

논문 2004-41TC-10-1

3G+ CDMA망에서의 기술 진화: 응용 서비스 QoS 성능 연구

(3G+ CDMA Wireless Network Technology Evolution: Application service QoS Performance Study)

김 재 현*

(Jae-Hyun Kim)

요 약

CDMA 2000 서비스의 주요 성공여부는 사용자 측면에서 응용서비스의 성능에 좌우한다고 할 수 있다. 본 논문에서는 CDMA 네트워크에서의 단대단 성능을 평가하기 위하여 단대단 시뮬레이션 모델을 개발하고 이를 사용하여 음성과 데이터 서비스의 사용자 측면에서 응용서비스의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 성능분석 모델들은 응용서비스 트래픽 특성 모델, 네트워크 구조 (architecture) 모델, 네트워크 구성요소 모델, 각 계층별 프로토콜 모델들을 포함한다. 다양한 전송계층의 구조에 따른 사용자 측면의 응용계층 성능을 평가하기 위하여 액세스망(RAN: Radio Access Network)과 코어망(CN: Core Network)에서 ATM 과 IP 전송방식을 고려하였다. 음성 서비스 분석 결과로 보코더 바이패스를 사용하는 경우 다른 방식에 비하여 30%의 성능 개선을 보이는 것을 알 수 있었다. 데이터 서비스 성능(웹 서비스)의 경우, 연속적 TCP연결 (persistent TCP connection)과 파이프라이닝 효과에 기인하여 HTTP v.1.1이 HTTP v.1.0에 비하여 성능이 우수하였다. 또한, RAN 구조에서 웹 브라우징 서비스의 경우 IP 전송기술이 ATM 에 비하여 데이터 패킷에 대한 패킷 오버헤드가 상대적으로 적어 우수함을 보였으며, 패킷크기가 작은 음성 서비스의 경우 반대의 효과를 볼 수 있었다. 비록 시뮬레이션 결과를 통하여 3G-1X EV 시스템이 3G-1X RTT에 비하여 우수한 패킷 지연 성능을 보여주었지만, 기술적 진화의 모든 단계에서 단대단 사용자 단계의 성능에 영향을 주는 다양한 네트워크의 구성요소 및 계층에 대하여 고려하여야 할 것이다.

Abstract

User-perceived application-level performance is a key to the adoption and success of CDMA 2000. To predict this performance in advance, a detailed end-to-end simulation model of a CDMA network was built to include application traffic characteristics, network architecture, network element details, and protocol features. We assess the user application performance when a Radio Access Network (RAN) and a Core Network (CN) adopt different transport architectures such as ATM and IP. For voice performance, we found that the vocoder bypass scenario shows 30% performance improvement over the others. For data packet performance, we found that HTTP v.1.1 shows better performance than that of HTTP v.1.0 due to the pipelining and TCP persistent connection. We also found that IP transport technology is better solution for higher FER environment since the IP packet overhead is smaller than that of ATM for web browsing data traffic, while it shows opposite effect to small size voice packet in RAN architecture. Though simulation results we showed that the 3G-1X EV system gives much better packet delay performance than 3G-1X RTT, the main conclusion is that end-to-end application-level performance is affected by various elements and layers of the network and thus it must be considered in all phases of the technology evolution process.

Keywords : 3G technology evolution, QoS, CDMA 2000, performance modeling, simulation

I. 서 론

근래에 들어 3G 네트워크에서 데이터 및 음성 서비

스가 이루어지면서 QoS 문제들에 대한 관심이 급격히 늘고 있다. 국제 표준화 기구인 3GPP 나 3GPP2 에서는 UMTS 및 CDMA2000 네트워크에서의 QoS 에 대한 정의 및 제공에 대하여 기술적 표준화 작업을 하고 있다. 3GPP의 경우 UMTS 네트워크에서의 사용자 서비스에 대한 QoS를 4개의 클래스로 나누고 있으며, 3GPP2 에서도 이러한 3GPP에서의 정의를 사용하고 있

* 정회원, 아주대학교, 전자공학부
(AJOU University)

※ 본 논문은 정보통신연구진흥원의 “해외 공동 연구 프로젝트”의 지원에 의해 수행되었습니다.

접수일자: 2004년3월9일, 수정완료일: 2004년10월12일

다^{[1]-[3]}. 3GPP 에서의 서비스 클래스를 살펴보면 클래스 1 (Conversational), 클래스 2 (Streaming), 클래스 3 (Interactive) 및 클래스 4 (Background)로 나누고 있으며, 각 클래스의 구분은 패킷지연의 민감성에 의하여 특성 지워진다. CDMA2000 에서도 이러한 네 가지 QoS 클래스를 선택하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 표준화 기구들은 서비스 클래스의 정의, 성능 지표 및 각 프로토콜 계층에서의 QoS 파라미터 정의에만 연구가 집중되고, 실제 단대단 QoS 제공 방식들은 자세하다루지 않고 있다. 그러나 사용자 측면에서의 단대단 QoS 성능을 분석하기 위해서는 실제 패킷이 전송되는 모든 경로에 대한 자세한 정보와 QoS 처리 기술들이 포함 되어야만 한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 자세한 정보를 포함한 시뮬레이터를 사용하여 CDMA 2000 망의 단대단 사용자 계층의 서비스 성능을 평가한다.

