

WiBro 서비스를 위한 트래픽 모델 분석

최종찬, 이준원, 신선영, 윤영기

SK Telesys 시스템개발실

목 차

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| I. 서론 | IV. 시뮬레이션을 통한 WiBro 트래픽 모델 분석 |
| II. 트래픽 모델 개요 | V. 결론 |
| III. WiBro 트래픽 모델 | |

I. 서론

지난 몇 년 사이 국내에서는 초고속 인터넷 서비스가 세계적으로 유례없이 성공적으로 도입되었고 이동통신 가입자 또한 3,300만 이상으로 거의 모든 국민이 장소의 제약 없이 음성통신 서비스를 사용하고 있다. 이와 같은 이동통신망의 고도화와 인터넷 사용이 생활화 되어 있는 사용자들에게 정지 및 이동 중에 언제, 어디서나 인터넷에 접속하여 저렴한 가격에 고속의 인터넷 서비스를 제공받고 싶은 요구가 자연스럽게 형성되었다. 그러나 기존의 이동통신 시스템은 기지국 구축비용이 높아 무선 인터넷의 이용요금도 높고, 저속의 데이터 속도로 인해 제공할 수 있는 콘텐츠의 제약이 발생한다. 또한 ISM 대역을 이용한 무선 LAN 기술은 핫스팟 지역에서 서비스가 가능하나 전파간섭, 좁은 사용영역 등으로 공중서비스 제공에는 역시 한계가 있다. 이를 위해서 무선 LAN보다 셀 크기가 크고 중저속의 이동성을 지원하면서 서비스 제공이 가능한 휴대 인터넷 (WiBro: Wireless Broadband) 서비스가 절실히 요구되었고 한국정보통신기술협회 (TTA)의 2.3GHZ 휴대인터넷 서비스 표준과 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.16e Mobile WiMAX 표준에 의거하여 2006년 하반기부터 수도권 일부지역에서 WiBro 서비스가 시범적으로 제공되고 있다. 이러한 WiBro 서비스의 주요 특징은 모바일 멀티미디어 기능으로 요약되며, 통신 측면에서는 가입자로부터 발생하는 다양한 음성 및

비음성 멀티미디어 트래픽의 효율적인 처리 능력을 필요로 한다. 따라서 WiBro 시스템의 성능은 다양한 서비스에 따른 트래픽 모델을 기준으로 정의될 것이다. 본 논문에서는 WiBro에서 제공되는 주요 서비스에 대한 트래픽 모델을 제시하고 시뮬레이션을 통한 다양한 트래픽 모델에 대하여 분석 및 검증한다.

II. 트래픽 모델 개요

트래픽 모델은 사용자로부터 발생하는 입력 트래픽과 이를 처리하는 시스템 및 출력 트래픽의 세 부분으로 구성된다. 이들 각각의 구성요소는 트래픽 분석을 위하여 각 요소의 특성을 대표하는 계량적 파라미터가 필요하며, QoS, 시스템 용량, 트래픽 로드 등에 따라서 트래픽 구성 요소별 핵심 파라미터를 정의할 수 있다. QoS는 출력 트래픽 특성을 규정하는 파라미터로서 회선 교환 음성인 경우 시스템 Congestion에 의한 Call 블로킹, 패킷 데이터 서비스의 경우 데이터 패킷의 손실률 또는 지연 등이 QoS 파라미터가 될 수 있다. 시스템 파라미터인 시스템 용량은 주어진 QoS를 만족시키며 입력 트래픽 처리를 위한 시스템 Dimensioning 요소이며, 통신 채널의 수 또는 링크속도 등으로 표현된다. 입력 트래픽 파라미터인 트래픽 로드는 입력 트래픽의 정량적 표현으로 표시될 수 있다.

트래픽 분석을 위한 트래픽 모델은 독립적인 입력 트래픽 모델과 시스템 모델을 각각 필요로 한다. 트래

픽 모델은 서로 다른 통신 서비스에 따라 고유한 트래픽 Attributes를 반영하며 때로는 해당 서비스에 대한 사용자 이용 패턴 및 시스템 응답 특성이 요구되기도 한다. 시스템 모델은 입력 트래픽에 따라 Loss 모델 (음성 트래픽의 경우)과 Queueing 모델 (데이터 트래픽의 경우)로 구분되며, 이러한 두 종류 모델의 조합을 통하여 전체 네트워크를 모델링할 수 있다.

