OPNET을 이용한 3GPP2 기반의 데이터 트래픽 특성분석

임석구*
*백석대학교 정보통신학부
e-mail:sklim@bu.ac.kr

Data Traffic Characteristics Analysis based on 3GPP2 using OPNET

Seog-Ku Lim*
*Div. of Information and Communications, BaekSeok University

요 약

이동통신망의 규모나 서비스 등이 기하급수적으로 증가하기 때문에 데이터 트래픽에 대한 정확한 특성분석은 매우 어렵지만, 트래픽 특성분석이 망 설계나 운용에 상당한 영향을 미친다는 점을 고려하면, 데이터 트래픽 모델링에 대한 연구는 가장 기본적으로 이루어져야 할 사항이라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 데이터 트래픽에 대한 특성을 분석하기 위해 cdma2000 시스템의 국제적인 표준화 단체인 3GPP2에서 언급한 HTTP, FTP, WAP, Near Real Time Video 트래픽에 대한 트래픽 특성을 분석하여 자기 유사성(Self-similarity)을 가짐을 입증하였다.

1. 서 론

기존의 음성 트래픽에 대한 일반적인 이론은 많은 수의 독립적인 트래픽 소스들을 멀티 플렉싱 및 통합하는 것이 포아송 프로세서(Poisson Process)로 귀착된다는 것이었다[1]. 그러나 기존의 이러한 가정과 결과적인 큐잉분석이 초창기의 ATM 스위치를 설계할 때 매우 적은 버퍼(10 ~ 100 Cells)를 가진 스위치를 설계하는 결과를 낳았고 그 스위치가 현장에 배치되어 실제의 데이터 트래픽을 수용하였을 때, 엄청난 셀 손실을 초래하게 되어 그 스위치를 재설계하는 결과를 초래하게 되었다[2],[3].

따라서 기존의 음성 기반의 이동통신 시스템에서 사용하는 디멘져닝 방식으로는 자기 유사성을 갖는 패킷 데이터 트래픽을 수용하게 되는 차세대 이동통신망의 노드 및 링크의 용량을 디멘져닝 하기에는 무리가 있다. 따라서 자기유사 성질을 갖는 트래픽 소스들이 통계학적으로 멀티플렉싱 및 통합되는 네트워크를 설계하기 위해서는 데이터 트래픽의 자기유사성이 반영된 유효대역폭(Effective Bandwidth)을 산출하는 것이 더 바람직하다[4],[5].

서론에 이어 2장에서는 표준화단체인 3GPP2에서 규정한 트래픽 모델에 대해 살펴보고 트래픽 파라미터를 분석하였다. 3장에서는 네트워크 시뮬레이터인 OPNET을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 각 트래픽 유형별로 자기유사성을 가짐을 분석하였으며, 다양한 형태의 트래픽이 혼합되는 경우에서도 자기유사성을 가짐을 분석하였다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 3GPP2에서의 트래픽 모델 분석

cdma2000 시스템의 국제 표준화기구인 3GPP2에서는 표준 개발 초창기에 각 제안들을 객관적으로 평가하기 위한 공통된 시뮬레이션 기법에 대한 요구가 있었으며, 이러한 필요성에 따라 작성된 evaluation methodology 문서가 C.R1002이다[6].

2절에서는 3GPP2에서 규정하고 있는 각 응용 서비스에 대한 트래픽 모델들에 대해 살펴보고, 또한 이들 서비스들의 트래픽 모델을 발생하여 V-T Plot을 통해 자기유사성의 척도인 Hurst Parameter값을 산출하며, 각

트래픽들이 혼용(mix)된 경우에 대한 통합 트래픽 모델을 분석한다.