CDMA 2000 망에서의 사용자 측면의 성능에 대한 논문들이 근래에 많이 발표되고 있다^{[4]-[7]}. [4]의 논문에서는 3G-1X RTT 시스템에서의 데이터 서비스 성능에 대하여 평가하였으나, 망구조의 다양성 및 음성서비스에 대한 언급이 없으며, [5]에서는 무선 인터페이스에서의 TCP 프로토콜의 성능에 대하여 분석하였으나, 단대단 성능을 보여주지는 못하고 있다. 또한 CDMA 2000 망에서의 QoS 전략에 대한 논문들도 많이 발표되고 있으나^{[6]-[8]}, 사용자 측면 단대단 QoS 성능에 대한 논문들은 그리 많지 않은 편이다. [8]의 경우 사용자 측면에서의 성능 비교를 보이고 있으나, UMTS 망에서 고려되었다. 실제 CDMA 2000 망에서의 사용자 측면 서비스 성능을 평가하기 위해서는 액세스망 (RAN: Radio Access Network), 코어망 (CN: Core Network) 및 데이터 센터망 구조의 상세한 기능 및 요소들의 특성이 반영되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 특성들을 고려하며, 사용자 관점에서의 응용 서비스 성능 분석을 위하여 단대단 성능분석 시뮬레이터 모델을 개발하여 다양한 망구조의 변화 및 전송기술의 진화에 대한 사용자 관점의 응용 서비스 성능을 다양한 각도 에서 평가하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면 II장에서는 3G-1X 시스템의 참조 구조 및 연결에 대하여 설명하였고, III장에서는 프로토콜 구조, 무선 제어 및 링크 레벨 복구 방식에 대하여 설명하였고, IV장에서는 서비스 트래픽 모델에 대하여 설명한 후, V장에서 시뮬레이션 모델과 파라미터 등에 대하여 기술하였다. VI장에서는 데이터 및 음성성에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었으며, VII장에서는 논문의 결론을 맺었다.

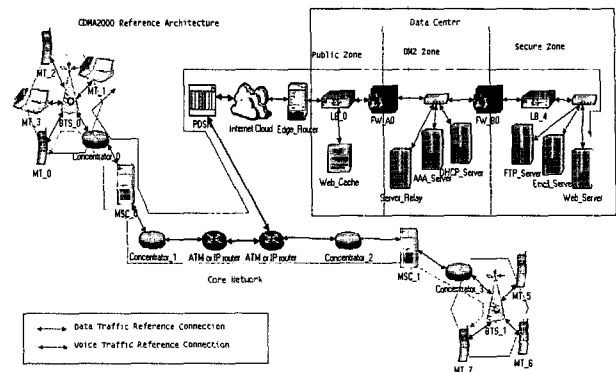


그림 1. CDMA2000 참조망 구조 모델

Fig. 1. Reference network model for CDMA 2000.

II. 참조 망 구조 및 참조 연결 모델

CDMA 기술로는 현재의 3G 1X-RTT 기술과 3G+ (1X-EV) 네트워크를 고려하였다. 표준화 제안서에 의하면 3G-1X 시스템은 사용자 데이터 전송율로 9.6 Kbps에서 2.4 Mbps를 제공하도록 설계되어있다^[9]. 그림 1은 본 논문에서 사용한 CDMA 2000 망의 참조 구조 모델을 보여주고 있다. 참조구조망은 크게 네 부분으로 구분될 수 있으며, 액세스망 (RAN), 코어망 (CN), 인터넷 및 데이터 센터가 포함된다. 각 세부 망 구조를 살펴보면, 액세스망은 이동단말기(MT : Mobile Terminal), BTS(Base Station Transmission system), BSC (Base Station Controller), MSC(Mobile Switching Center) 및 ATM 또는 IP 집선기(concentrator) 등이 포함된다. 코어망 구조는 ATM 스위치 또는 IP 라우터 등으로 구성된 백본망과 PDSN(Packet Data Serving Node)을 포함하고 있으며, 데이터 센터망은 외부의 침입과 해킹을 방지하기 위하여 공용영역 (Public Zone), DMZ (Demilitarized Zone) 및 안전영역으로 구분되며 각 영역 간에는 방화벽으로 보호되어진다.

참조 연결(reference connection)로는 참조망 구조 내에서 데이터 서비스와 음성서비스로 나누어 고려하였으며, 그림 1에서 표시하였다.

III. 프로토콜 구조 및 모델

본 논문에서는 액세스망과 코어망에서의 패킷 전송 계층 기술로서 ATM 과 IP 기술을 고려하였다. ATM 기술을 사용하는 망 구조에서 BTS는 무선 단말기에서 전송 받은 무선 패킷 프레임을 ATM 패킷으로 변환하여 MSC 또는 RNC (All IP의 경우)에 전송한다. 음성

의 경우 AAL2를 사용하여 멀티플렉싱하며, 데이터 패킷의 경우에는 AAL5를 사용한다. 이때 BTS와 MSC 사이에는 ALL2 스위칭 기능이 가능한 ATM 스위치가 위치하여 집선기 역할을 할 수 있는 구조를 갖을 수도 있다. IP 전송기술을 사용하는 구조에서는 BTS가 무선 패킷 프레임에 IP 패킷에 실어 T1 링크를 통하여 전송하면 IP 라우터가 이 패킷을 받아 MSC에서 Ethernet 또는 T1을 통하여 전송하는 구조를 갖는다. 이러한 두 가지 구조를 갖는 망의 프로토콜의 스택은 그림 2와 3에서 각각 보여주고 있다. 본 연구에서 사용한 무선 채널 모델은 링크레벨 시뮬레이션 결과를 사용하였다. 링크레벨 시뮬레이션의 결과인 저장 트래픽 파일(traced file)은 프레임의 에러를 구분할 수 있는 인덱스를 포함하고 있으며, 각 프레임별 에러율은 시간 축 상에서 서로 상관관계를 가지고 있다. 이때 프레임 에러율은 1%, 4% 또는 10% 를 고려한다.

무선 환경상에서 실제 사용자 서비스의 성능에 큰 영향을 주는 프로토콜 스택으로는 RLP(Radio Link Protocol)와 MAC 프로토콜이 있다. 그 중 MAC 프로토콜의 주요 두 가지 기능을 살펴보면, 패킷의 best effort delivery와 서비스 QoS에 따른 우선순위 패킷서비스를 들 수 있다^[10]. 따라서 MAC 프로토콜 세부계층에서는 여러 사용자들의 패킷들 간의 우선순위를 결정하고 무선 채널을 할당하며, layer 2 SDU (Service Data Unit)를 실제 물리계층의 프레임에 맞게하는 멀티플렉싱 기능을 포함한다.

