

광대역 무선 액세스 환경에서의 트래픽 특성분석

Analysis of Traffic Characteristics in Broadband Wireless Access

구혜련, 임석구

천안대학교 정보통신학부

Koo Hye-Ryun, Lim Seog-Ku

Div. of Information & Communication
Engineering, Cheonan University

요약

인터넷의 급속한 보급과 대용량 멀티미디어 서비스에 대한 요구 증가로 맥내 또는 중소사업장에 대한 광대역 무선 액세스(Broadband Wireless Access) 수요가 증가하고 있다. 기존의 무선랜은 도달거리가 짧아서 이동 중일 때나 AP(Access Point)에서 멀어지면 통화품질이 저하되고, 무선인터넷은 사용 비용이 높다. 이를 보완한 광대역 무선 인터넷 시스템인 와이브로(WiBro: Wireless Broadband Internet)는 휴대폰과 무선랜의 중간 영역에 위치한 이동초고속인터넷서비스이다. 본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA를 기반으로 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 서비스별 트래픽 모델과 특성을 분석하고, 다양한 트래픽 혼합 비율에 따라 시뮬레이션을 수행하였으며, 이를 토대로 최종적으로는 WiBro 시스템에서 수용 가능한 최대 가입자 수를 산출하였다.

I. 서론

최근 인터넷의 활성화로 영상전화, 주문형 비디오 등과 같은 다양한 멀티미디어 서비스 제공에 대한 요구가 날로 증대되고 있다. 이와 같은 고속 데이터 전송 요구는 통신망의 고속화가 필수적으로 수반된다. 기존의 무선랜은 도달거리가 짧아서 이동중일 때나 AP(Access Point)에서 멀어지면 사용이 안 된다. 반면 현재 무선인터넷은 무선랜과 같은 문제점은 없지만 가격이 비싸다.

이에 반해, 광대역 무선 접속(Broadband Wireless Access, BWA) 기술은 단지 빌딩이나 Pole에 기지국을 배치하여 고용량의 무선 접속 시스템을 창출할 수 있으므로 유선 네트워크 전개의 값비싼 허부 구조의 개발과 시간 소모 없이 광범위한 지역에 서비스할 수 있는 능력을 갖는다[1].

인터넷 패킷 데이터 트래픽은 비대칭(asymmetric),

비연속적인(bursty) 특성을 가지고 있으며, 무선인터넷 분야에서 한정된 주파수 자원의 효율적 이용과 802.16 BWA 시스템 전송효율의 성능을 좌우하는 측면에서 매우 중요한 위치를 차지한다. 폴링에 의한 전송뿐만 아니라 예약전송(dedicated assignment), 랜덤 액세스(random access), 요구할당(demand-based assignment) 등의 다양한 전송방법을 채택함으로써 보다 높은 전송효율을 제공하는 802.16 BWA(Broadband Wireless Access)를 토대로 이동통신 서비스를 제공하고자 2002년 12월부터 IEEE 802.16e는 고정단말과 이동단말을 통합하는 표준안을 작성하고 있다.

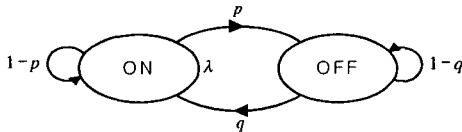
본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA 시스템을 효율적으로 시뮬레이션하기 위한 기초 자료로서 초고속 무선환경 하에서의 트래픽 특성을 분석하였다. 서론에 이어 II장에서는 802.16 BWA 시스템과 트래픽

모델에 대해 간단히 설명하고 III장에서는 시뮬레이션을 위한 서비스별 트래픽 모델과 트래픽 양에 대해 설명한다. IV장에서 시뮬레이션 수행 및 성능을 분석한 후, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 802.16 BWA 트래픽 모델

2.1 HTTP/TCP, FTP 모델

HTTP/TCP, FTP 트래픽은 IPP(Interrupted Poisson Process) 모델을 기반으로 한다. 자기유사(self-similar) 트래픽 특성을 갖기 위해서는 4개의 IPP를 중첩시키면 된다[3]. 그림 1에는 기본적인 IPP 모델을 나타내었다. 지수 분포를 가지는 ON(Active Period) 상태와 또 하나의 다른 독립적인 지수 분포를 가진 OFF(Silent Period) 상태가 교대로 나타나는 포아송(Poisson) 프로세스인 IPP 모델은 ON-OFF 트래픽의 대표적인 모델이다.