III. WiBro 트래픽 모델

3.1 트래픽 모델 파라미터

트래픽 모델을 구성하는 서비스 종류에는 FTP (File Transfer Protocol), VOD (Video On Demand), VoIP (Voice over IP), HTTP (Hypertext Transfer Protocol)등이 있으며 각 종류에 따른 트래픽 모델 파라미터는 다음과 같다.

1) FTP

FTP 서비스의 경우 다운로드 트래픽 파라미터는 다음과 같다. [7]

- FTP 파일 사이의 간격 (Reading Time)

수식(1)는 포아송(Poisson)분포를 나타내는 확률 분포함수이다.

$$f_x = \lambda e^{-\lambda x}, 0 \leq x$$

$$\lambda = 0.1538 \quad \text{Mean} = 6.58\text{sec}$$

첫 도착은 delay 없음 (1)

여기서 λ 는 분포에서의 확률평균을 나타낸다.

- FTP 파일 사이즈

수식(2)은 로그-정규(Log-normal)분포를 나타내는 확률분포함수이다.

$$f_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], 0 \leq x$$

$$\sigma = 0.35, \mu = 12.15$$

$$\text{Mean} = 200\text{Kbytes}, \text{Std.dev} = 72.947\text{Kbytes}$$

$$\text{Max} = 625\text{Kbytes} \quad \text{Min} = 30\text{Kbytes} \quad (2)$$

여기서, μ 는 표준편차를 σ 는 평균을 나타낸다.

2) VoD

실시간 멀티미디어 서비스인 VoD 서비스의 경우 트래픽 파라미터는 다음과 같다. [7]

- VoD 패킷 사이의 간격

수식(3)은 Truncated Pareto분포를 나타내는 확률분포함수이다.

$$f_x = \frac{\alpha k^\alpha}{x^{\alpha+1}}, k \leq x \leq m$$

$$\alpha = 1.2, k = 2.5\text{ms}$$

$$\text{Mean} = 6\text{ms}, \text{Max} = 12.5\text{ms} \quad (3)$$

여기서 α 는 분산, k 는 최소를 나타낸다.

- 프레임 사이의 간격 및 프레임내 VoD 패킷수

- 프레임 사이의 간격 = 100ms

- 프레임내 VoD 패킷수 = 8

- VoD 패킷 사이즈

수식(4)은 Truncated Pareto분포를 나타내는 확률분포함수이다.

$$f_x = \frac{\alpha k^\alpha}{x^{\alpha+1}}, k \leq x \leq m$$

$$\alpha = 1.2, k = 20\text{bytes}$$

$$\text{Mean} = 50\text{bytes}, \text{Max} = 125\text{bytes} \quad (4)$$

여기서 α 는 분산, k 는 최소를 나타낸다.

3) VoIP

VoIP 서비스의 경우 Constant Burst 트래픽으로 트래픽 파라미터는 다음과 같다. [7]

- 고정된 패킷 사이즈 및 간격

$$2000\text{bytes/sec} \rightarrow 10\text{bytes}/0.005\text{sec}$$

4) HTTP

HTTP는 Broadband 데이터 서비스에서 주된 콘텐츠이며, 주로 웹브라우저 서비스를 의미한다. 이에대한 트래픽 파라미터는 다음과 같다. [7]

- Packet 사이의 간격 (Reading Time)

수식(5)은 포아송(Poisson)분포를 나타내는 확률 분포함수이다.

$$f_x = \lambda e^{-\lambda x}, 0 \leq x$$

$$\lambda = 0.1538 \quad \text{Mean} = 6.5 \text{ sec} \quad (5)$$

여기서 λ 는 분포에서의 확률평균을 나타낸다.

- Embeded Object 수

수식(6)은 Truncated Pareto분포를 나타내는 확률분

포함수이다.

$$f_x = \frac{\alpha k^\alpha}{x^{\alpha+1}}, k \leq x \leq m$$

$$f_x = \left(\frac{k}{m}\right)^\alpha, x = m$$

$$\alpha = 1.1, k = 2, m = 55$$

$$\text{Mean} = 7.64, \text{Max} = 53$$
(6)

여기서 α 는 늘 \downarrow , \leq 는 최소, m 은 최대를 나타낸다.

● Main Object 사이즈

수식(7)은 로그-정규(Log-normal)분포를 나타내는 확률분포함수이다.

$$f_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], 0 \leq x$$

$$\sigma = 1.37, \mu = 8.35$$

$$\text{Mean} = 10779 \text{bytes}, \text{Std.dev} = 25032 \text{bytes}$$

$$\text{Min} = 100 \text{bytes}, \text{Max} = 2 \text{Mbytes}$$
(7)

여기서, σ 는 표준편차를 μ 는 평균을 나타낸다.