2.1 HTTP 트래픽 모델

전형적인 웹 브라우징 세션의 패킷 트레이스(packet trace)에서 세션은 웹 페이지 다운로드와 중간의 reading time을 나타내는 ON/OFF 주기로 나누어진다. 웹 페이지 다운로드는 패킷 호(Packet Call)로 참조되어지고, 이러한 ON/OFF 주기들은 인간의 상호작용 결과이다. 여기에서 패킷 호는 정보에 대한 사용자의 요청(request)을 나타내고 reading time은 그 웹 페이지를 읽고 이해하는데 걸리는 시간으로 취급된다.

하나의 패킷 호는 패킷 세션과 유사하게 ON/OFF 주기로 나누어진다. 그러나 패킷 세션과는 달리 패킷 호 내의 ON/OFF 주기는 인간의 상호작용 보다는 기계의 상호작용에 기인한 것이다. 기존의 웹 브라우징 트래픽 특성들을 연구한 논문들에 기초로 주요 파라미터들은 표 1과 같다.

표 1. HTTP 트래픽 모델 파라미터

Component	Distribution	Parameters
Main object size	Truncated Lognormal	평균=10710 bytes 표준편차=25032 bytes 최소값= 100 bytes 최대값= 2 Mbytes
Embedded object size	Truncated Lognormal	평균=7758 bytes 표준편차=126168 bytes 최소값= 50 bytes 최대값=2 Mbytes
Number of embedded objects per page	Truncated Pareto	평균=5.64 Max. = 53
Reading time	Exponential	평균=30 sec
Parsing time	Exponential	평균=0.13 sec

데이터의 패킷 크기 특성에 대한 연구 논문들의 결과에 의하면 데이터의 TCP 연결들에 의해 사용되는 대부분의 MTU 크기가 576 bytes와 1,500 bytes라고 관찰되었고, 각각 24%, 76%의 비율을 차지한다.

2.2 FTP 트래픽 모델

FTP 응용에서 세션은 reading time들로 구분되는 파일 전송 시퀀스로 구성된다. FTP 세션에는 두 가지 주요 파라미터들이 있다. 하나는 전송될 파일의 크기이고 다른 하나는 reading time이다. 이것은 이전 파일의 다운로드 종료 시점과 다음 파일에 대한 사용자의 요청 사이의 시간 간격을 의미한다. FTP의 기반이 되는 전송 프로토콜은 TCP이다.

표 2는 FTP 응용 세션에 대한 파라미터를 나타낸다. 기존의 논문들의 패킷 크기에 대한 결과에 기초해 보면, 1,500 bytes와 576 byte MTU를 사용해서 전송된다.

표 2. FTP 트래픽 모델 파라미터

Component	Distribution	Parameters
File size	Truncated Lognormal	평균= 2Mbytes 표준편차= 0.722 Mbytes 최대값= 5 Mbytes
Reading time	Exponential	평균= 180 sec.

2.3 WAP 트래픽 모델

브라우저로부터 온 각각의 WAP 요청(request)은 고정된 크기를 가지는 것으로 모델링되고 WAP 서버에게 지수 분포의 응답 시간을 갖는 응답(response)을 보내도록 한다. WAP 게이트웨이 응답시간(WAP gateway response time)은 요청의 마지막 옥텟(octet)이 전송되는 시간과 WAP 서버로부터 수신된 응답의 첫 번째 옥텟이 도착했을 때까지의 시간을 말한다.

응답 그 자체는 기하분포(geometrically distributed)를 가진 객체들의 수로 구성된다. 그리고 객체들 간의 도착간격은 지수 분포를 가진다. 지수 분포를 가진 reading time은 마지막 객체가 수신된 시점부터 WAP 브라우저가 다음 요청을 생성할 때까지이다. 표 3은 이 트래픽 모델의 파라미터에 대한 분포를 나타낸다.

표 3. WAP 트래픽 모델 파라미터

Packet based information types	Size of WAP request	Object size	# of objects per response	Inter-arrival time between objects	WAP gateway response time	Reading time
Distribution	Deterministic	Truncated Pareto (Mean= 256 bytes, Max= 1400 bytes)	Geometric	Exponential	Exponential	Exponential
DistributionParameters	76 octets	K = 71.7 bytes, = 1.1	Mean = 2	Mean = 1.6 s	Mean = 2.5 s	Mean = 5.5 s

시뮬레이션 기간 동안, WAP 트래픽 모델은 각각의 WAP 사용자들이 연속적으로 활성화 있다고 가정한다. 즉, WAP 요청을 생성하고, 응답을 기다리고 reading time동안 기다린 후 다음 요청을 생성한다.

