

IEEE 802.16 BWA 환경에서의 트래픽 모델

Traffic Model in IEEE 802.16 BWA Environments

구혜련, 임석구
천안대학교

Hye-Ryun Koo, Seog-Ku Lim
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. 본 논문에서는 ADSL이나 케이블 등의 유선 광대역 기술을 대체할 수 있는 IEEE 802.16 BWA 환경에서 시뮬레이션을 수행할 수 있는 트래픽 모델에 대해 설명한다.

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. 이를 위해 가정과 소규모 사업체는 케이블 모뎀, DSL(Digital Subscriber Line)과 같은 유선 네트워크를 이용하고 있다. 그러나 케이블 시스템은 케이블 TV 하부구조를 기반으로 하고 있어 소규모 사업체의 경우 유용하지 않으며 DSL은 거리 제한 때문에 모든 가입자가 이용할 수 없다. 또한 유선 네트워크 구축은 시간과 경제적인 면에서 비효율적이다. 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 하부 구조의 개발과 시간 소모 없이 광범위한 지역에 서비스를 할 수 있는 능력을 갖는다[1].

인터넷 패킷 데이터 트래픽은 비대칭(asymmetric), 비연속적인(bursty) 특성을 가지고 있으며, MAC

(Medium Access Control)/패킷 스케줄러는 물리계층의 변복조, 부호/복호화 기술 못지않게 무선인터넷 분야에서 한정된 주파수 자원의 효율적 이용과 IEEE 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 IEEE 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 분석하고자 한다. 서론에 이어 II장에서는 IEEE 802.16 BWA 시스템과 예상되는 서비스 종류를 간단히 설명하고 III장에서는 각 서비스별 트래픽 모델과 트래픽 양에 대해 설명하며, 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 802.16 BWA 개요

2.1 IEEE 802.16 작업 그룹

1999년 7월부터 IEEE 802.16 작업그룹(Working Group)은 세계적인 응용성을 갖는 무선 MAN (Metropolitan Area Networks)을 위한 표준안 개발을 시작하였다. IEEE 802.16은 빌딩 내에 광대역 접속 서비스 제공을 위해 유선을 대신할 수 있는 보다 경제적인 해결방안을 제공한다. IEEE 802.16 작업그룹의 초기 관심은 10~66GHz이었으며, 무선 접속을 위한 표준 IEEE 802.16과 공존을 위한 표준 IEEE 802.16.2를 각각 2002년 4월과 2001년 8월 공표하였다[2]~[5]

IEEE 802.16 작업그룹은 현재 2~11GHz의 무선 접속과 공존을 위한 IEEE 802.16.a와 IEEE 802.16.2a 개정 프로젝트를 진행 중이다. 이들 프로젝트는 크게 4개의 작업그룹에 의해 진행 중이며, 각 작업그룹의 역할은 표 1에 나타내었다. 또한 2002년 3월 이동 무선 MAN을 위한 study group을 결성하였다[2].

2.2 IEEE 802.16 시스템 개요

IEEE 802.16 시스템은 기본적으로 10~66GHz 대역과 2~11GHz 대역, 그리고 5~6GHz 대역에서 PMP(Point-to-Multipoint) 무선 접속을 제공하는 것으로 그 자체만으로써 어떤 End-to-end 간의 통신 링크를 제공하는 것은 아니지만, 인터넷이나 사설망, 전화망 등 다른 네트워크로의 "액세스"를 제공, 기존의 DSL이나 케이블 네트워크, ISDN 서비스 등이 제공하던 서비스들을 무선을 통해 가능케 하도록 하려는 것이다.

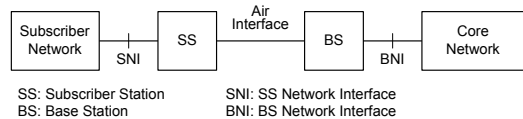
그림 1은 IEEE 802.16의 시스템 모델을 간단히 나타낸 것으로, 가입자망(Subscriber Network)에 코어망(Core Network)으로의 액세스를 제공하기 위하여 가입자국(Subscriber Station)과 기지국(Base Station)간 무선 인터페이스 규격을 정의하게 된다. 하나의 SNI는 LAN이나 voice PBX 등의 가입자망

이나 소규모 사무실 혹은 다세대 주택 등의 가입자들을 지원할 수 있어야 한다.

