무선 CDMA 망에서 WTP SAR 알고리즘과 RLP를 고려한 WAP 패킷의 성능 분석

Performance Analysis of WAP Packet Considering WTP SAR Algorithm and RLP in Wireless CDMA Network

문일영*, 노재성**, 조성준*

Il-Young Moon*, Jae-Sung Roh**, Sung-Joon Cho*

요 약

이동 단말기에 의한 데이터 통신 서비스가 증가함에 따라, 높은 에러율과 이동성을 가진 무선 환경에서 사용자의 요구에 의한 인터넷 컨텐츠의 접속이 효율적으로 이루어지기 위해 WAP 이라는 프로토콜이 제안되었다. 그러나, 현재 WAP의 전송 속도가 제한되어 있기 때문에, 데이터를 송수신하는 데는 많은 시간이 소요된다.

본 논문은 WTP-SAR(Wireless Transaction Protocol-Segment And Re-assembly) 알고리즘을 사용하여 WAP 패킷의 전송 시간을 분석하였다. 이러한 WAP의 전송 능력을 향상시키기 위한 한 방법으로 WTP에서 SAR 기능을 사용하여 상위 계층에서 내려온 전체 메시지를 분할하고, RLP(Radio Link Protocol) 타임 슬롯에서 패킷을 전송한다. 그리고 차세대 시스템을 위한 무선 CDMA 망에서 다양한 RLP 계층의 크기를 고려한 WAP 패킷의 전송 시간을 분석한다. 결과로부터 WAP 패킷의 전송 시간과 이에 따른 효율적인 WAP 패킷의 크기를 얻을 수 있었다.

Abstract

With the growth of data communication service by mobile devices, WAP is proposed to efficiently access the Internet contents by user request through wireless condition that has a high error rate and mobility. But, because a transmission speed of WAP is limited, it takes many times to transmit and to receive the data.

This paper has studied the WAP packet transmission time using WTP-SAR algorithm. As a method that is to improve transfer capability of WAP, using SAR function in WTP, total message down from upper layer has been fragmented and packet is transmitted through RLP frame time slot. Then, we have analyzed the transmission time of WAP packet with variable RLP layer size on the wireless CDMA network for next generation systems. From the results, we could obtain the WAP packet transmission time and optimal WTP packet size.

I. 서 론

최근 정보통신기술의 발전으로 가장 두드러지게 나타나고 있는 변화 중의 하나가 무선 인터넷의 등

·본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 한국항공대학교의 “인터넷정보검색연구센터"에서 수행된 연구결과임.

* 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부(School of Electronics, Telecommunication, and Computer Eng., Hankuk Aviation University)

** 서일대학 정보통신과(Dept. of Information & Communication Eng., Seoil College)

·논문번호 : 2002-6-9

·접수일자 : 2002년 5월 8일

장과 성장이다. 무선 인터넷은 단순한 “무선통신과 인터넷이 결합된 서비스"가 아니라 무선통신의 이동성과 적시성, 인터넷의 편의성을 가장 효율적으로 결합하기 위하여 “Mobile"과 “Internet"이라는 상호 독자적인 기반에서 진화된 영역을 융합하는 것이라고 볼 수 있다.

WAP의 목적은 디지털 셀룰러 전화와 무선 터미널에서 인터넷 서비스를 이용할 수 있도록 하고, 다른 종류의 무선 통신망 기술에서 운용될 수 있는 무선 인터넷 프로토콜을 개발하는 것이다 [1],[2]. 그러나, 현재 WAP 사용자 관점에서의 문제점은 이동통신망의 전송속도가 제한되어 있기 때문에, 현재의 인터넷 데이터를 송수신하는 데는 많은 시간이 소요되고, 무선망에서 열악한 채널의 영향에 의하여 패킷 손실이 일어날 수 있다는 것이다.