CDMA2000 시스템은 무선 채널의 프레임에러를 극복하기 위해 RLP 프로토콜을 사용한다. RLP 프로토콜은 NAK(Negative Acknowledgment)를 사용하는 ARQ(Automatic Repeat Request)방식을 사용한다. 본 논문에서는 (2,3) RLP를 사용한다^[11]. (2,3) RLP 프로토콜이란 수신 측에서 RLP 프레임의 에러 또는 분실을 발견하면, 2개의 NAK를 송신 측에 보낸 후 재 전송 타이머를 구동하고 만일 재 전송 타이머의 시간이 경과하도록 또 다시 프레임을 수신하지 못하면, 3개의 NAK을 송신 측에 보내는 방식이다. 만약 두 번째 재 전송 요청에서도 프레임을 수신하지 못하면, 그 상태에서 IP 패킷을 구성하여 상위 계층으로 전송한다. 본 논문의 시뮬레이터에서는 IS-2000 RLP3에 근거하여 RLP 프로토콜의 방식을 자세히 구현하였다.

사용자 관점에서의 성능에 영향을 주는 또 다른 주요 요소로는 MSC 또는 RNC 내부의 패킷 스케줄러가 있다. 3G-1X RTT의 경우, 단말기의 데이터 전송속도는

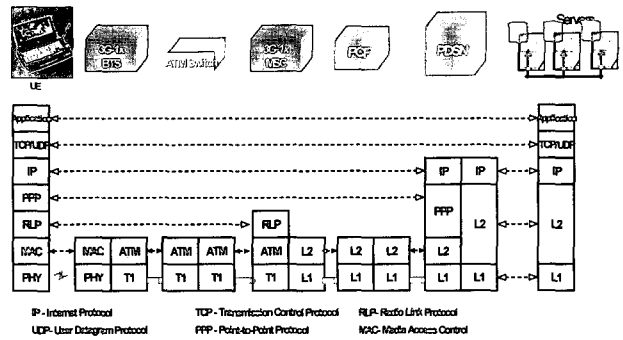


그림 2. ATM 기반 CDMA2000 프로토콜 스택모델
Fig. 2. Protocol stack model for ATM transport CDMA2000.

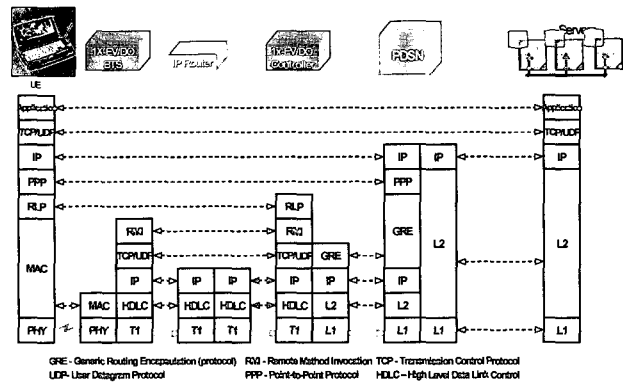


그림 3. IP기반 CDMA2000 프로토콜 스택모델
Fig. 3. Protocol stack model for IP transport CDMA2000.

MSC 내의 RLP 버퍼의 크기, Walsh 코드의 수, 송신 전력(power)요구 등의 여러 가지 요인에 의하여 결정된다. 3G-1X EV 시스템에서는 RTT와는 달리 단말기의 수신 강도에 의하여 단말기의 전송속도가 결정되어지며, 현재 일반적으로 많이 사용하고 있는 방식중의 하나가 부분 공정 스케줄링(proportional fair scheduling) 방식이다^[12]. 이 방식은 시스템의 용량을 최대한 사용하며 상대적으로 공정하게 각 단말기에 전송속도와 기회를 부여하는 방식으로서, 단말기의 전송기회를 DRC/R의 값에 의하여 결정한다. 이때, DRC(Data Rate Control)는 현재 단말기가 요청하는 데이터 전송속도이며, R은 이전 측정윈도우에서의 누적된 단말기의 전송속도이다. 본 논문에서의 3G1-X EV 시스템의 경우는 부분 공정 스케줄링 방식을 사용하였다.

IV. 서비스 트래픽 모델

1. Foreground 트래픽 모델

본 논문에서는 응용 계층의 트래픽을 발생하기 위하여 계층구조의 모델을 사용하였으며, 서비스의 종류로서 음성 트래픽과 웹브라우저 트래픽을 고려하였다. 음

성 트래픽의 경우, 호 계층과 패킷 계층의 두 계층으로 패킷을 발생하며, ON 상태와 OFF 상태로 나누고 각각의 기간은 평균 3 초의 지수 분포를 따른다. 즉 음성의 activity factor는 0.5로 사용하였다. 각 단말기들은 ON 상태의 기간 동안 평균 8 Kbps의 Enhanced Variable Rate Codec (EVRC) 음성 패킷을 20 msec 마다 생성한다^[13].

웹브라우저 트래픽의 경우에는 3GPP2 에서 정의한 방식과 분포 및 평균값들을 사용하였다^[14]. 웹브라우저 트래픽은 세 단계의 계층구조로 발생하며, 각 세션에서의 페이지 특성, 페이지내의 오브젝트의 특성들의 분포, 크기 등은 3GPP2 의 표준안에 근거하여 설정하였으며, 각 파라미터는 표 1에서 정리하였다. 이러한 서비스 트래픽을 foreground 트래픽으로 사용하여 시뮬레이션 하여 세부 사용자 성능을 측정하였다.