[표 1] IEEE 802.16 작업그룹과 역할

Task Group	역할	비고	
Task Group a	Task Group 3	2~11GHz의 허가 대역 (licensed bands)을 위한 MAC 수정과 부가적인 물리 계층규격을 포함한 IEEE 802.16.a의 개발	IEEE 802.16 개정
	Task Group 4	비허가(licensed-exempt) 대역을 위한 MAC 수정과 부가적인 물리 계층 규격을 포함한 IEEE 802.16.b의 개발. 즉, WirelessHUMANTM (wireless high-speed unlicensed metropolitan area network) 개발	
Task Group c	10~66GHz를 위한 보다 자세한 시스템 profile규정을 포함한 IEEE 802.16c의 개발		
Task Group c1	10~66GHz WirelessMAN-SC 무선 접속을 위한 PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) 개발		
Task Group 2	2~11GHz의 인가된 대역의 포함을 위한 확장과 점 대 점 시스템에 대한 권고 강화를 위한 IEEE 802.16.2a의 개발	IEEE 802.16.2 개정	
Mobile Wireless MAN Study Group		2002년 3월 결성	

IEEE 802.16에서는 가입자국간의 직접 통신은 불가능하며, 서로 다른 기지국 간의 무선통신에 대해서도 정의하지 않고 있다. 그러나 작업그룹 4의 802.16b에서는 부가적으로 지원하는 mesh 모드의 예외가 존재한다. 하향링크(Down Link)의 트래픽이 큰 일반적인 데이터 서비스 특징을 따라 유연한 비대칭 서비스를 제공하고, QoS(Quality of Service) 지원을 통해 digital audio/video multicast, digital telephony, ATM cell relay, IP, bridged LAN 등 여러 종류의 서비스에 대응할 수 있다.



▶▶ 그림 1. IEEE 802.16의 시스템 모델

2.3 802.16 BWA에서 제안한 서비스

- ① Unsolicited Grant Service(UGS): T1/E1과 같이 주기적으로 정해진 크기의 패킷들을 생성하는 real-time service flow를 지원하는 서비스.
- ② Real-Time Polling Service(rtPS): MPEG video와 같이 주기적으로 가변 크기의 데이터 패킷들을 생성하는 real-time service flow를 지원하는 서비스.
- ③ Non-Real Time Polling Service(nrtPS): high bandwidth FTP와 같은 주기적으로 가변 크기의 데이터 패킷들을 생성하는 non-real time service flow를 지원하는 서비스.
- ④ Best Effort(BE) Service: TCP와 유사한 최선형(Best Effort) 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 서비스.

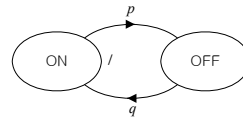
III. 트래픽 모델

IEEE 802.16 BWA 환경에서 고려할 수 있는 트래픽 모델은 HTTP/TCP, FTP, 인터넷 서비스, VoIP 그리고 스트리밍 비디오(Streaming Video) 등으로 분류할 수 있다[6]. 제시하는 트래픽 모델은 호 레벨에서의 특성을 고려하는 것이 아니라 패킷레벨에서의 특성만을 고려하였다. 호 레벨과 패킷레벨을 동시에 고려한 모델링은 시뮬레이션하는데 너무 복잡하며, 또한 패킷레벨은 하위계층을 시뮬레이션 하기 위해서는 적합하지만 호 레벨은 상위계층에 적합하기 때문이다. 따라서 제시하는 트래픽 모델은 802.16의 물리계층과 MAC 계층을 시뮬레이션하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있으며, 실제 적용을 위해 특정 데이터 속도로 조정된다.

3.1 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[7]. 그림 2에는 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 프로세스인 IPP 모델은 ON-OFF 트래픽의 대표적인 모델이다.



