 적절히 조절하고, 한 번에 전송되는 패킷의 크기는 MSS보다 크게 하고, TCP 윈도우 크기를 증가시키기 위해 수신버퍼를 크게 늘리면, PDA 다운스트림의 처리량이 증가하게 될 것이다.

### 5. 결론 및 향후 연구 방향

고속 무선 랜 기반의 인프라스트럭처 네트워크에서 이동 호스트로 PDA를 사용할 경우의 멀티미디어 데이터 전송 성능을 평가해 보았다. 전송 성능 측정을 위한 테스트 베드 시스템으로 TCP 기반의 전송 프로토콜을 채택한 음성 메시지 전송 시스템(VMS)을 구현하였다.

이동 호스트로 Pocket PC 버전의 PDA(206MHz

ARM 프로세서, 64MB RAM)를 사용하였다. 고정 호스트인 PC와 이동 호스트인 PDA간 대용량 음성 파일 송·수신 시 소요된 전송시간을 측정해 본 결과, PC로부터 전송된 멀티미디어 데이터를 PDA가 수신하는 데 걸린 시간이 그 반대인 송신시간에 비해 53% 이상 느리게 나타났다. 이동 호스트인 PDA는 주로 멀티미디어 데이터와 같은 대용량 데이터를 수신하는 용도로 사용되기 때문에, 다운스트림 과정에서 수신시간에 영향을 미치는 요소들을 대상으로 성능평가를 하였다. PDA의 수신시간 지연에 영향을 미치는 요인은 수신 데이터를 파일에 저장하는 데 걸리는 시간인 파일 액세스 시간 및 TCP의 윈도우 크기 등이다.

다만 TCP 윈도우 크기의 경우 이동 호스트인 PDA의 윈도우 크기는 업스트림 과정에서는 32,581바이트로 일정하게 유지되었지만, 다운스트림 과정에서는 686바이트~32,581바이트로 큰 폭으로 변동함을 확인하였다. 반면 PC의 윈도우 크기는 17,453바이트(수신 시)~17,520바이트(송신 시)로 거의 변화가 없었다.

PDA의 수신시간 지연을 개선하기 위해서는 패킷과 패킷간 전송 간격인 내부패킷 가격은 전혀 주지 않고, TCP의 수신버퍼의 크기를 크게 지정하는 것이 효과적이다.

본 논문에서는 연구 범위를 제한하기 위해 TCP의 윈도우 크기를 제어하는 실험을 포함시키지 않았다. 향후 TCP의 윈도우 크기를 송·수신 과정에서 적절하게 조절함에 따라 전송성능에 어떤 영향을 주게 될지 다뤄보고자 한다. 또한, 파일 전송이 아닌 스트리밍 데이터 전송의 경우에 앞서 언급한 요인들이 전송 성능에 어떤 영향을 주는지 분석하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] KTF 사이트, <http://www.ktf.co.kr>, 2004. 2.
- [ 2 ] 무선네이트 사이트, <http://wireless.nate.com>, 2004. 2.
- [ 3 ] H. Balakrishnan, S. Seshan, E. Amir, and R. H. Katz, "Improving TCP/IP Performance over Wireless Networks," *ACM MOBICOM*, 1995.
- [ 4 ] Hye-Sun Hur and Youn-Sik Hong, "Performance Analysis of Multimedia Data Trans-

mission with PDA over an Infrastructure Network,” *ICCSA*, 2004.

[5] B. S. Bakshi, P. Krishna, N. H. Vaidya and D. K. Pradhan, “Improving Performance of TCP over Wireless Networks,” *ICDCS*, 1997.

[6] M. Gruteser, A. Jain, J. Deng, F. Zhao and D. Grunwald, “Exploiting Physical Layer Power Control Mechanisms in IEEE 802.11b Network Interfaces,” *Technical Report CU-CS-924-01 University of Colorado at Boulder*, 2001.

[7] G. T. Nguyen, R. H. Katz, B. Noble, and M. Satyanarayanan, “A Trace-Based Approach for Modeling Wireless Channel Behavior,” In *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, pp. 597-604, 1996.

[8] S. Pilosof, R. Ramjee, D. Raz, Y. Shavitt, and P. Sinha, “Understanding TCP fairness over Wireless LAN”, *IEEE INFOCOM*, 2003.

[9] W. R. Stevens, *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols*, Addison-Wesley, 1994.

[10] Downstream 설명, <http://compnetworking.about.com/library/glossary/bldef-downupstream.htm>, 2004. 2.

[11] J. Postel, Transmission Control Protocol, RFC 793, 1981.

[12] M. Hassan and R. Jain, *High Performance TCP/IP Networking: Concepts, Issues, and Solutions*, Pearson Prentice Hall, 2004.

[13] Analyzer 사이트, <http://analyzer.polito.it>, 2004. 2.

[14] Sleep 함수, <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dllproc/base/sleep.as-p>, 2004. 2.



허혜선

1994년 인천대학교 전자계산학과 공학사  
 1998년 인천대학교 대학원 전자계산학과 공학석사  
 2000년~현재 인천대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정

관심 분야: 모바일 컴퓨팅, 무선 네트워크



홍윤식

1983년 한양대학교 전자공학과 공학사  
 1985년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사  
 1989년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사  
 1991년 8월~현재 인천대학교 컴

퓨터공학과 교수

관심 분야: 모바일 컴퓨팅



우요섭

1986년 한양대학교 공학사  
 1988년 한양대학교 공학석사  
 1992년 한양대학교 공학박사  
 1992년~현재 인천대학교 정보통신공학과 교수

관심 분야: 한국어 정보처리, 데이터베이스, 인터넷 프로그래밍