본 논문은 WAP의 전송 능력을 향상시키기 위한 한 방법으로 상위 계층에서 내려온 전체 메시지를 SAR 알고리즘을 사용하여 CDMA의 무선 환경에서 WAP 패킷의 전송 시간을 분석하였다. 무선 전송의 경우, WAP 클라이언트에서 WAP Proxy/Server로의 역방향 링크를 고려하였으며, 무선 구간에서 다중 접속 사용자 수와 RLP 계층의 데이터 크기를 변화시켜 WAP 패킷의 전송시간을 분석하였다. 또한, CDMA인 경우에는 타임 슬롯을 20 ms로, WCDMA의 경우에는 10 ms로 설정하여 SAR 알고리즘을 적용한 WAP의 전송시간을 분석하였다

II. WAP 네트워크의 구조 및 프로토콜 스택

WAP은 이동전화 단말기를 대상으로 하는 인터넷 검색을 위한 프로토콜로서 일반적으로 기존의 무선 데이타 프로토콜을 기반으로 제공된다. WAP이 등장한 이유는 이동통신에 적합하며, 효과적인 무선 인터넷을 지원하는 프로토콜 및 응용 인터페이스의 개발이 필요하기 때문이다. 현재는 인터넷 프로토콜인 HTTP (Hypertext Transfer Protocol), HTML (Hypertext Markup Language)의 많은 부분을 사용하여 이동통신의 취약한 부분을 개선하는 방향으로 개발되고 있다. 또한 WAP은 무선 환경의 높은 에러율 및 단절성, 이동 환경 등을 고려해 WSP

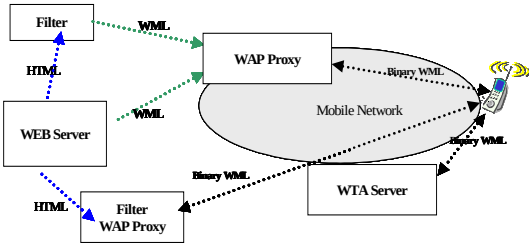

그림 1. WAP 네크워크의 구조

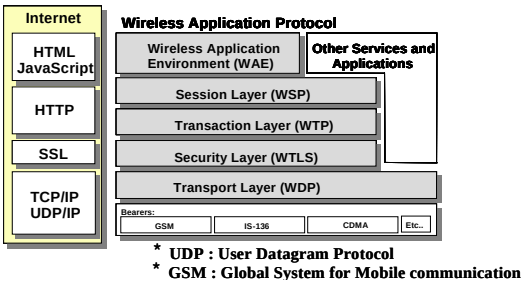

그림 2. WAP 프로토콜 스택과 인터넷 프로토콜의 기능별 비교

(Wireless Session Protocol), WTP 계층을 두어 무선 환경의 문제점들을 극복하도록 설계되어 있다 [3]. WAP 서버와 이동 단말이 연결되는 WAP 네트워크의 구조는 그림 1과 같다. 그림 1에서와 같이 이동 단말에서 Web 서버로의 데이터의 전달 시 유무선망을 연결해 주는 WAP Proxy/Server의 네트워크 구조를 살펴볼 수 있다.

그림 2는 WAP 프로토콜 스택과 인터넷 프로토콜 구조를 그 기능별로 위치시켜 비교하고 있다. WAP에는 잘 알려진 바와 같이 ISO(International Standards Organization) 네트워크 모델과 비슷한 계층 구조가 있다. 인터넷의 HTTP에 해당되는 WSP와 WTP, 그 밑의 하위 계층에는 TCP/IP (UDP/IP)에 대응되는 베어러와 WDP(Wireless Datagram Protocol)가 있는데, 이것은 기본적으로 데이터 송수신을 담당하고 일반적인 Transport layer 기능을 수행한다[1]. WTP는 신뢰성 및 비신뢰성 전송기능을 제공하고 오류복구를 위해 재전송 기능을 담당하는데, 좀 더 신뢰성 있는 데이터 송수신을 위해서 WTP에서 옵션인 SAR 기능을 사용한다[2]. 기본적으로, 상위 계층에서부터 전달된 메시지의 길이가 현재 베어러에 대한 MTU(Maximum

Transmission Unit)보다 초과되는 경우, WTP SAR 기능에 의해서 몇 개의 패킷들로 분할되어 하위 계층으로 전송되어진다 [4]. 이러한 흐름 제어에 의해서 데이터 송수신시 에러를 줄일 수가 있다. 만약 SAR 기능이 WTP에서 사용되지 않는다면 프로토콜 구조의 다른 계층에서 제공되어야 한다.