▶▶ 그림 2. IPP 모델

프로세스가 ON 상태에 있을 때 다음 슬롯에서 확률 p를 가지고 OFF 상태로 이동하거나 확률 1-p를 가지고 ON 상태에 머물러 있을 것이다. 만약 프로세스가 OFF 상태에 있다면 확률 q를 가지고 ON 상태로 이동하거나 확률 1-q를 가지고 OFF 상태에 머물러 있을 것이다. 프로세스가 ON 기간 내에 있다면 패킷이 발생되고 OFF 상태에 있으면 패킷이 발생되지 않는다.

기본 모델로는 4IPP가 사용된다. 각 파라메타들은 Hurst parameter 0.9를 갖는 자기유사(self-similar) 트래픽 특성을 나타내도록 선정된다.

[표 2] 기본 4IPP 모델

source_j	λ_i	C_{1i}	C_{2i}	평균
IPP#1	2.679	4.571×10^{-1}	3.429×10^{-1}	1.1480
IPP#2	1.698	1.445×10^{-2}	1.084×10^{-2}	0.7278
IPP#3	1.388	4.571×10^{-4}	3.429×10^{-4}	0.5949
IPP#4	1.234	4.571×10^{-6}	3.429×10^{-6}	0.5289
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				3.00

λ_i : ON 시간 동안 도착율(packets/unit-of-time)
 C_{1i} : ON 상태에서 OFF 상태로의 전이(transition/unit-of-time)
 C_{2i} : OFF 상태에서 ON 상태로의 전이(transition/unit-of-time)
 평균: ON과 OFF 상태에 대한 평균 패킷 수(packets/unit-of-time)

기본 4IPP 모델은 적당한 데이터 전송율을 나타내도록 조정 되어야 한다. 예를 들면 기본 모델이

4Mbps의 내부 트래픽을 발생하도록 조정되어야 한다고 가정하자. 평균 패킷의 크기를 192 byte라고 하면 초당 발생하는 패킷의 수는 $2604 \text{ 개}(4,000,000/1536=2,604)$ 이다. 따라서 표 2의 기본모델은 표 3과 같이 조정되어야 한다.

$$\frac{2604 \text{ packets/sec}}{3 \text{ packets/unit of time}} = 868 \text{ unit of time/sec}$$

[표 3] 4IPP 모델(데이터 전송율 : 4Mbps)

source_j	λ_j	C_{1j}	C_{2j}	평균
IPP#1	2326	3.968×10^2	2.977×10^2	996.8
IPP#2	1474	1.254×10^1	9.410	631.8
IPP#3	1205	3.968×10^{-1}	2.977×10^{-1}	516.4
IPP#4	1071	3.968×10^{-3}	2.977×10^{-3}	459.1
평균 도착율 (packets/sec)				2604

λ_j , 평균 : (transition/sec), C_{1j} , C_{2j} : (pkts/sec)

두번째 단계는 내부 트래픽의 일부분, 예를 들면, 10% 만이 외부 트래픽(즉, Point-to-multipoint 무선 시스템의 air interface)으로 LAN을 떠난다는 사실을 반영하는 것이다. 따라서 외부 트래픽을 모델링하기 위해서 내부 트래픽이 적절하게 조정 되어야 한다.

이 조정단계는 내부 트래픽의 일부분을 외부 트래픽으로 바꾸기 위해 "time-window"를 사용하는 것으로 생각할 수 있다. 즉, ON 구간의 패킷 도착률은 그대로 유지하고 단지 ON 구간 길이를 줄인다. 그리고 OFF 구간의 길이를 확장함으로써 전체적인 ON-OFF 구간의 길이를 그대로 유지한다.

400 kbps의 외부 트래픽을 위한 4IPP 모델은 4Mbps의 내부 트래픽 모델로부터 On time windows 가 1/10으로 줄어들어 표 4와 같이 된다.

[표 4] 400kbps External 트래픽 4IPP 모델

source_j	λ_j	C_{1j}	C_{2j}	평균
IPP#1	2326	3.968×10^3	1.777×10^2	99.68
IPP#2	1474	1.254×10^2	5.617	63.18
IPP#3	1205	3.968	1.777×10^{-1}	51.64
IPP#4	1071	3.968×10^{-2}	1.777×10^{-3}	45.91
평균 도착율 (packets/sec)				260

3.2 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 하향링크(down link) 트래픽보다 매우 높다. 표 5는 기본 IPP 모델과 모델의 파라메타 등을 나타낸다.