2. Background 트래픽 모델

Foreground 트래픽을 사용하여 수 천개 또는 수 만개의 세션에 대하여 시뮬레이션을 하면 컴퓨터 메모리 부족 및 긴 시뮬레이션 실행시간 등의 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 foreground 트래픽의 특성 및 큐잉 영향 등을 그대로 반영하며 메모리 문제와 시뮬레이션 시간을 해결하기 위한 방법으로 background 트래픽 모델과 egress 버퍼에서의 대기시간을 효율적으로 계산하는 알고리즘을 제안하여 사용한다. 다양한 long range dependant 형태의 트래픽 발생^{[15],[16]} 및 재생성 방법^{[17],[18]}들을 고려하였으나, 실제 시뮬레이션에서 사용하기에는 계산 및 수행속도에 느리기 때문에 본 연구에서는 저장 트래픽 파일 (traced traffic file) 을 사용하여 background 트래픽을 생성하는 모델을 사용하였다. 예를 들어 웹브라우저의 경우, 저장 트래픽 파일의 생성은 1000 세션의 트래픽을 각 링크에서 시뮬레이션을 통하여 수집하고, 이 파일을 사용하여 각 링크에서의 원하는 트래픽 양으로 변경하여 사용하였다. 이때, 저장 트래픽 파일에서의 각 패킷들의 도착간 시간(inter-arrival time)을 조정하여 원하는 양의 트래픽 양을 생성한다. 이렇게 사용한 저장 트래픽 파일에는 각 트래픽 세션의 TCP 프로토콜에 의한 트래픽 양의 분포 특성을 유지하므로 실제 원하는 양에서의 트래픽들의 TCP 프로토콜 특성을 반영할 수 있다. 또한 이러한 background 트래픽 부하를 실제 egress 버퍼에서 처리하게 되면, 프로세싱 시간이 길어져 시뮬레이션의 실행 시간이 길어지는데, 본 연구에서는 background 트래픽

부하의 큐잉 지연시간을 Lindley recursion 식을 이용하여 계산하여 처리함으로써, 시뮬레이션 실행 시간을 단축하였다. Lindley recursion 식은 다음 식 1과 같다

$$W_q^{(n+1)} = \begin{cases} W_q^{(n)} + S^{(n)} - T^{(n)}, & \text{if } W_q^{(n)} + S^{(n)} - T^{(n)} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

이때, $W_q^{(n+1)}$ 와 $W_q^{(n)}$ 는 $(n+1)$ 번째 패킷의 대기시간과 n 번째 패킷의 대기시간을 각각 의미하고, $S^{(n)}$ 은 n 번째 패킷의 서비스 시간이며, $T^{(n)}$ 은 n 번째와 $(n+1)$ 번째 패킷간의 도착시간을 의미한다.

V. 시뮬레이션 모델

1. 망 구조 모델

본 논문에서는 음성 서비스와 데이터 서비스 시나리오를 고려한다. 우선 음성 서비스는 이동 단말기간의 음성 호 연결을 사용하였다. 그 이유는 이 경우의 음성 서비스 연결이 상대적으로 가장 나쁜 성능을 보이기 때문이다. 코어망의 구조로는 2.5 G 탠덤 백본망, 3G ATM 백본망과 3G+ IP 백본망 모델을 사용하였다. 상세한 참조연결과 참조 망 구조 모델을 그림 4에 보이고 있다. 다양한 망구조 및 연결에 대하여 사용자측면에서의 성능을 평가하기 위하여 다음과 같은 다섯 가지의 시나리오를 설정하였다.

- 시나리오 1 (2.5G, 탠덤스위치 모델): 단말기에서 음성 패킷 (EVRC 코덱 트래픽)이 생성되면, BTS로 전송되고, BTS에서는 ATM/AAL2를 사용하여 패킷을 MSC에게 보낸다. MSC 내의 IWF은 EVRC 패킷을 64 Kbps의 PCM패킷으로 변환하여 탠덤스위치에게 보낸다. 탠덤스위치는 수신된 패킷을 PSTN을 통하여 전송하며, 이후의 구조는 대칭적이다.
- 시나리오 2 (3G ATM, G.711 모델): 단말기에서 MSC까지의 전송은 시나리오 1과 동일하지만 IWF이 64 Kbps PCM 패킷을 미디어 게이트웨이에게 전송한다. 이때 미디어 게이트웨이는 PCM 패킷을 ATM/AAL1을 사용하여 ATM 코어망에게 전송한다. 이후의 구조는 대칭적이다.
- 시나리오 3 (3G ATM, G.726 모델): 단말기에서 미디어 게이트웨이까지의 전송방식은 시나리오 2와 동일하나, 미디어 게이트웨이는 수신된 PCM 패킷을 32 Kbps G.726 ADPCM 패킷형태로 변환한 후 ATM/AAL2를 이용하여 ATM 코어망에게 전송하게 되며, 이후는 대

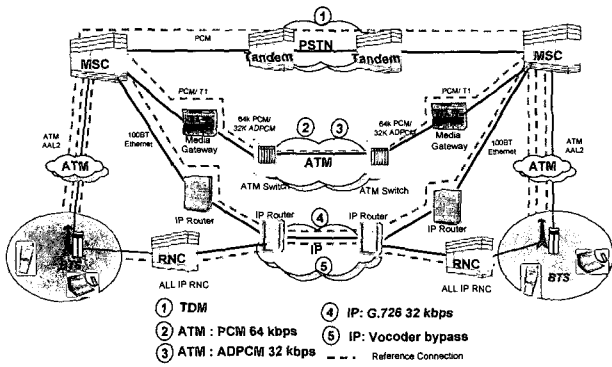


그림 4. 음성서비스 참조망 및 참조연결 모델
Fig. 4. Voice reference architecture and connection model.

칭적인 구조를 갖는다.

- 시나리오 4 (3G+ IP, VoIP 모델): MSC 는 EVRC 패킷을 32 Kbps G.726 ADPCM 패킷으로 변환한 후 100BT Ethernet을 사용하여 IP 기반의 미디어 게이트웨이에게 전송하며, 미디어 게이트웨이는 수신한 패킷을 IP 코어망에게 전송하며 이후는 대칭적인 구조를 갖는다.