III. WAP 패킷의 전송 모델링

CDMA 네트워크에서 WAP은 일정량의 에러율을 동반하는 무선 환경을 최대한 극복하도록 트랜잭션 계층으로서 WTP가 있으며, 상위 계층으로는 세션 계층인 WSP를 두어 단말기의 이동 중에 증가하는 패킷 손실로 인해 데이터 송수신이 두절되었을 경우에도 세션 계층의 연결성을 유지하여 사용자의 연결을 보장할 수 있도록 하였다[5]. 무선 망은 유선 망과는 달리 그 특성상 손실 패킷으로 인한 일정량 이상의 패킷 에러율을 동반하고 있다[6],[7]. 따라서, 이러한 무선 환경의 에러 및 사용자의 이동성에 기반한 특성을 고려하여 설계된 WAP을 사용할 경우 그림 3과 같은 구조로 프로토콜이 구현된다.

WTP에서는 하위 계층에서 PDU (Packet Data Unit) SAR 기능을 제공하는지 여부에 따라 SAR 기능 구현을 사용자 옵션으로 정의하였지만 베어러 네트워크의 MTU 보다 큰 데이터를 전송해야 할 경우, 무선 구간에서 보다 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장 및 트랜잭션 관리를 통한 신뢰성 있는 데이터 전송과 흐름제어를 하기 위해서는 WTP 계층에서 SAR 기능이 제공되어야만 한다.

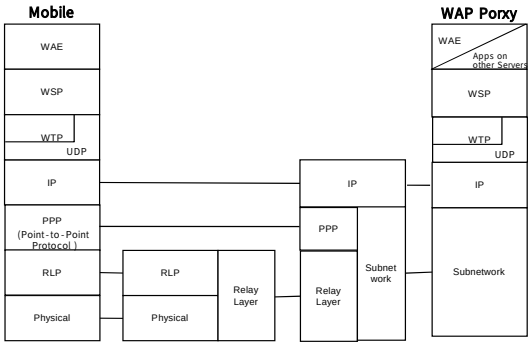

그림 3. Mobile과 WAP Proxy 사이의 프로토콜 모델

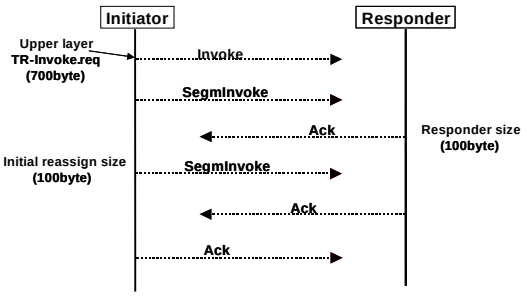

그림 4. SAR의 흐름 제어

기본적으로 WTP의 SAR은 그림 4에서와 같이 주로 상위 계층으로부터 전달된 데이터그램의 크기가 MTU보다 큰 경우 이를 베어러 네트워크의 MTU 이내로 분할시키는데 필요하며, 경우에 따라 전송할 데이터그램의 크기를 임의로 분할하여 전송 효율을 높이기 위한 흐름제어 기능을 위해 사용된다.