[표 5] 기본 IPP 모델

source_j	λ_j	C_{1j}	C_{2j}	평균
IPP#2	1.698	1.445×10^{-2}	1.084×10^{-2}	0.7278
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				0.7278

기본 IPP 모델은 적절한 데이터 전송율을 나타내도록 조정될 수 있으며, 표 6은 15kbps의 IPP모델을 나타낸다.

[표 6] 15kbps IPP 모델

source_j	λ_j	C_{1j}	C_{2j}	평균
IPP#2	22.79	0.1940	0.1455	9.77
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				9.77

3.3 Voice 모델

음성 모델은 IDP(Interrupted Deterministic Process)에 기반을 두고 있다. 한 IDP는 한 패킷 음성원을 나타내며 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. IDP 모델은 ON time 동안 패킷 도착 간격이 지수분포를 따르는 것이 아니라 고정되어 있다는 것을 제외하면 IPP 모델과 유사하다.

즉, talk-spurt 동안에는 매 20ms 간격으로 66byte의 패킷이 도착하고 silent 구간동안에는 패킷이 발생하지 않게 되어 8kbps의 데이터 전송율을 갖는다[8]. 이 모델은 음성 활동 detector를 갖는 vocoder에 의해 발생하는 5.3kbps와 64kbps 사이에 변하는 다른 패킷 음성에도 적용 가능하다.

다음 표 7에 있는 파라메타들은 IDP 모델을 정의한다. 이 파라메타들은 352ms와 650ms의 ON과

OFF 구간을 갖는 음성모델과 잘 일치하도록 선정되었다. ON 구간 동안에 패킷은 매 일정 구간마다 발생되고 ON과 OFF 시간은 IPP와 같이 지수분포를 따른다.

[표 7] 기본 IDP 모델

source_j	Λ	C_1	C_2	평균
IDP#1	2.279	0.0194	0.01455	0.7278

Λ , 평균 : (pkts/unit-of-time)

예를 들어 G.729가 목표 모델인 경우 Unit time은 20msec 이므로 위의 표 7은 다음과 같이 조정된다.

$$\frac{1000ms}{20ms} = 50 \text{ unit - of - time}$$

[표 8] 한 개의 G.729 음성대화를 위한 IDP 모델

source_j	Λ	C_1	C_2	평균
IDP#1	50.000	2.841	1.538	17.561

Λ , 평균 : (pkts/sec)

평균 패킷크기는 66byte 또는 528 bit이고 평균 데이터율은 17.561 pkts/sec×528 bits=9.3 kbps이다. 따라서 각 가입자를 위해 요구되는 IDP의 개수는 다음과 같다.

$$IDP \text{의 개수} = \frac{\text{음성사용자들의 총대역}}{9.3kbps}$$

다음 표 9는 2개의 동시 사용 중인 음성 사용자들을 위한 IDP 모델을 나타낸다.

[표 9] 두 개의 G.729 음성대화를 위한 IDP 모델

source_j	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(pkts/sec)				35.122

3.4 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. 2IRP 모델은 각 상태에서 체류시간이 지수분포가 아닌 파레토 분포를 따른다는 것을 제외하면 4IPP 모델과 유사하다. 예를 들어, 초당 25 프레임 갖는 MPEG 패킷 비디오는 0.73에서 0.93으로 변하는 Hurst Parameter 값을 갖는다. 제안된 모델은 참고문헌 [9]와 star wars의 17100 MPEG 프레임으로부터 유도되었는데 가변 bit 율의 패킷 비디오에도 적용 가능하다.

표 10에는 파라메타 들이 기본 2IRP 모델을 정의한다. 이 파라메타들은 과거 10년 사이에 가장 많이 이용된 비디오 그리고 Star wars를 고려하여 선정하였다.

[표 10] 비디오 사용자를 위한 기본 IRP 모델

source_j	Λ_i	α_{i1}	α_{i2}	평균
IRP#1	44.95	1.14	1.22	26.74
IRP#2	61.90	1.54	1.28	23.78
2IRP 평균				50.52

Λ_i : (pkts/unit-of-time)

체류시간은 파레토 분포를 따르며 평균 체류 시간은 $\alpha_{ji} / (\alpha_{ji} - 1)$ 이다. ON 시간동안 패킷 도착 시간간격은 IDP의 경우와 마찬가지로 지수분포를 따른다.