▶▶ 그림 1. IPP 모델

【표 1】 10kbps External 트래픽 4IPP 모델

source_i	λ_i	C_{1i}	C_{2i}	평균
IPP#1	6	9.920×10^{-1}	7.442×10^{-1}	2.492
IPP#2	4	3.136×10^{-2}	2.352×10^{-2}	1.579
IPP#3	3	9.920×10^{-4}	7.442×10^{-4}	1.291
IPP#4	3	9.920×10^{-6}	7.442×10^{-6}	1.148
평균 도착율 (packets/sec)				6.5104

2.2 개인 사용자 인터넷 모델

이 모델도 IPP에 기초를 두고 있다. 하나의 IPP는 한 사용자의 인터넷 트래픽을 나타내며 각 IPP는 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. 이 모델의 트래픽 특성은 상향링크(up link) 트래픽은 하향

링크(down link) 트래픽보다 매우 높다. 표 2는 15kbps의 IPP모델을 나타낸다.

【표 2】 15kbps IPP 모델

source_i	λ_i	C_{1i}	C_{2i}	평균
IPP#2	22.79	0.1940	0.1455	9.77
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				9.77

2.3 Voice 모델

음성 모델은 IDP(Interrupted Deterministic Process)에 기반을 두고 있다. 한 IDP는 한 패킷 음성원을 나타내며 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. 다음 표 3에 있는 파라미터들은 IDP 모델을 정의한다. 다음 표 3은 2개의 동시 사용 중인 음성 사용자들을 위한 IDP 모델을 나타낸다.

【표 3】 두 개의 G.729 음성대화를 위한 IDP 모델

source_i	λ_i	C_1	C_2	평균
IDP#1	50.000	2.841	1.538	17.561
IDP#2	50.000	2.841	1.538	17.561
2IDP 평균 도착율(packets/sec)				35.122

2.4 Streaming 비디오 모델

비디오 모델은 2개의 IRP(Interrupted Renewal Process)에 기초를 두고 있다. 2IRP가 하나의 패킷 비디오 원을 나타내고 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. 체류시간은 파레토 분포를 따르며, ON 시간동안 패킷 도착 시간간격은 IDP의 경우와 마찬가지로 지수분포를 따른다.

【표 4】 MPEG 비디오를 위한 1.9Mbps 2IRP 모델

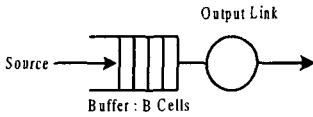
source_i	λ_i	a_{1i}	a_{2i}	평균
IRP#1	1123.80	1.14	1.22	668.49
IRP#2	1547.50	1.54	1.28	594.51
2IRP 평균				1263.00

λ_i , 평균 : (pkts/sec)

패킷 크기는 1.88byte 혹은 1504bit 이다. 평균 데이터율은 1263pkts/sec×1504 bit = 1.9Mbps이다.

III. 시뮬레이션 모델

그림 2에는 시뮬레이션 모델을 나타내었는데, 1-queue 1-server로 모델링하였으며, 다양한 트래픽 소스는 하나의 출력링크에 의해 서비스되는 공통 버퍼에 입력된다.



▶▶ 그림 2. 시뮬레이션 모델

제시하는 트래픽 모델은 패킷레벨에서의 특성을 고려하였다. 호 레벨과 패킷레벨을 동시에 고려한 모델링은 시뮬레이션 하는데 너무 복잡하며, 상위계층에 적합하기 때문이다. 따라서 입력 트래픽 모델은 IEEE 802.16의 물리계층과 MAC 계층을 시뮬레이션하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있으며, 실제 적용을 위해 특정 데이터 속도로 조정된다.