WTP SAR 동작을 위해서는 데이터 분할의 기준이 되는 WTP 패킷 크기가 필요하다. 만약 이 크기가 너무 작으면 패킷 전송 시간이 짧아져 패킷 손상이나 손실은 줄일 수 있지만 메시지 분할시 분할 패킷 수가 많아지므로 한 메시지를 전송하는 데 많은 오버헤드들이 첨가되어 결국 전체 메시지 전송 시간은 지연된다. 반면 이 크기가 너무 크면 오버 헤드가 감소되어 메시지 전송 시간은 단축되지만 패킷 전송 시간이 길어져 무선 구간 상의 에러로 인한 패킷 손상이나 손실이 커질 수 있다.

본 논문에서는 WAP 패킷의 최적의 전송 시간을 구하고 그에 따른 WTP 패킷 크기를 구하고자 한다. WAP 패킷의 최적의 전송 시간은 WAP 성능과도 밀접한 관계를 가진다. 이를 설명하기 위해 다음과 같이 각 기호들을 정의한다.

- M_{TOTAL} : WTP의 상위 계층에서 전달되는 전송할 전체 메시지 크기,
- M_{SEG} : WTP 계층 내에서 상위 계층의 데이터를 분할하는 WTP 패킷 단위의 크기,
- L_{WTP} : WTP 계층 내에서 분할된 마지막 패킷 크기,
- M_{WTP} : M_{SEG}의 크기와 WTP 헤더의 크기를 합한 전송할 WTP 패킷 크기,

·K : WTP에서 분할된 메시지의 전체 패킷 수,
·M_{RLP} : 상위 계층에서 RLP 계층으로 전달되는 데이터의 크기,
·F_D : RLP 계층에서 한 slot 당 전송되는 데이터의 크기,
·F_J : j 번째 RLP 프레임,
·N : M_{RLP}를 구성하는 분할된 프레임의 수,
·H_{WTP} : WTP 헤더의 크기(4 바이트),
·H_{UDP} : UDP 헤더의 크기(8 바이트),
·H_{IP} : IP 헤더의 크기(20 바이트),
·H_{PPP} : PPP 헤더의 크기(8 바이트),
·S_{TIME} : CDMA와 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)에서 타임 슬롯 시간.

WTP에서는 상위 계층의 데이터가 M_{SEG} 보다 클 경우 M_{SEG} 단위로 사용자 메시지를 분할하여 다음과 같이 K 개의 데이터그램을 만든다.

$$K = \left\lceil \frac{M_{TOTAL}}{M_{SEG}} \right\rceil \tag{1}$$

단, $\lceil x \rceil$ 는 x+1는 보다 크지 않은 정수

여기서 M_{SEG} 단위로 분할된 데이터그램은 WTP의 헤더 첨가로 인해 식 (2)와 같이 M_{WTP} 가 되며, M_{SEG} 단위 미만의 데이터그램은 분할된 패킷의 마지막으로서 식 (3)과 같이 L_{WTP}로 표현된다.

$$M_{WTP} = M_{SEG} + H_{WTP} \tag{2}$$

$$L_{WTP} = M_{TOTAL} - (K-1)M_{SEG} + H_{WTP} \tag{3}$$

WTP에서 생성된 패킷은 전송을 위해 하위 계층의 헤더가 첨가되어 RLP 계층으로 전달되는데, RLP 계층으로 전달되는 데이터그램의 크기는 아래와 같이 MSEG 로 분할된 크기의 데이터그램과 그 이하의 크기로 분할된 데이터그램 두 종류로서 전달된다. 이를 상위 계층의 헤더와 함께 표현하면 식 (4)와 같다.

$$M_{RLP} = M_{WTP} + H_{UDP} + H_{IP} + H_{PPP} \tag{4}$$

RLP 계층에서는 상위 계층의 데이터그램을 전송하기 위해 전송 타임 슬롯(Transmission Time Slot) 동안 소요되는 크기인 F_D 크기로 다시 분할되는데 그 개수는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$N = \left\lceil \frac{M_{RLP}}{F_D} \right\rceil \tag{5}$$

CDMA와 WCDMA에서 프레임 단위는 한 타임 슬롯 간격이 각각 20 ms, 10 ms이고 전송할 수 있는 데이터의 크기는 실제 데이터 크기와 2 바이트의 RLP 헤더로 구성된다 [8],[9]. 여기서는 PCS, DCS 뿐만 아니라 차세대 시스템을 위하여 RLP 계층의 데이터 크기를 가변적으로 조절하여 WAP 패킷의 전송 시간을 구한다.