2.4 Near Real-time Video 트래픽 모델

포워드 링크상의 스트리밍 비디오 트래픽에 대한 모델에서 각각의 비디오 데이터 프레임은 초 당 프레임 수(fps)에 의해 결정되는 일정한 간격 T 시점에 도착한다. 각각의 프레임은 고정된 수의 조각(slice)으로 분해되고, 각각 단일의 패킷으로 전송된다. 이러한 패킷/조각(packets/slices)의 크기는 truncated Pareto 분포를 가진다. 비디오 인코더에서의 인코딩 지연(encoding delay, Dc)은 한 프레임에 대한 패킷들 간의 지연 간격으로 정의된다. 이러한 지연 간격들은 truncated Pareto 분포로

모델링 된다.

32kbps의 비디오 소스를 사용해 표 4에 비디오 트래픽 모델 파라미터들이 정의되어 있다.

표 4. 비디오 스트리밍 트래픽 모델 파라미터

Information types	Inter-arrival time between the beginning of each frame	Number of Packets in a frame	Packet Size	Inter-arrival time between packets in a frame
Distribution	Deterministic(Based on 10fps)	Deterministic	Truncated Pareto (Mean=50bytes, Max=125bytes)	Truncated Pareto (Mean=6ms, Max=12.5ms)
Distribution Parameters	100ms	8	k=20bytes α=12	k=25ms α=12

3. 시뮬레이션 및 결과 분석

3.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 네트워크 시뮬레이션 분석 툴인 OPNET(Optimal NETwork Performance)을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 1은 시뮬레이션 모델을 나타내며, 각 트래픽 소스에서 발생된 데이터 트래픽은 Single-Server Single-Queue인 시스템에 인가된다. 시스템에 도착한 데이터는 출력링크가 Busy이면 큐(Queue)에 있다가 출력링크가 가용해지면 서비스를 받는다. 큐에서의 서비스 방식은 FCFS(First Come First Service)임을 가정한다.

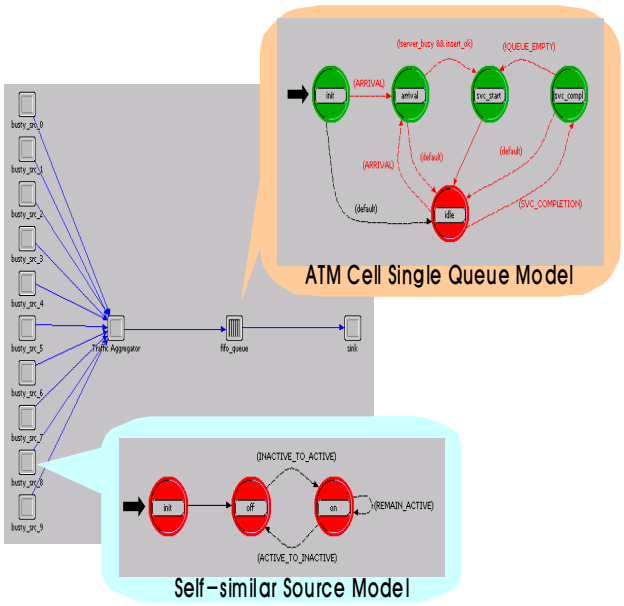
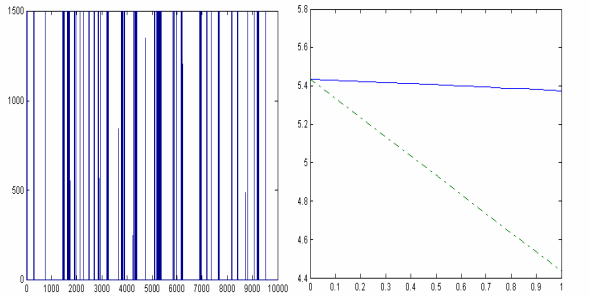