3.1 가입자 군의 정의

각 가입자는 여러 형태의 트래픽을 발생시킨다. 트래픽의 4가지 분류는 정의된 것처럼 그것 자신의 독특한 트래픽 모델을 갖는다. HTTP/TCP, FTP는 4IIP 모델을 사용하고, Voice는 IDP 모델, Video는 2IRP 모델을 이용한다. 각 가입자의 트래픽 혼합(traffic mix)은 다음 표 5와 같이 나타난다. Voice를 뺀 나머지 세 트래픽은 상향링크와 하향링크 비율(특히 Video)의 차이가 많이 난다.

[표 5] 가입자 군을 위한 트래픽 모형

traffic type	Forward/Reverse Ratio	Individual Subscriber	Small Business SOHO	Medium Business
HTTP/TCP	8:1 (2:1 Med)	N/A	25 /3.125kbps	100 /50kbps
FTP	5:1 (3:1 Med)	N/A	10/2kbps	25 /8.33kbps
Internet	9:1	15/1.5kbps	N/A	N/A
Voice	1:1	9.3kbps	18.6kbps	37.2kbps
Video	10:1	1.9 /0.19Mbps	1.9 /0.19Mbps	1.9 /0.19Mbps

3.2 시뮬레이션 시나리오를 위한 가입자 혼합

IEEE 802.16 BWA에서는 표 6과 같이 시뮬레이션을 위한 4가지 시나리오를 제시하였다. 각 방향에서 트래픽은 4가지 모델(HTTP/TCP, FTP, Voice, Video)의 합으로 나타난다[2].

표 6은 2004년에 완전한 video 서비스가 될 것이라는 가정하에 2001년에 작성된 것이다. 2001년에는 Video 사용자를 고려하지 않았지만, 2004년에는 Video 사용자로 인해 더욱 트래픽이 늘어날 것으로 예상하였다. Medium Business의 비율은 작지만, 규모를 고려하면 실질적인 트래픽의 양은 증가할 것으로 예상된다.

시나리오 No.1과 No.3은 Individual subscriber와 small business 를 포함하고 있으며, 시나리오 No.2와 No.4는 Medium Business도 포함한다. 시나리오 No.1과 No.2에서는 Video 트래픽은 고려하지 않았으며, 시나리오 No.3과 No.4에서는 Video 트래픽은 고려하였다.

실제 패킷을 처리하는 MAC 계층에서의 패킷 스케줄링에서 Voice 트래픽은 HTTP/TCP, FTP나 Internet 트래픽 보다는 높은 우선순위를 갖는다.

[표 6] 시뮬레이션 시나리오를 위한 가입자 혼합

Test Scenario	Mix of Subscriber		
	Individual Subscriber	Small Business SOHO	Medium Business
No.1 2001	95% Internet &Voice	5% HTTP/TCP FTP&Voice	0%
No.2 2001	65% Internet &Voice	20% HTTP/TCP FTP&Voice	15% HTTP/TCP FTP&Voice
No.3 2004	95% Internet Voice&Video	4% HTTP/TCP FTP,Voice&Video	0%
No. 4 2004	65% Internet Voice&Video	20% HTTP/TCP FTP,Voice&Video	15% HTTP/TCP FTP,Voice&Video

표 6에 나타난 시나리오 No.3과 No.4를 시뮬레이션하기 위하여 서비스 유형에 따른 각 트래픽 혼합 비율을 3가지 CASE로 분류하여 표 7에 제시하였다. ftp, http, pop3의 비율은 점점 감소시키고 Video와 Voice는 증가시켰다. 현재 인터넷 전화는 품질이 떨어져 사용자 수가 적지만, 앞으로 서비스별로 QoS 제공방안이 마련된다면 사용이 늘 것으로 예상된다. CASE별로 Video의 사용은 3%, 5%, 7%로 2%씩 증가하였지만, Video 트래픽의 평균 트래픽 양이 1.9Mbps이므로 전체 트래픽 양의 증가는 매우 클 것으로 분석된다. 따라서 제한된 자원으로 서비스를 수행하는 경우 CASE III이 최소의 가입자만을 서비스할 것으로 예측할 수 있다.