- 시나리오 5 (3G+ ALL IP, VoIP, 보코더 바이패스): 이 구조는 ALL IP망구조로서, 호를 발생한 단말기에서 호가 도착하는 단말기까지 EVRC 코덱 패킷이 바로 전송된다. 또한 모든 망 구성 요소들은 IP 기반의 장비들로 구성되어있다.

또한, 액세스망의 전송기술로는 ATM, HDLC over T1과 100BT Ethernet을 고려하였다.

2. 망 구성 요소 및 물리계층 모델

데이터 센터망의 구성요소로는 두개의 방화벽과 두개의 트래픽 분산기 (load balancer), 세 개의 라우터모델을 사용하였으며, 코어망 구성요소로는 미디어 게이트웨이, ATM 스위치, IP 라우터모델을 구현하여 사용하였다. 액세스망 구성요소로는 MSC (2.5G, 3G모델용), RNC(3G+ 모델용), BTS 및 단말기모델을 세부적으로 구현하여 사용하였다. 각 구성요소에서의 패킷 처리시간은 3GPP의 표준안에 근거하여 설정하였고 [19], 망 구성 요소 모델로는 그림 2와 3에서 보이고 있는 각 프로토콜 스택을 상세히 구현하였다.

단말기와 MSC내에서의 RLP 프로토콜은 IS-2000의 RLP3 프로토콜의 표준안에 근거하여 구현하였다. 또한, 무선 채널 모델은 링크계층의 시뮬레이션 결과인 프레임 추적파일 (traced frame file)을 사용하였으며, 이 파일에는 각 무선채널 프레임의 전송에러 여부가 기록되

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameter.

구분	내용	참조
음성 트래픽	EVRC 8 Kbps	[13]
웹브라우징 트래픽	HTTP v. 1.0 and 1.1 Main Object size: lognormal (10.8, 250) Kbyte Embedded object size : lognormal (7.8, 126) Kbyte Number of objects per page : Pareto shape :1.1 , location: 55	[14]
TCP 파라미터	Windows 2000 based parameters MSS - 576 bytes Window size 16 Kbytes VJ header compression : No	[14]
Data Rate (Kbps)	.6, 153.6, 2000, 2400	[9]
# of RLP round	5	[11]
음성코딩방식	EVRC, G.711, G.726	
IP 패킷처리시간	100 usec	[19]
Frame Error Rate	0.01, 0.04, 0.1	
Processing time (msec)	UE - forward : 36.55, reverse : 63.05 BTS - forward : 15, reverse : 9 MSC/RNC forward : 7, reverse : 7 ATM/IP router : 0.1 Internet : 1.0	[19]

어 있다. 링크레벨 시뮬레이션 모델로는 각 이동 단말들이 셀 내에 uniform한 분포로 위치하고 있으며, 각 단말기는 최악의 단일 Rayleigh 경로의 페이딩 환경에서 3 Km/h로 이동한다고 가정하였다. 3G 1X-RTT 모델의 경우에는 3장에서 언급한 바와 같이 단말기의 데이터 전송을 요구에 대하여 전송 파워를 분배하는 패킷 스케줄러를 사용하였으며, 3G 1X-EV 모델에 대해서는 채널의 수신강도를 이용하는 부분 공정 패킷 스케줄링 방식을 사용하였다^[12]. 그 외의 시뮬레이션에서 사용한 파라미터들은 표 1에서 정리하였다.

VI. 시뮬레이션 결과 및 고찰

1. 음성서비스 성능 평가

음성서비스의 단대단 패킷전송시간은 그림 5와 같다. 각 바 그래프 중 밑의 부분은 상향 (reverse) 패킷 전송 지연시간(단말기에서 MSC까지)을 의미하고, 중간부분은 코어망 패킷 전송지연시간을 의미하며, 윗부분은 하향 (forward) 패킷전송 지연시간(MSC에서 단말기까지)을 나타낸다. 이 때, 각 망 구성 요소에서의 back-ground 트래픽 부하는 40%를 설정하였다. 그림 5에서 시나리오 2 (3G ATM, G.711 모델), 시나리오 3(3G ATM, G.726 모델)의 음성 패킷 전송시간은 시나리오 1(2.5G 탠덤 스위치 모델)에 비하여 약간 증가한 것을 볼 수 있는데, 그 이유는 시나리오 2와 3에서는 코어망에서의 ATM 처리시간에 의한 지연에 기인하며, 시나

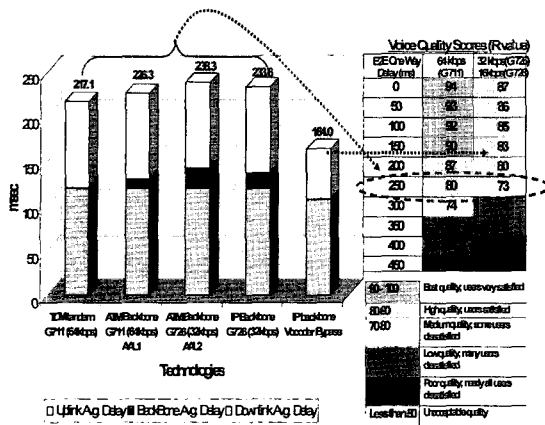


그림 5. Technology evolution에 대한 음성 단대단 패킷 전송시간

Fig. 5. End-to-end voice packet delay for technology evolution.

리오 3의 경우는 AAL2 처리시간 및 AAL2의 멀티플렉싱에 필요한Timer_CU (2msec)의 지연이 포함되어 있기 때문이다. 시나리오 4(3G+ IP, VoIP 모델)의 경우 시나리오 2에 비하여 음성 패킷 전송시간이 약간 크게 나타나는데, 이러한 현상은 EVRC 음성 패킷과 같이 패킷크기가 작은 경우에 ATM에 비하여 IP패킷의 헤더 오버헤드가 더 크기 때문에 나타난다. 시나리오 5(3G+ ALL IP, VoIP, 보코더 바이패스)의 경우는 단말기에서 발생한 EVRC 패킷이 다른 음성 코딩방식으로의 변환 없이 그대로 상대 단말기까지 전송하기 때문에 시나리오 3과 비교해보면 약 30%의 패킷 전송시간이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 그림 5의 우측 도표는 [20]의 논문에서 인용한 것으로서 E model의 R 값을 사용하여, 음성 패킷의 단방향(one-way) 전송시간에 따른 음성 통화 품질을 나타내고 있다.