RLP 구간에서의 WAP 패킷 전송 시간을 구하기 위해서, RLP는 무선 구간이므로 신뢰성 있는 프레임 전송을 위해 한 프레임을 전송하는 데 필요한 평균 타임 슬롯 수를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

하나의 RLP 프레임(F)이 m 번째 슬롯에서 성공적으로 전송될 확률은 다음과 같다.

$$P(F = m) = (1-p)^{m-1} p \tag{6}$$

여기서, P는 데이터 프레임이 성공적으로 전송될 확률이다. 식 (6)으로 부터 $E(F)$는 다음과 같이 구해진다.

$$E(F) = \sum_{m=1}^{\infty} m \cdot P(F = m) = \frac{1}{p} \tag{7}$$

따라서, 식 (7)로 부터 WAP 패킷 전송을 위해 필요한 평균 타임 슬롯 수 $E(P)$를 구하면 다음과 같다.

$$E(P) = N \cdot E(F) = \frac{N}{p} \tag{8}$$

N은 RLP 계층에서 분할된 전체 프레임 수로 식 (5)에 의해 계산된 값이다. 이를 RLP 계층에서 N 개의 RLP 프레임으로 분할된 WAP 패킷 전송 시간으로 표현하면 한 타임 슬롯이 CDMA, WCDMA에서

는 각각 S_{TIME} (20 ms, 10 ms)로 구성되므로 다음과 같다.

$$T_{PKT}(N) = E(P) \cdot S_{TIME} = \frac{S_{TIME} N}{p}(ms) \quad (9)$$

식 (2), (9)로부터 전체 메시지 전송 시간 (T_{MSG})을 다음과 같이 구할 수 있다. 식 (5)에 의해 계산된 프레임 수를 식 (6)의 경우에는 n = q 라 하고 식 (7)의 경우에는 n = r 라 한다. 따라서 WAP 패킷의 전송 시간은 식 (10)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} T_{MSG} &= (K-1)T_{PKT}(q) + T_{PKT}(r) \\ &= (K-1)\frac{S_{TIME} \times q}{p} + \frac{S_{TIME} \times r}{p}, \\ q &= \left\lceil \frac{M_{WTP} + 36}{F_D} \right\rceil, \quad r = \left\lceil \frac{L_{WTP} + 36}{F_D} \right\rceil. \end{aligned} \quad (10)$$

이러한 WAP 패킷의 전송시간을 구하는 것은 전체 메시지 전송시간를 계산하는 것이다. 베어러 서비스의 환경은 CDMA/QPSK 변조기법을 사용하였다. 여기서 고려한 QPSK 변조 신호의 오율식은 다음과 같다.

$$p_e = \frac{1}{2} erfc(\sqrt{SNR}) \quad (11)$$

$$SNR = \frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)^{-1} + \frac{2(U-1)}{3PG}} \quad (12)$$

단, U : 셀 내에 있는 동시 사용자 수,

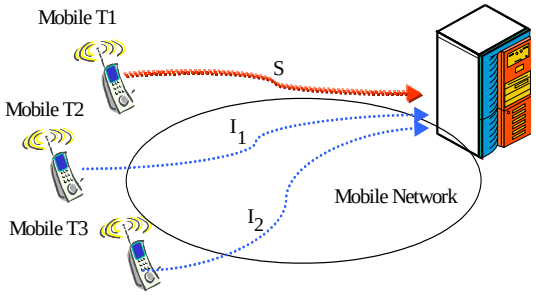

그림 5. WAP 패킷의 전송 모델링

PG : 시스템의 처리 이득,
E_b/N_o : 비트 신호 전력 대 잡음 전력 비.