[표 7] 서비스 비율에 대한 유효 대역폭

서비스유형	CASE I	CASE II	CASE III
VoIP	10%	27%	45%
ftp	16%	13%	10%
http	40%	30%	20%
pop3	30%	24%	17%
video	3%	5%	7%
telnet	1%	1%	1%

IV. 시뮬레이션 및 성능 분석

현재 WiBro 시스템은 5msec의 고정된 TDD/OFDMA 구조를 갖는다. 하나의 프레임 동안 310개의 sub-channel이 할당되고 sub-channel당 8byte 데이터를 전송할 수 있으므로 WiBro 시스템의 forward link의 용량은 $3.968\text{Mbps}(=310 \times 8 \times 8 \times 200)$ 가 된다.

시스템이 수용할 수 있는 최대 가입자 수는 지연시간으로부터 정의될 수 있다. 트래픽 부하는 가입자들의 수가 증가함에 따라 늘어나기 때문에 평균 지연시간은 가입자 수가 늘어나면 증가하게 된다. 최대 가입자 수 N은 HTTP/TCP와 FTP 트래픽의 역방향 혹은 순방향에서 (N+1)번째 가입자가 다음 부등식을 처음 만족하는 시점으로 정의된다.

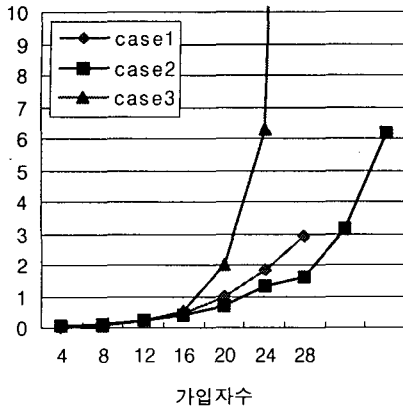
$$(N+1)\text{명의 평균지연} > 4 \times (N\text{명 가입자 평균지연})$$

or

$$\text{평균지연} > 100\text{msec}$$

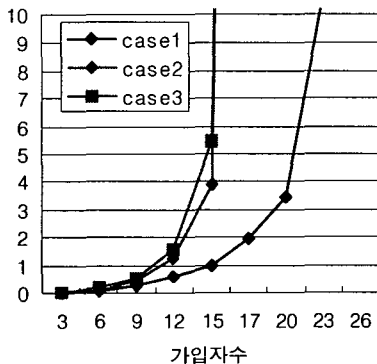
트래픽 증가에 따른 위 부등식을 만족하는 가입자 수를 결정하기 위하여 시나리오 No.3과 No.4를 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3은 시나리오 No.3인 경우 그 결과를 나타내었는데, x축은 수용 가능한 가입자 수이고, y축은 평균 큐 길이(Average Queue Length)이다.

각 CASE 별로 최대 수용 가입자 수는 CASE I인 경우는 28명, CASE II인 경우는 20명, CASE III인 경우는 17명이다. 이와 같은 결과는 표 6에서 본 것과 같이 CASE III의 트래픽 양이 가장 크기 때문에 수용할 수 있는 가입자 수도 가장 작은 것으로 분석할 수 있다.