● Embedded Object 사이즈

수식(8)은 로그-정규(Log-normal)분포를 나타내는 확률분포함수이다.

$$f_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], 0 \leq x$$

$$\sigma = 2.36, \mu = 6.17$$

$$\text{Mean} = 7247 \text{bytes}, \text{Std.dev} = 126168 \text{bytes}$$

$$\text{Min} = 50 \text{bytes}, \text{Max} = 2 \text{Mbytes}$$
(8)

여기서, σ 는 표준편차를 μ 는 평균을 나타낸다.

3.2 시뮬레이션 환경

WiBro 트래픽 모델 시뮬레이션을 위하여 총 19개의 육각 셀로 구성된 멀티셀 환경을 기준으로 사용자 발생시 면적대비 사용자 수를 일정하게 유지하기 위해 육각셀을 일정한 간격의 10개의 링으로 나누어 각 링의 면적비에 따라 사용자를 랜덤하게 할당한다. 그리고, 중앙 셀을 기준으로 첫 번째 tier는 6개, 두 번째 tier는 12개로 구성한다. 그리고 각 셀에서의 loading은 Other Cell Loading Factor=1 즉, Full Load만을 고려한다. 또한, 각 사용자의 위치 변화는 각 채널 유형에 따라 변화하게 되고, 그에 따라, 각 사용자의 MCS도 변화하게 된다.

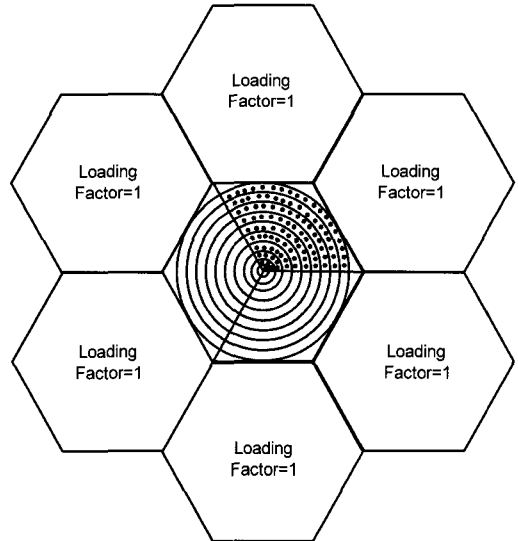


그림 1. 셀터당 사용자 발생 방법

각 단말의 CINR값은 순시적인 전파환경을 바탕으로 아래의 계산 방식을 따른다.[7]

$$(C/I)_{OFDM} = \frac{\sum_{j=1}^J \|\gamma_j\|^2}{G^{-1} + \sum_{k=1}^K \|\psi_k\|^2}$$
(9)

여기서,

G : 섀도잉 (Shadowing)과 Pathloss만을 고려한 Geometry

{ γ_j } : 보호구간 안에 존재하는 다중경로 페이딩 성분

{ ψ_k } : 보호구간 밖에 존재하는 다중경로 페이딩 성분

단말과 기지국간의 거리에 따른 감쇄 성분을 나타내는 Pathloss는 ITU Vehicular Model을 사용하며 다음과 같이 표현된다.

$$L_d(D) = 40 \times (1 - 4 \times 10^{-3} \Delta h_b) \times \log_{10}(D) - 18 \times \log_{10}(\Delta h_b) + 21 \times \log_{10}(f) + 80$$
(10)

여기서,

D : 단말과 기지국간의 거리 (Km)

Δh_b : 기지국의 높이 (m)

f : Carrier 주파수 (MHz)

그 외의 트래픽 모델 분석을 위한 시뮬레이션 환경은 다음 표와 같이 설정하며, 이는 사용 시 실제 환경

에서 발생할 수 있는 모델을 기준으로 한다.

표 1. 시뮬레이션 환경

구분	설정
채널 할당	DL: Band AMC 50%, FUSC 50% UL: Band AMC 50%, PUSC 50%
채널 유형	Ped A 40%, Ped B 30%, Veh A 30%
잡음 레벨	DL : -127.1dBm/Carrier UL : -130.1dBm/Carrier
스케줄링	PFRS
사용자수	셀당 50명
심볼비	DL:UL = 24:12
송신전력	DL : 20W, UL : 200mW
안테나이득	DL : 15dBi, UL : 0dBi
안테나높이	20m
주파수대역	2.3GHz
커버리지	1Km
재전송횟수	3회

채널 할당과 채널 유형은 상용 시스템과 유사한 비율로 설정하였다.