또한, 단말기에서 WAP Proxy/Server로 거쳐가는 것이기 때문에 역방향 링크를 고려하여 분석하였다. 그림 5는 무선 구간에서의 동시 사용자의 수와 RLP 계층의 데이터 크기를 가변한 WAP 패킷 전송 모델링이다.

IV. WAP 패킷의 전송시간 시뮬레이션 분석

무선 환경에서의 셀 내에 있는 동시 사용자 수 (U) 값과 시스템의 처리 이득(PG) 값을 변화시켜 WAP 패킷의 전송시간을 구할 수 있으며, WAP의 성능을 분석할 수가 있다. 그리고 현재의 PCS, DCS 뿐만 아니라 차세대 시스템을 위하여 RLP 계층의 데이터 크기(F_D)를 가변적으로 조절하여 WAP 패킷의 전송시간을 구할 수가 있다. S_{TIME}은 CDMA인 경우에는 타임 슬롯을 20ms로 WCDMA의 경우에는 10ms로 설정하여 성능을 분석한다.

WAP 패킷의 전송시간을 구하기 위해서 M_{TOTAL} = 5000 바이트, E_b/N_o = 8 dB, PG = 64를 기준으로 분석하였다. 또한, F_D의 값을 26에서 30까지 변화시키며 시뮬레이션을 하였고, M_{WTP}는 100 바이트에서 2000 바이트까지 분할하여 분석하였다. 전송 시간에 대한 계산된 결과는 CDMA (20 ms)인 경우와 WCDMA (10 ms)인 경우로 하여 각각 패킷의 전송시간을 분석하였다. 그림 6은 CDMA QPSK의 WAP 패킷 전송 시간을 분석하기 위한 비트 오율 성능을 나타낸 것이다. 그림 7 (a)와 그림 7 (b)는 베어러 서비스가 CDMA인 경우인데, 전체적으로 M_{WTP}의 값이 증가함에 따라 전체 메시지 전송 시간과는 반비례함을 알 수 있다. 즉 WAP 패킷의 전송 시간이 감소되는 것을 알 수가 있다. 그러나, 그림 7 (a)에서 1200 바이트, 1500 바이트의 경우, 이전 값에 비해 WAP 패킷 전송 시간이 짧아지는 것이 아니라 오히려 길어지고 있다. 이것은 각 M_{WTP}의 값에 따라 RLP 계층에서 데이터 프레임 분할 시, 마지막 프레임의 데이터 크기가 서로 다를 수 있는데 이로 인해 어느 경우에는 마지막 프레임의 크기가 기준

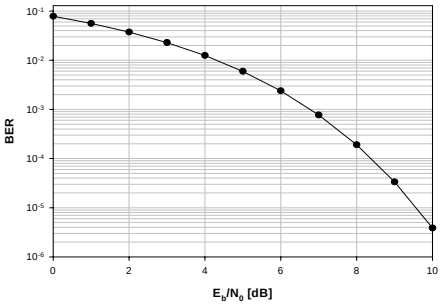

그림 6. CDMA QPSK의 비트 오율 성능

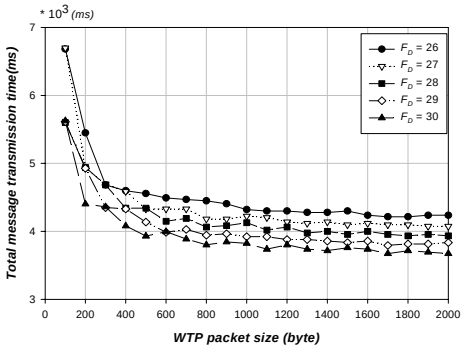

그림 7. (a) CDMA 시스템의 전체 메시지 전송 시간 (E_b/N_o = 8 dB, U = 18, PG = 64)