▶▶ 그림 3. 시나리오 No.3 시뮬레이션 결과

그림 4는 시나리오 No.4인 경우 그 결과를 나타내었는데, 각 CASE 별로 최대 수용 가입자 수는 CASE I 인 경우는 28명, CASE II인 경우는 16명, CASE III인 경우는 12명이다. 표 6에서와 같이 시나리오 4는 시나리오 3과 달리 중규모사업자도 고려하였기 때문에 더욱 트래픽은 증가하여, 시나리오 3보다 수용할 수 있는 가입자 수가 작음을 알 수 있었다. 무선 멀티미디어 데이터를 서비스 해주는 망 사업자 입장에서는 비디오도 서비스해줄 경우, 시나리오 4의 CASE III을 참고로 했을 때, 한 셀(cell)에서 큰 지연 없이 서비스 해줄 수 있는 가입자 수는 12명인 것으로 분석할 수 있다.



▶▶ 그림 4. 시나리오 No.4 시뮬레이션 결과

V. 결론

초고속 광대역 통신망의 등장과 함께 나타난 다양한 멀티미디어 서비스와 휴대 인터넷 서비스가 활성화됨에 따라 데이터 트래픽을 고려한 트래픽 엔지니어링의 필요성이 대두되었으며, 이러한 멀티미디어 서비스에서 발생하는 트래픽은 QoS(Quality of Service)를 보장하는 효과적인 자원 확보를 위한 모델링이 필요하다.

WiBro 시스템에서 지원하고자 하는 서비스가 음성뿐만이 아닌 고속 인터넷 서비스와 동영상 서비스와 같이 광대역을 필요로 하는 서비스이고, 무선 통신이기 때문에 기존의 Markovian 모델에 기초한 음성 위주의 트래픽 모델링으로는 부정확한 시스템 파라미터의 설정과 잘못된 성능 분석 결과를 초래할 수 있다. 따라서 시스템 설계 및 성능 분석의 수행을 위해서 광대역 서비스 트래픽의 특성을 보다 정확하게 모델링 할 수 있어야 한다.

개별 사용자 트래픽 모델에 근거한 방법은, "시뮬레이션" 목적을 위해서는 가장 효율적이고 또한 널리 사용되는 방법이다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 일차적으로 서비스별 특성을 분석하고, 서비스 혼합에 따른 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션을 2가지 시나리오로 가정하여, 모두 Video 서비스는 지원하지만, Medium Business를 포함하지 않는 시나리오 No.3과 포함하는 No.4를 트래픽을 살펴보았다. 예상했던 바와 같이 Medium Business는 표의 수치가 작지만, 자체의 규모가 크기 때문에 시나리오 No.4의 실제 트래픽 양은 크게 나타났다. Video 서비스를 해 줄 수 있는 가입자 수가 작았다. Video 서비스를 포함하지만, Medium Business를 고려하지 않은 시나리오 No.3은 17명 수용할 수 있고, Video 서비스를 포함하지만, Medium Business를 고려한 시나리오 No.4는 12명으로 분석되었다.

추후에는 실제 WiBro 환경에서의 실측 데이터를

측정하여 이를 근거로 IEEE 802.16 BWA에서 제안한 트래픽 모델을 검증할 필요가 있으며, 각 서비스별 허스트 파라미터(Hurst Parameter)를 측정하여 다양한 형태의 무선 멀티미디어 트래픽이 입력되는 상황에서의 유효대역폭(Effective Bandwidth)을 산출하여야 한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] <http://www.wirelessman.org>
- [2] IEEE 802.16.3C-01/30r1, "Traffic Models for 802.16 TG3 MAC/PHY Simulations", March 2001.
- [3] W. E.Leland and D.V.Wilson, "High Time-Resdution Measurement and Analysis of LAN Traffic : Implications for LAN Interconnection, IEEE Infocom '91, Vol.3, April 1991, pp.1360-1366.
- [4] S. N. Subramanian and T.Le - Ngoc, "Traffic Modeling in a Multi-Media Environment", CCECE'95, Montral, Sept. 1995.
- [5] Alejandro Quintero , Yacine Elalamy and Samuel Pierre, "Performance evaluation of a broadband wireless access system subjected to heavy load", Vol.27, Issue 9, pp.781-791, June 2004.