또한, 잡음 레벨은 수식(11)에서 유도 하였다.

$$\begin{aligned}
 N_0 &= kTF = 1.38 \times 10^{-23} \times 293 \times F = -174(\text{dBm} / \text{Hz}) + NF(\text{dB}) \\
 &= -167(\text{dBm} / \text{Hz}) \quad \text{where } NF(\text{Noise Figure}) = 7\text{dB} \\
 N_0B &= -167 + 39.9 = -127.1\text{dBm} / \text{Carrier} (\text{Downlink}) \quad B = 9.765625\text{kHz}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

하향링크 Background Noise : -127.1 dBm/Carrier

상향링크 Background Noise : -130.1 dBm/Carrier

IV. 시뮬레이션을 통한 WiBro 트래픽 모델 분석

4.1. 시뮬레이션 결과 및 분석

WiBro 트래픽 모델을 분석하기 위한 시뮬레이션 항목으로는 FTP, VOD, VoIP, HTTP이 있으며 그 결과는 다음과 같다.

1) FTP

그림 2는 사용자 증가에 따른 FTP cell throughput

그래프이다.

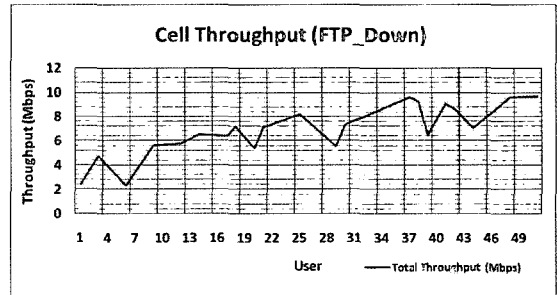


그림 2. FTP Cell Throughput

그림 3은 FTP 각 사용자 당 평균 throughput을 나타내는 그래프이다.

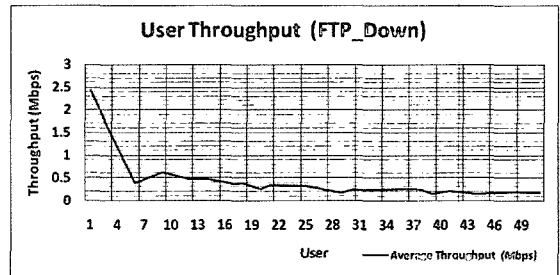


그림 3. FTP 사용자당 평균 Throughput

위의 그래프에서 볼 수 있듯이 사용자수가 증가할수록 cell throughput은 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 FTP의 경우 전파 환경에 따른 다운로드 속도의 차이가 나기 때문에 전파 환경이 랜덤하게 변하는 시뮬레이션 여건상 사용자의 수가 적더라도 cell throughput이 높은 것을 볼 수 있다. FTP의 사용자 당 throughput은 적은 인원일 때는 최대의 throughput이 할당되지만, 섹터 당 최대 throughput의 한계로 인해 인원이 증가 할수록 할당되는 throughput은 줄어들게 된다.

2) VOD

그림 4는 사용자 증가에 따른 VOD cell throughput 그래프이다.

FTP와 마찬가지로 사용자수가 증가 할수록 throughput 은 증가한다. 하지만 VOD의 경우, 일정한

속도로 하향 전송하기 때문에 사용자의 증가에 따라 전체 속도도 일정하게 증가하게 된다. 또한 사용자 당 throughput도 사용자수 증가에 따른 변화가 거의 없는 것을 확인할 수 있다.

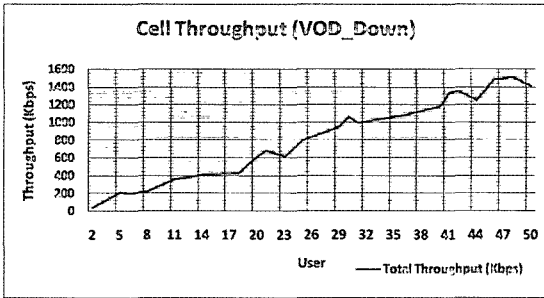


그림 4. VOD Cell Throughput

그림 5는 VOD 각 사용자 당 평균 throughput을 나타내는 그래프이다.