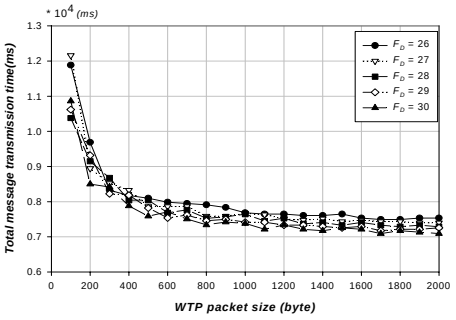

그림 7. (b). CDMA 시스템의 전체 메시지 전송 시간 (E_b/N_o = 8 dB, U = 36, PG = 64)

프레임 크기에 비해 훨씬 작게 구성되어 한 타임 슬롯(20 ms)동안 전송된다. 이러한 작은 크기의 프레임이 전송될 경우 한 타임 슬롯을 작은 양의 데이터가 차지하게 되어 전체 메시지 전송 시간을 지연시키게 되어 WAP 성능을 저하시키는 요인이 되므로 M_{WTP} 값 설정에 있어서 이러한 값들은 피해야 한다.

그림 7 (b)는 그림 7 (a)의 동시 사용자 수를 2배로 증가시켰을 때의 결과이다. 비교하면, 동시 사용자 수를 2배로 증가함에 따라 데이터의 지연이 일어나 WAP 패킷의 전송 시간은 증가함을 알 수 있다. 그러므로, 그림 7(b)에서 알 수 있는 것처럼 동시 사용자 수를 최소한으로 줄일수록 WAP 패킷의 전송 시간을 최소화 할 수 있고, 효율적으로 WAP 패킷을 전송을 할 수 있다. 그림 8 (a)와 그림 8 (b)는 베어러 서비스가 WCDMA인 경우이며, 위의 결과인 CDMA와 비슷한 결과를 볼 수 있다. 단지 차이

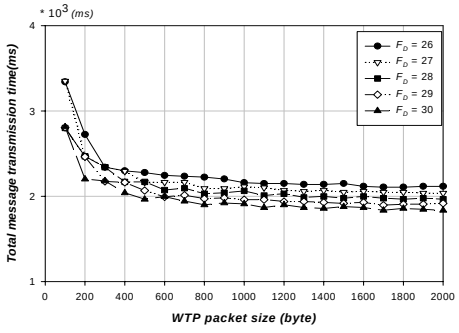

그림 8. (a) WCDMA 시스템의 전체 메시지 전송 시간 (E_b/N_o = 8 dB, U = 18, PG = 64)

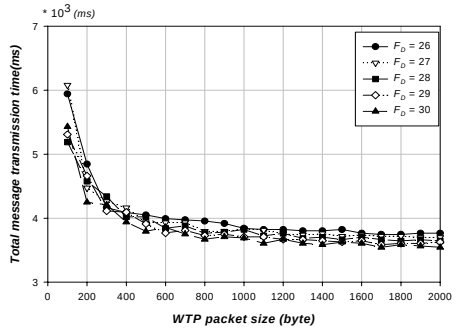

그림 8. (b) WCDMA 시스템의 전체 메시지 전송 시간 (E_b/N_o = 8 dB, U = 36, PG = 64)

점은, CDMA에서는 슬롯 크기가 10 ms이므로 WAP 패킷의 전송 시간이 CDMA에서 보다 반으로 줄어들고 있어 WAP 패킷이 목적지까지 도착하는 데 많은 시간을 절약할 수 있음을 알 수 있다.

위의 결과를 바탕으로 그림 7에서 그림 8까지의 WAP 패킷의 전송 시간을 분석해보면 무선 구간에서의 전송시간을 감소시키기 위해 WTP에서의 패킷 크기를 증가시켜야 함을 공통적으로 알 수 있고, 또한 무선 구간에서의 WAP 패킷 손실 없이 정확한 인터넷 데이터를 전송하기 위해서는 BER을 고려하여 적당한 WTP에서의 패킷 크기를 구할 필요가 있다. 여기서는 WAP 패킷의 전송시간을 CDMA와 WCDMA에서 각각 동시 사용자 수를 18명과 36명에 대하여 구하였다. 그 결과, 전체 메시지 전송시간과 WTP 패킷 크기의 Trade-off에 따른 WAP 패킷의 전송시간을 구하면 CDMA에서는 4000 ms~4500 ms, 7500 ms~8000 ms, WCDMA에서는 1900 ms~2300 ms, 3800 ms~4100 ms로 얻을 수 있었으며, 이에 최적의 WTP 패킷 크기는 각각 500 바이트에서 600 바이트 사이 임을 알 수가 있다.

