

GPRS망에서 GGSN IP Buffer 관리기법의 성능분석

박선춘⁰⁾ 마경민^{**} 김영진^{***} 이형우^{**} 조중호^{*}

^{*}고려대학교 전자공학부

^{**}고려대학교 전자 및 정보 공학부

^{***}한국 전자통신 연구원

{fireout,makm}@tigerking.korea.ac.kr yikim@amadeus.etri.re.kr {hwlee,chcho}@tiger.korea.ac.kr

Performance Analysis of GGSN IP Buffer Management Strategies in A GPRS Network

Sun-Chun Park⁰⁾ Kyung-Min Ma^{**} Young-Jin Kim^{***} Hyeong-Woo Lee^{**} Choong-Ho Cho^{*}

^{*}Dept. of Computer Science, Korea University

^{**}Dept. of Electronics and Information Engineering, Korea University

^{***}ETRI

요 약

인터넷의 폭발적인 증가와 다양한 무선 서비스에 대한 계속적인 수요 증가에 따라 용량이 크고, 데이터 전송 속도가 빠르며, 멀티미디어를 지원할 수 있는 무선 서비스가 필요하게 되었다. 이동통신 시스템에서 단말과 인터넷망을 연결하는 GPRS network에서 GGSN의 인터넷 패킷 트래픽을 효과적으로 처리할 수 있는 방안이 연구되어야 한다. GGSN은 기존의 라우터처럼 하드웨어적으로 구현되는 것이 이상적이지만 GTP(GPRS Tunneling Protocol)가 추가되므로 좀더 복잡한 형태의 gateway가 초기단계에서는 소프트웨어적으로 구현되어 질것이다. 이러한 GGSN의 성능과 용량을 최적화시키기 위한 패킷 트래픽 처리방안에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에는 GGSN의 다중 링크상에서 입력되는 각 클래스별 트래픽 모델을 정립하고 트래픽에 대한 특성과 버퍼 관리에 대해 살펴본다.

1. 서론

현재까지의 광역 무선 데이터 서비스는 그 속도가 빠르지 않으며, 경제성 때문에 인터넷 액세스의 불편한 점이 있다. 또한 멀티미디어 통신에는 더욱 적합하지 않다. 최근 통계를 보면 전화 트래픽의 성장은 거의 정체된 반면에 전체 인터넷 트래픽은 가파르게 증가됨에 따라 전체 통신 트래픽 가운데 전화가 차지하는 비율은 갈수록 미미해지고 있고, 이에 따라 인터넷 트래픽을 효과적으로 제어하기 위해 정확한 성능 분석이 요구되고 있다.

유럽 방식인 WCDMA 방식은 기존의 2세대 TDMA 기술인 GSM을 바탕으로 되어있으며, 무선 인터페이스를 통해 전달되는 IP(Internet Protocol) 패킷을 인터넷에 보내기 위해서, GPRS(General Packet Radio Service) 망이 사용된다. 즉, 무선 인터페이스와 인터넷을 연결해주는 망인 GPRS-MIP 망이 필요하다. GPRS 망에서는 외부망과 게이트웨이 역할을 담당하는 GGSN(Gateway GPRS Support Node)을 통하여 인터넷과의 접속을 한다. 복잡한 형태를 갖는 GGSN은 초기단계에서는 소프트웨어적으로 구현되어 질것이다. 이러한 GGSN의 성능과 용량을 최적화시키기 위한 패킷 트래픽 처리 방안에 대한 연구가 필요하다. [1,2,3]

GGSN에 도착되는 패킷 트래픽의 모델을 정립하고, 이를 효율적으로 처리하기 위한 IP 및 GTP(GPRS Tunneling Protocol) 레벨에서의 버퍼 크기 분석과 트래픽 클래스별 QoS 별로 Service Priority, Throughput, Reliability, Delay 등을 고려하는 단말의 이동성 제어가 필요하다. 인터넷 트래픽은 voice, video, WWW, Email 4 가지로 나눌 수 있는데 이중에서 시간지연(delay)에 민감한 트래픽(Voice, Video)과 시간 지연에 민감하지 않은 트래픽(WWW, Email)으로 나누어 질 수 있다. [6,7,9] 이 논문에서는 시간 지연에 민감하지 않은 트래픽 특성과 버퍼 관리 관리에 대해서 연구하였다.

논문의 구성은 2장에서 GPRS/UMTS에 대해서 살펴보고, 3장에서는 시스템에서 사용되어지는 트래픽의 모델을 살펴보고, 4장에서는 QoS를 위한 스케줄링 알고리즘에 대하여 알아보고, 5장에서는 3장의 트래픽 모델과 4장의 기법들을 이용한 시뮬레이션에 대하여 살펴보고, 마지막장에서는 이에 대한 결론으로 끝을 맺는다.