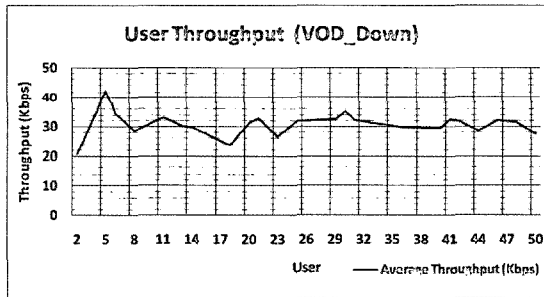


그림 5. VOD 사용자당 평균 Throughput

3) VoIP

그림 6은 사용자 증가에 따른 VoIP cell throughput 그래프 이다.

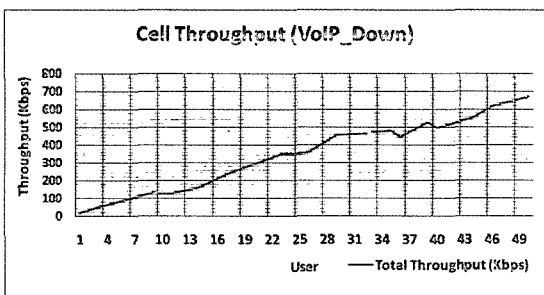


그림 6. VoIP Cell Throughput

VoIP도 VOD와 마찬가지로 일정한 속도로 하향 전

송 또는 상향전송 하기 때문에 사용자 증가에 따른 전체 속도도 일정하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 사용자수 당 throughput도 사용자수 증가에 따른 변화가 거의 없는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 VoIP 각 사용자 당 평균 throughput을 나타내는 그래프이다.

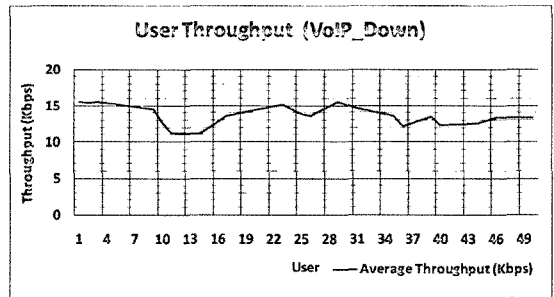


그림 7. VoIP 사용자당 평균 Throughput

4) HTTP

그림 8은 사용자 증가에 따른 HTTP cell throughput 그래프 이다.

사용자에 따라 속도의 차이가 나지만 평균적인 속도는 비슷하기 때문에 사용자가 늘어날수록 비례적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

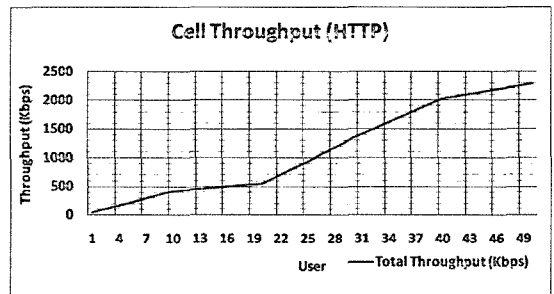


그림 8. HTTP Cell Throughput

또한 사용자수 당 throughput도 사용자수 증가에 따른 변화가 거의 없는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 HTTP 각 사용자 당 평균 throughput을 나타내는 그래프이다.

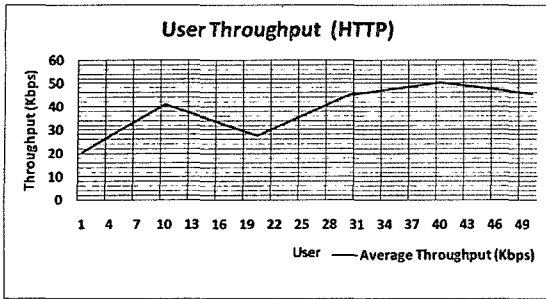


그림 9. HTTP 사용자당 평균 Throughput

● FTP_HTTP_VOD_VoIP 평균 전송속도 비교

그림 10.은 사용자 증가에 따른 각 서비스별 평균 Data Rate 그래프를 나타낸 것이다. HTTP, VOD, VoIP는 사용자 수에 거의 영향을 받지 않는 평균을 보여준다. 하지만 FTP의 경우 사용자가 늘어날수록 사용자당 평균 throughput은 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 트래픽 모델의 중요성을 보여준다.