시뮬레이션 결과를 도표와 비교해보면, 시나리오 1, 2 및 5는 high quality의 품질성능을 나타내고, 시나리오 3, 4의 경우 medium quality의 품질 성능을 보이고 있다. 시뮬레이션의 결과로, 음성 서비스의 경우 ATM 전송기술에서 IP 전송기술로의 진화에 따른 뚜렷한 성능 개선은 볼 수 없는 반면에 보코더 바이패스 시나리오의 경우 패킷 전송시간이 급격히 줄었으며, 음성 품질 또한 개선된 것을 볼 수 있었다. 이 경우, 망 구성요소들에서 또 다른 음성 코딩방식으로의 변환에 따른 코딩 에러를 고려한다면 음성품질의 향상은 더욱 개선될 것이다. 따라서 CDMA2000 시스템에서 VoIP를 제공하기 위해서는 보코더 바이패스 기술의 적용이 가장 좋은 솔루션으로 고려되어진다.

표 2. 데이터 background 트래픽 증가에 대한 단대단 음성 패킷전송시간

Table 2. End-to-end Voice packet delay for data background traffic load.

데이터 Background 트래픽 부하	평균 음성 패킷 전송시간 (msec)	95% 음성 패킷 전송시간 (msec)	평균 패킷 지터 (msec)
0%	219	219.8	0.0043
10%	221	222.7	0.426
30%	229	246.5	1.51
40%	233	261.8	1.99
70%	266	360.4	6.4
80%	301	425.9	12.4

다음으로 데이터 트래픽 부하의 증가에 따른 음성 서비스의 품질을 알아보기 위하여 각 망 구성요소에서의 데이터 background 트래픽 부하를 0%에서 80%까지 증가하면서 음성 패킷의 단대단 단방향 전송시간을 측정하였다. 음성 패킷의 단대단 평균 전송시간, 95% 패킷 전송시간 및 지터를 표 2에 정리하였다. 이 때, 네트워크에서 QoS처리방식은 전혀 사용하지 않았으며, 시뮬레이션에서는 시나리오 3을 사용하였다. 표 2에서 보듯이 background 트래픽 양이 70%일 때, 이미 음성 패킷의 단방향 전송시간이 266 msec으로 이 값은 일반적으로 셀룰러 망에서 최대 패킷지연시간으로 허용하는 250msec을 초과하는 수치이다. 따라서 데이터와 음성서비스를 동시에 제공하기 위해서는 액세스 망과 코어망에서의 IP QoS를 제공하는 메커니즘이 필수 불가결하다는 것을 알 수 있다.

2. 데이터 서비스 성능평가

가. HTTP v.1.0 vs. HTTP v.1.1

웹브라우저 서비스에서 사용하는 HTTP(Hyper Text Transport Protocol)는 근래에 들어 HTTP v. 1.0 의 변형 및 추가된 기능을 갖는 HTTP v.1.1을 많이 사용한다. 개선된 주요 기능으로는 persistent connection과 파이프라이닝을 들 수 있다.

HTTP의 성능을 비교하기 위하여 시나리오3을 사용하였으며, 평균 웹 페이지 응답 시간 및 95% 페이지 응답시간을 다양한 프레임 에러율에 대하여 시뮬레이션하여 그림 6에 보였다. 이 때 페이지 응답시간이란, 사용자가 서버에 하나의 페이지를 요청한 시점에서부터 페이지내의 모든 오브젝트를 서버로부터 수신할 때까지의 시간을 의미한다. HTTP v.1.1 의 페이지 응답시간은 프레임 에러율 4%와 10%에 대하여 HTTP v.1.0 에

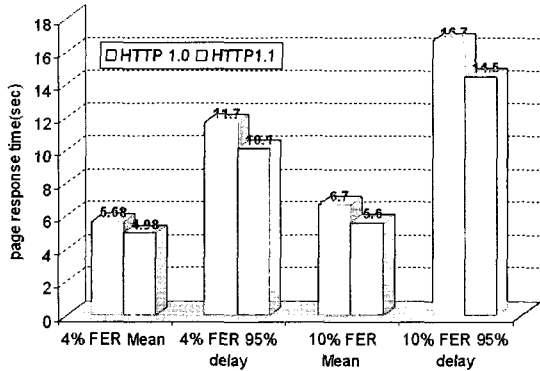


그림 6. HTTP v.1.0 vs. HTTP v.1.1 페이지 응답시간 비교
Fig. 6. Page response time for HTTP v.1.0 vs. HTTP v.1.1.

비하여 각각 12.3% 와 16.7%의 개선을 보였으며, 이러한 현상은 무선에서의 프레임 에러율이 증가함에 따라 각 오브젝트의 요청 패킷의 재전송이 증가하고, TCP 패킷 프레임의 재전송 수가 증가하는데, HTTP v.1.1의 경우 HTTP v.1.0에 비하여 오브젝트 요청 패킷의 수가 적고, TCP 연결의 수가 적어 이에 대한 전송시간과 오버헤드가 줄기 때문으로 해석된다. 프레임 에러율이 증가하는 경우 RLP에 의하여 어느 정도의 프레임에러가 극복되기는 하지만 RLP의 재 전송횟수 제한으로 완전히 극복되기 어려우며, 이러한 경우에는 사용자와 서버간의 TCP 재전송이 이루어진다.