MPEG이 목표 모델이라고 가정하면, 시간 단위는 40ms 이고 이는 초당 25 프레임에 해당한다. 따라서 기본 모델의 패킷율은 다음처럼 조정되어야만 한다.

$$\frac{1000ms}{40ms} = \text{초당 25 시간 단위}$$

[표 11] MPEG 비디오를 위한 1.9Mbps 2IRP 모델

source_j	Λ_i	α_{i1}	α_{i2}	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 1263패킷/sec×1504 bit = 1.9Mbps 이다. 2IRP 모델의 개수는 다음처럼 구해질 수 있다.

$$2IRP \text{ 모델개수} = \frac{\text{비디오 사용자들을 위한 총 대역}}{1.9Mbps}$$

IV. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 일차적으로 서비스별 트래픽 특성을 분석하였다. 분석된 트래픽은 시물레이션이나 해석적인 분석에 사용될 수 있으며 향후 연구 방향은 크게 다음 측면에서 살펴 볼 수 있다.

첫째, IEEE 802.16 BWA 시스템은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 트래픽 특성에 따라 크게 4종류의 서비스 그룹(scheduling type)을 정의하고 있다. 일반적으로 서비스 클래스들 간에는 각 서비스 그룹별로 할당된 대역이 보장되어야 한다. 이를 수행하기 위해서는 효율적인 스케줄링 알고리즘의 개발이 필수적이다.

둘째, 동일한 채널 상태를 갖는 패킷들의 set을 버스트라고 한다. 패킷 스케줄러가 전송될 패킷들의 우선순위를 결정한 뒤, 동일한 채널 상태를 갖는 패킷들 끼리 그룹화하여 실제 무선대역에 할당되어야 한다. 이를 MAP 대역 할당 알고리즘이라 한다.

셋째, MAC PDU Size를 결정하는 방법이 연구되어야 한다. 데이터 트래픽의 MAC SDU 크기는 가변적(수 byte~수십Kbytes)이다. MAC은 상위의 SDU를 fragmentation 또는 packing하여 MAC PDU를 구성한다. MAC PDU의 크기 또한 가변적이고, 최대 2048bytes로 제한되어 있다. 일반적으로 ARQ 트래픽의 경우 재전송 시 대역 활용의 효율성 및 전송 오류에 대항하기 위해 MAC에서 SDU를 fragmentation 해서 전송하는 것을 기본으로 하고 있다.

마지막으로 MAC 프로토콜 성능 평가를 위한 시물

레이션 구축이 필요하다.

■ 참고문헌 ■

- [1] <http://www.wirelessman.org>
- [2] Brayn Larish "The MAC Layer in Broadband Wireless Access Networks", IEEE459, April 18, 2001, www.eas.sau.edu/trace/eee459/Bryan%20Larish.doc
- [3] IEEE Std 802.16-2001, "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", April 8, 2001
- [4] N.Fukui, A. Shibuya and K. Murakami, "Performance of Combined ARQ with SR and GNB for Broadband Wireless Systems on a 40 GHz Band Radio Channel," IEEE Communications Magazine, Vol 39, Issue 9, Sept. 2001.
- [5] IEEE Std 802.16sc-99/28, "Quality of Service(QoS) classes for BWA, July 22, 1999.
- [6] IEEE 802.16.3C-01/30r1, "Traffic Models for 802.16 TG3 MAC/PHY Simulations", March 2001.
- [7] IEEE 802.16.3C-01/30r1, "Traffic Models for 802.16 TG3 MAC/PHY Simulations", March 2001.
- [8] W. E. Leland and D. V. Wilson, "High Time-Resolution Measurement and Analysis of LAN Traffic: Implications for LAN Interconnection, IEEE Infocom '91, Vol.3, April 1991, pp. 1360-1366.
- [9] S. N. Subramanian and T. Le - Ngoc, "Traffic Modeling in a Multi-Media Environment", CCECE'95, Montreal, Sept. 1995.