그림 1. OPNET 시뮬레이션 모델

3.2 HTTP 트래픽 분석

표 1의 HTTP 트래픽 모델 파라미터에 따라 트래픽을 발생시키고 분석한 결과를 그림 2에 나타내었다. 분석 결과, 트래픽 스트림의 분산계수 a=2.1525×10^3(bit-sec), Hurst Parameter값은 H=0.961 정도로 자기유사성이 강하게 나타났으며, 평균 데이터 수율은 14.35kbps 정도이다.

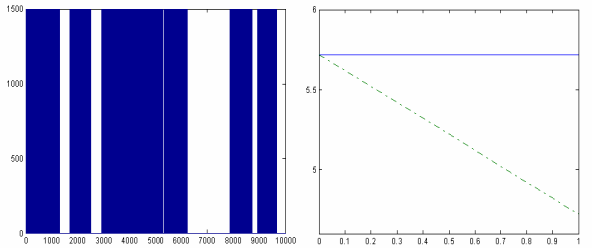


(a) Synthetic HTTP Traffic Time Trace (b) Variance-Time Plot (Estimated Hurst Value = 0.961)

그림 2. Synthetic HTTP 트래픽의 Time Trace 및 V-T Plot

3.3 FTP 트래픽 분석

표 2의 FTP 트래픽 모델 파라미터에 따라 트래픽을 발생시키고 분석한 결과를 그림 3에 나타내었다. 트래픽 스트림의 분산계수 a=1.2765×10^4(bit-sec), Hurst Parameter값은 H=0.999 정도로 자기유사성이 아주 강하게 나타났으며, 평균 데이터 수율은 85.106kbps 정도이다.

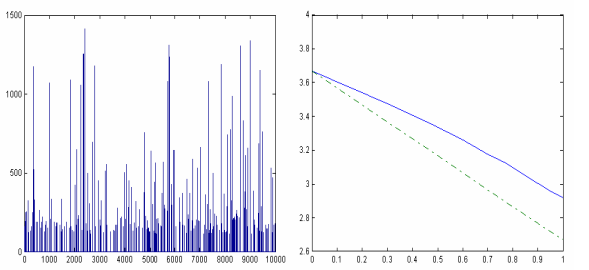


(a) Synthetic FTP Traffic Time Trace (b) Variance-Time Plot(Estimated Hurst Value = 0.999)

그림 3. Synthetic FTP 트래픽의 Time Trace 및 V-T Plot

3.4 WAP 트래픽 분석

WAP 트래픽 모델 파라미터에 따라 트래픽을 발생시키고 분석한 결과를 그림 4에 나타내었다. 분석 결과, 트래픽 스트림의 분산계수 a=6.2808×10^1(bit-sec), H=0.639 정도이며, 평균 데이터 수율은 14.35kbps이다.

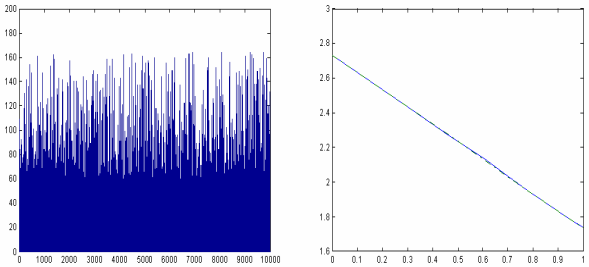


(a) Synthetic WAP Traffic Time Trace (b) Variance-Time Plot (Estimated Hurst Value = 0.639)

그림 4. Synthetic WAP트래픽의 Time Trace 및 V-T Plot

3.5 Near Real-time Video 트래픽 분석

rt-Video 스트리밍의 트래픽 모델 파라미터에 따라 트래픽을 발생시키고 분석한 결과를 그림 5에 나타내었다. 분석 결과, 트래픽 스트림의 분산계수 a=4.808×10^3(bit-sec), H=0.501로 자기유사성이 음성과 동일하게 거의 없는 것으로 나타났으며, 평균 데이터 수율은 32kbps 정도이다.