나. 액세스망에서의 ATM vs. IP

현재의 CDMA2000 네트워크의 액세스망에서 대부분 ATM 전송기술을 기본으로 사용하고 있으나, 근시일내에 IP 전송기술로 진화할 것이다. ATM과 IP 전송기술 진화에 따른 데이터 사용자의 성능을 평가하기 위하여 액세스망에서 ATM(ATM over T1)과 IP(HDLC over T1, 100BT Ethernet) 전송기술을 사용하여 웹브라우저 서비스의 페이지 응답시간을 시뮬레이션 하여 그림 7에 나타내었다. 다른 시뮬레이션 조건은 HTTP 시뮬레이션의 경우와 동일하게 설정하였다. 프레임 에러율이 낮을 때는 전송기술에 대한 사용자 성능의 차이가 별로 없으나, 프레임 에러율이 10%인 경우 ATM 기술에서 HDLC 및 Ethernet의 전송기술 진화에 따라 각 15.6% 와 21.7%의 페이지 응답시간 성능이 개선되는 것을 볼 수 있다. 이러한 이유는 링크레벨의 전송속도 증가와 ATM에 비하여 상대적으로 IP 계층의 적은 헤더 오버헤드에 기인하는 것으로, 데이터 서비스의 경우 무선 환경에 좋지 않은 경우 IP 전송 방식이 우수한 성능을

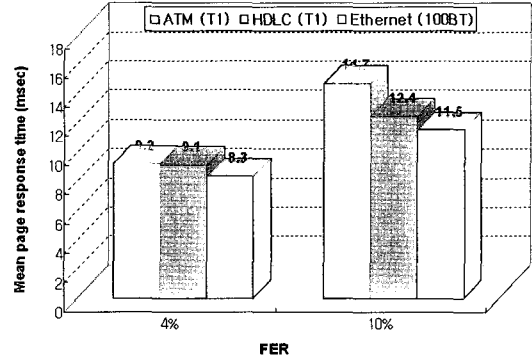


그림 7. 페이지 응답시간 대 액세스망에서의 전송 기술
Fig. 7. Page response time vs. RAN transport technologies.

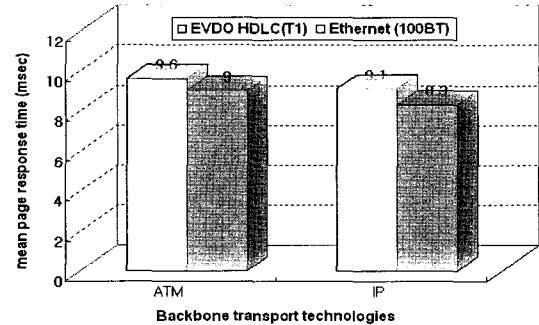


그림 8. 코어망에서의 ATM과 IP 기술에 따른 웹페이지 응답시간 비교
Fig. 8. Web page response time for ATM and IP CN transport technologies.

보인다는 것을 알 수 있으며, 이러한 현상의 그림 5에서의 사용자 payload가 작은 음성의 경우와는 반대현상으로 나타난다.

다. 코어망에서의 ATM vs. IP

코어망에서도 마찬가지로 IP 전송기술이 사용자 QoS를 완전히 제공하기 전까지는 기존의 ATM 전송 기술의 사용이 불가피하다. IP 전송기술의 장점으로는 그림 9에서와 같이 데이터 전송의 경우 성능이 개선된 면도 있겠지만, 주요 특징으로는 프로토콜의 단순함과, 단일화된 망 관리 시스템의 사용으로 다중 서비스의 관리가 용이함을 들 수 있다. 그림 8에서는 코어망에서의 ATM 또는 IP기술을 사용할 때의 웹 페이지 응답시간을 비교하고 있다.

코어망에서의 IP 전송기술은 ATM에 비하여 HDLC over T1 및 Ethernet 액세스망에 대하여 약 5.2%와 7.7%의 성능이 개선된 것을 볼 수 있다. 분석 결과는 액세스망의 전송기술 비교에서와 유사한 결과를 보이고 있으며, IP 전송기술로의 진화에 따르는 막대한 비용을

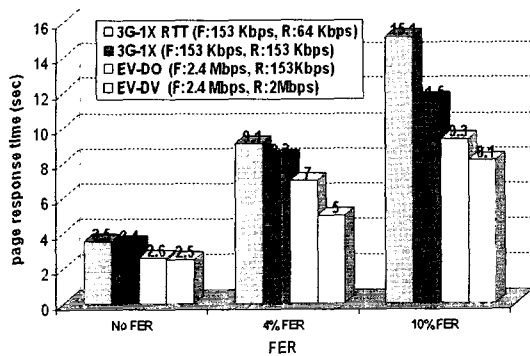


그림 9. 3G 기술 진화에 따른 웹페이지 응답시간비교
Fig. 9. Web page response time for 3G technology.

고려하면, 사용자 측면에서의 성능 개선은 상대적으로 그리 크지 않다고 할 수 있다.

라. 3G-1X RTT vs. 3G-1X EV

3G 무선 전송기술의 진화에 따른 데이터 사용자의 성능 개선을 알아보기 위하여 3G-1X RTT 및 3G-1X EV 모델에서 상하향 전송속도를 고정하여 웹브라우저 서비스의 페이지 응답시간을 그림 9에서 비교하였다. 이때 100BT Ethernet 액세스 망과 IP 기반 코어망 모델을 사용하였으며, 그림 9에서 F는 forward 채널 데이터 전송율을 나타내며, R은 reverse 채널의 데이터 전송율을 나타낸다. 무선 채널의 프레임에러가 없다고 가정된 모델에서는 각각 시나리오에 대하여 페이지 응답 시간의 성능 차이는 그리 크지 않으나, 프레임 에러율이 10%일 경우, 3G-1X EV s의 경우 3G-1X (F:153 Kbps, R:64 Kbps)에 비하여 46%의 패킷 전송시간 성능이 개선된 것을 알 수 있었다. 3G-1X EV 시스템의 경우 3G-1X RTT에 비하여 전송속도가 크게 개선될 것이며, 프레임의 에러 발생시 패킷 재전송 속도의 증가로 실제 사용자 측면에서의 성능은 크게 개선될 것이다.