V. 결 론

본 논문은 WAP의 전송 능력을 향상시키기 위한 한 방법으로 상위 계층에서 내려온 전체 메시지를 SAR 알고리즘을 사용하여 CDMA의 무선 환경에서 WAP 패킷의 전송 시간을 분석하였다. 무선채널의 경우, WAP 클라이언트에서 WAP Proxy/Server로의 역방향 링크에서 QPSK 변조 기법을 적용하였으며, 무선 구간에서 셀 내에 있는 동시 사용자 수와 RLP 계층의 데이터 크기를 변화시켜 WAP 패킷의 전송시간을 분석하였다. 또한, CDMA인 경우에는 타임 슬롯을 20 ms로 WCDMA의 경우에는 10ms로 설정하여 성능을 분석하였다.

얻어진 결과로부터 무선 구간에서의 전송시간을 감소시키기 위해 WTP에서의 패킷 크기를 증가시켜야 함을 알 수 있었고, 적당한 WTP에서의 패킷 크기를 구할 수 있었다. 본 논문은 사용자 메시지의 송수신 품질을 위해서 즉, WAP QoS의 보장을 위해 필수적이며 WAP 성능 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] WAP forum, Wireless Application Protocol: Wireless Datagram Protocol Specification, Version 14-June-2001.

[2] WAP forum, Wireless Application Protocol: Wireless Transaction Protocol Specification, Version 10-July-2001.

[3] WAP forum, Wireless Application Protocol: Wireless Session Protocol Specification, Approved Version 5-July-2001.

[4] H. S. Park and K .W. Heo, “Performance evaluation of WAP-WTP," *The Jornal of the Korean Institute of communication sciences*, vol. 26, no. 1A, pp. 67-76, Jan. 2001.

[5] WAP forum, Wireless Application Protocol: Wireless Profiled TCP, Version 31-Mar.-2001.

[6] A. Bakre and B. R. Badrinath, “I-TCP: Indrect TCP for Mobile Hosts," *Proceedings of the 15th International Conference on distributed Computing Systems*, pp. 136-143, June 1995.

[7] R. Caceres and L. Iftode, “Improving the performance of Reliable Transport Protocols in Mobile Computing Environment," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 13, pp. 850-857, June 1995.

[8] J. S. Lee, L. E. Miller, *CDMA systems engineering handbook*, Artech House, 1998.

[9] Tero Ojanpera and Ramjee Prasad, *Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications*, Artech House, 1998.

문 일 영(文日永)

2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 (공학석사)
2002년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정 재학중
관심분야 : WAP, Mobile IP, Home Networking, IMT-2000

노 재 성(盧在成)

1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)
1992년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 (공학석사)
2000년 8월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 (공학박사)
1992년 3월 ~ 1997년 5월 : 한화정보 통신(주) 무선가입자망 연구소
2000년 9월 ~ 현재 : 서일대학 정보통신시스템전공 전임강사
관심 분야 : 이동통신망 성능분석, 모바일 인터넷, 멀티미디어 통신 및 정보보호

조 성 준(趙成俊)

1969년 2월 : 한국항공대학 항공통신공학과 졸업 (공학사)
1975년 2월 : 한양대학교 대학원 졸업(공학석사)
1981년 3월 : 오사카대학 대학원 통신공학과 졸업(공학박사)
1972년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터 공학부 교수
관심 분야 : 무선통신, 이동통신, 환경전자공학