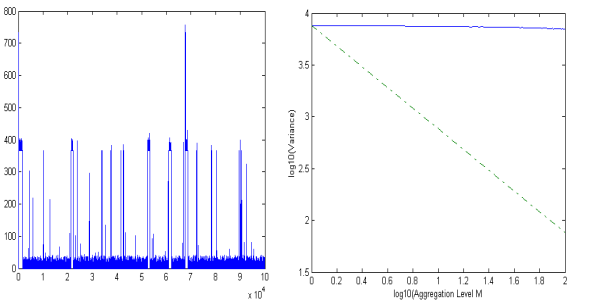
(a) Synthetic Near rt-Video Traffic Time Trace (b) Variance-Time Plot (Estimated Hurst Value = 0.501)

그림 5. rt-Videl 트래픽의 Time Trace 및 V-T Plot

3.6 Mixed 트래픽 분석

실제 시스템에서는 응용 트래픽들이 개별적으로 발생하지 않고 통합되어 발생한다. 각 응용 서비스별 혼용비율은 HTTP : FTP : WAP : rt-Video = 24.43% : 9.29% : 56.43% : 9.85%로 정하고 있다[6].

혼합된 트래픽을 발생시키고 분석한 결과를 그림 6에 나타내었다. 혼합 트래픽의 분산계수 a=2.2208×10^3(bit-sec), H=0.9로 자기유사성이 강하게 나타났으며, 평균 데이터 수율은 14.8kbps 정도로 산출되었다.



(a) Synthetic Service Mix Traffic Time Trace (b) Variance-Time Plot(Estimated Hurst Value = 0.989)

그림 6. 통합된 트래픽의 Time Trace 및 V-T Plot

4. 결 론

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.

IS-95B 및 95C 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.

이러한 관점에서 본 논문에서는 무선 광대역 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 일차적으로 서비스별 특성을 분석하고, 서비스 혼합에 따른 시뮬레이션을 수행하여 트래픽이 혼합된 상황에서의 특성을 분석하였다. 향후 연구 계획으로 큐 레벨(Queue Level) 뿐만 아니라, 시스템 레벨(System Level)에서의 자기유사 트래픽의 영향 및 Effective Bandwidth에 대한 시뮬레이션 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

[1] W.E.Leland, M.S. Taqqu, W.Willinger and D.V. Wilson, "On the Self-similar Nature of Ethernet Traffic(Extended Version)", IEEE/ACM Trans. On Networking, Vol.2, No.1, pp.1-15, 1994

[2] William Stallings, "High-Speed Networks and Internets : Performance and Quality of Service" Second Edition, Prentice Hall, pp. 220-222, 2002

[3] Kihong Park, Gitae Kim, Mark Crovella, "On the relationship between file sizes, transport, protocols, and self-similar network traffic", 1996

[4] A.A. Patel, C.L. Williamson, "Effective Bandwidth of Self-similar Traffic Sources: Theoretical and Simulation Results", 1997

[5] A.A. Patel, C.L. Williamson, "Statistical Multiplexing of Self-Similar Traffic: Theoretical and Simulation Results", 1997

[6] "CDMA2000 Evaluation Methodology Revision 0", 3GPP2 C.R1002-0 Ver1.0, pp.50-89, Dec. 10, 2004

[7] I. Norros, "A Storage Model with Self-Similar Input", Queueing Systems, Vol. 16, pp.378-396, 1994

[8] Z. Fan, P. Mars, "Accurate Approximation of Cell Loss Probability for Self-similar Traffic in ATM Networks,"Electronics Letters, Vol. 32, No. 19,pp.1719-1751,Sep. 1996.