VII 결 론

본 논문에서는 CDMA2000 네트워크에서의 사용자 측면의 성능을 평가하기 위하여 단대단 성능분석 시뮬레이터를 개발하였으며, 사용자 트래픽 모델, back-ground 트래픽 모델과 지연계산 모델, 구성요소의 모델 및 망 구조 모델 등을 기술하였다. 또한, 2.5G에서 3G+ 네트워크로의 진화, 음성 코딩방식의 변화, ATM에서 IP 전송 기술로의 전송 기술의 진화, 프레임 에러

율의 변화 등에 대하여 음성과 데이터 서비스의 사용자 측면에서의 성능을 평가하였다.

음성 서비스의 시뮬레이션 결과에 의하면 전송기술의 변화에 따른 성능 보다는 보코더 바이패스 방식을 사용함으로써 성능 개선이 뚜렷하였으며, 데이터 전송과 동시의 서비스를 위해서는 IP 액세스 망과 코어망에서의 적절한 QoS 메커니즘이 필수 불가결하다는 것을 확인할 수 있었다. 데이터 서비스 중 웹브라우저의 경우 HTTP v.1.1이 상대적으로 HTTP v.1.0에 비하여 우수한 성능을 보였으며, IP 전송기술의 진화에 따른 단대단 패킷 전송시간의 성능개선이 있었으나, 이에 비하여 3G-1X EV 서비스의 전송속도 증가에 대한 단대단 패킷전송시간의 성능이 크게 향상되는 것을 볼 수 있었다. 전체 시뮬레이션의 결과로 미루어볼 때, ATM 기술에서 IP 기반 망으로의 진화에 따른 사용자 측면의 성능 개선은 투자비용에 비교하면 그리 크지 않다고 할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 기술적 진화는 사용자의 응용 서비스 측면 뿐만 아니라, 망 전체의 신뢰성, 장비 투자비용 (CAPEX: Capital Expenditure), 망 관리 비용(OPEX: Operation Expenditure) 등을 고려하여 진화의 시기를 적절하게 조절하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS 22.105 V4.3.0 "Services and Service Capability (R4)" 2002-03
- [2] 3GPP TS 23.107 V4.5.0 "Quality of Service concept and architecture (R4)" 2002-09
- [3] 3GPP TS 23.207 V5.8.0 "End-to-end Quality of Service concept and architecture" 2003-06
- [4] Z. Dziong, F. Khan, K. Medepalli and S. Nanda, "Wireless Internet Access Using IS-2000 Third Generation System: A Performance and Capacity Study," Wireless Networks, vol. 8, pp. 325-336, 2002.
- [5] E. Chaponniere, S. Kandukuri and W. Hamdy, "Effect of physical layer bandwidth variation on TCP performance in CDMA2000," IEEE Vehicular Technology Conference Spring 2003, Jeju, Korea.
- [6] F. Li, M. Nguyen and W. Seah, "QoS Support in IP/MPLS-based Radio Access Networks," IEEE Vehicular Technology Conference Spring 2003, Jeju, Korea
- [7] O. Sallent, J. Romero, R. Agustí and F. Casadevall, "Provisioning Multimedia Wireless Networks for Better QoS: RRM Strategies for 3G W-CDMA,"

- IEEE Commun. Mag. pp. 100-106, Feb., 2003.
- [8] D. J. Houck, B. H. Kim and J. H. Kim, "End-to-end UMTS Network Performance Modeling", Network 2002, Germany, 2002.
- [9] 3GPP2 S. R 0023 V.2.0, "High-Speed Data Enhancements for cdma2000 1x Data Only" 2000-11
- [10] 3GPP2 C. S0003-C V.1.0 "MAC Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems , Release C" 2002-02
- [11] TIA/EIA/IS-707-A-1.10, "Data Service Options for Spread Spectrum Systems: Radio Link Protocol Type 3"
- [12] A. Jalali, R. Padovani and R. Pankaj, "Data throughput of CDMA-HDR a high efficiency-high data rate personal communication wireless system", IEEE Vehicular Technology Conference, Tokyo, May, 2000.
- [13] 3GPP2 C.S0014-0 V.1.0, "Enhanced Variable Rate Codec", 1999-12
- [14] 3GPP2 TSG-C.R1002, "1xEV-DV Evaluation Methodology (V13)" 2003.
- [15] A. Reyes-Lecuona, et al., "A page oriented WWW traffic model for wireless system simulations", Proceedings of ITC-16, pp. 1271-1280, 1999.
- [16] V. Paxson, "Empirically-Derived Analytic Models of Wide-Area TCP Connections," IEEE/ACM transaction on Networking, 2(4), pp. 316-336, Aug., 1994.
- [17] R. Jain and S. Routhier, "Packet Train-Measurements and New Model for Computer Network Traffic," IEEE JSAC vol. SAC. 4, No. 6, Sep., 1986.
- [18] M. Lucas, B. Dempsey, D. Wrege, and A. Weaver, "An Efficient Self-Similar Traffic Model for Wide-Area Network Simulation," IEEE GLOBECOM '97, Phoenix, AZ, Nov., 1997.
- [19] 3GPP TR 25.853 v4.0.0 "Delay Budget within the Access Stratum", 2001-03
- [20] M. Perkins, C. Dvorak, B. Lerich, J. Zebarth, "Speech Transmission Performance Planning in Hybrid IP/SCN Networks," IEEE Commun. Mag. pp.126-131, Jul., 1999.
- [21] <http://www.wow-com.com/>



김재현(정회원)

1991년 2월 한양대학교
전자계산학과 졸업

1993년 2월 한양대학교
전자계산학과 공학석사

1996년 8월 한양대학교
전자계산학과 공학박사

1997년 7월~1998년 6월 UCLA 전기과 Postdoc
연구원

1997년 7월~1998년 9월 IRI Corp. CA, USA

1998년 11월~2003년 2월 Bell Labs, Lucent
Technologies

2003년 3월~현재 아주대학교 정보통신대학
전자공학부 조교수

<주관심분야> 무선 인터넷 QoS, RFID 시스템,
MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16/20>