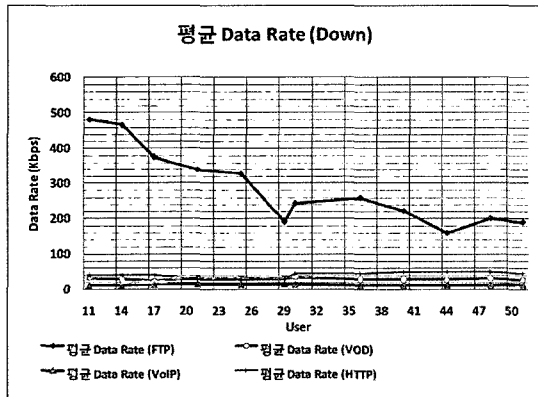


그림 10. 각 서비스별 평균 Throughput

또한, 이 그래프에서는 FTP의 경우 최대 사용자수 발생시 사용자당 최소 200 Kbps의 속도를 보장하는 것을 볼 수 있다.

V. 결론

최근 2.3GHz 의 광대역 서비스인 WiBro가 상용 서비스 되고 있다. 상용화 후에 전체적인 서비스 항목별로 정의된 트래픽 모델은 향후에 실제 사용자수 산출

과 QoS 향상에 반드시 필요한 정보이다.

이에 본 논문에서는 먼저 WiBro 시스템 트래픽 모델에 관하여 서술 하였고, 향후 각 서비스별 QoS 산출과 사용자수 산출 등에 응용 가능한 각 서비스별 실제 시뮬레이션 Data Rate에 관하여 비교 분석하였다.

결과적으로 다른 서비스의 경우 환경에 의한 변화가 적었던 반면 FTP의 경우 환경과 사용자 수에 따른 변화가 심한 것으로 나타났다. 또한 다른 서비스는 평균 다운로드 속도가 거의 변화가 없었던 반면 FTP의 경우 평균 다운로드 속도는 사용자의 수가 늘어날수록 줄어드는 것을 볼 수 있었다.

향후 이 논문을 기반으로 실제 WiBro 시스템의 서비스별 QoS 산출에 관한 연구가 필요하고, 최종적으로 실제 수용 가능한 가입자 수 산출에 관한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," *IEEE STD 802.16 - 2004*, October, 2004.
- [2] "Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," *IEEE P802.16e/D12*, February, 2005.
- [3] "Mobile WiMAX - Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation," *WiMAX Forum*, February, 2006.
- [4] Jim W. Roberts, Traffic Theory and the Internet, France Telecom R&D, *IEEE Communications Magazine*, Jan. 2001.
- [5] B. Krishnamurthy, C. E. Wills, "Analyzing Factors That Influence End-to-End Web Performance", <http://www9.org/w9cdrom/371/371.html>
- [6] BURNES A., MSc Thesis "'Towards Full Quality of Service Support in a Mobile, Wireless Internet'", University of Essex, January 2001.
- [7] "HTTP and FTP Traffic Models for 1xEV-DV simulations," *3GPP2-C50-EVAL-2001022-0XX*.

저자소개

최 종 찬



2004년 한국 항공대학교 정보통신
공학과(공학사)
2006년 한국 항공대학교 정보통신
공학과(공학석사)

2006년~현재:SK텔레시스 시스템 개발실 근무
※관심분야: 휴대인터넷, MIMO 시스템, DSP

이 준 원



2001년 광운대학교 전파공학과(공학
사)
2004년 광운대학교 전자통신 공학
과 (공학석사)

2004년 7월~현재 : SK텔레시스 시스템 개발실 근무
※관심분야: 휴대인터넷, IPv6

신 선 영



1994년 전북대학교 전자공학과 (공
학사)
1994년~2001년: 현대전자(주) 통신
사업본부 CDMA 개발실 근무

2001년~2004년: 현대시스콤(주) CDMA 시스템개발실
근무

2004년~2005년:유티스타콤(주)한국 시스템 R&D 근무
2005년~현재 : SK텔레시스 시스템 개발실 시스템설계
파트장

※관심분야: 휴대인터넷, MIMO 시스템, QoS

윤 영 기



1980년 광운대학교 전기공학과(공학사)
1985년 연세대학교 대학원 산업공학과
(공학석사)
1998년 한국과학기술원 전기및전자
공학과 (공학박사)

1984년~2000년: 대우통신(주) 연구소 근무
2000년~2005년: (주)머큐리 근무
2005년~현재: SK텔레시스 연구소 시스템개발실장
※관심 분야:휴대인터넷, SDR, MIMO시스템