2. GPRS/UMTS

GPRS/UMTS는 효율적인 방법으로 고속 및 저속의 데이터와 신호를 전송하는 패킷모드 기술이다. 망과 무선 자원들의 사용을 최적화하고, 무선 하부시스템과 망 하부시스템의 엄격한 분리가 유지된다. 즉, 망 하부시스템이 다른 무선 접속 기술

에 재사용되는 것을 허용한다. 이러한, GGSN은 라우터의 기능을 가지고 있으며 인터넷과 같은 외부망과 연결된다.

2.1 GPRS/UMTS 프로토콜 구조 [1,2]

그림 2-2는 GPRS/UMTS의 사용자 단계에서 프로토콜 구조를 보여주고 있다. 구성을 보면 PDP 신호 메시지에 의해서 GSNs들과 터널을 형성해주는 GTP와 UDP/IP, L2는 ATM로 구성되는 것을 볼 수 있다.

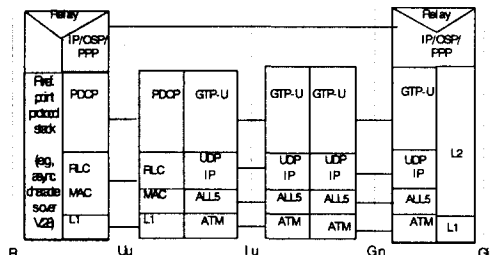


그림 2-1 UMTS User Plane for PDP Type IP/OSP/PPP

3. Traffic 모델 [7]

지금까지 대부분의 인터넷 트래픽 연구는 백본망에서 트래픽 모델링을 위한 연구이다. 이들 연구는 주로 백본망에서 웹 트래픽의 모델로서 이미 이전부터 패킷데이터 트래픽을 모델링 하는데 제안되었던 Poisson Process 와 Markov Modulated Poisson Process(MMPP) 같은 Poisson 모델의 부적합성을 보이고 있다. 최근 연구에 의하면 이러한 Poisson 모델이 패킷 데이터 트래픽의 몇 가지 중요한 특성을 간과하는 경우가 있는데, 예를 들어 exponential distribution of the memoryless 특성을 나타내지 않는 heavy-tail distribution 은 aggregated 된 트래픽의 self-similar behavior 를 이끌어낸다. Self-similarity는 패킷 데이터 트래픽의 arrival pattern 을 예상 가능하게 하고, 망 자원을 올바르게 준비할 수 있도록 하는데 매우 중요한 모델로 이용된다.

3.1 Email Traffic Model

그림 3-1처럼 E-mail session 이 일어나는 동안 ON/OFF traffic pattern을 발생한다.

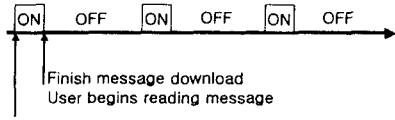


그림 3-1 Email: ON/OFF Traffic model

ON period는 메시지가 다운로드 되는 시간을 나타내고, OFF period는 두개의 연속적인 메시지의 시작과 끝 사이의 간격을 나타낸다. 즉 OFF period는 사용자가 메시지를 읽는 reading time을 가리킨다.

x_e 의 probability distribution function은 다음과 같다. x_e = E-mail message size (byte)

$$F(x_e) = \begin{cases} 1 - e^{-e^{-k_1} x_e^{c_1}} & \text{if } F(x_e) \leq 0.5 \\ 1 - e^{-e^{-k_2} x_e^{c_2}} & \text{if } F(x_e) > 0.5 \end{cases}$$

$$x_e = ((-e^{k_1}) \times \log(1 - U))^{1/c_1}$$

$$k_1 = 18.36 \quad c_1 = 2.04$$

$$k_2 = 3.33 \quad c_2 = 0.37$$

U = uniform distribution (0~1)

OFF period는 heavy-tailed 분포라고 가정하면 일반적으로 Pareto CDF를 사용한다. t_e = off time (sec)

$$\Gamma_e(t_e) = 1 - \left(\frac{k_e}{t_e}\right)^{a_e} \quad t_e = \frac{k_e}{(1-u)^{1/a_e}}$$

$k_e=30$ off period minimum time, $a_e=1.5$

3.2 WWW Traffic Model

사용자가 URL 요청을 했을 때, WWW server는 사용자에게 응답을 발생시키는 client program을 실행시키고, URL에 관계된 모든 요청이 완료될 때, 사용자는 다음 요청을 시작하기 전에 정보를 읽는 시간이 필요할 것이다. 따라서 WWW 트래픽을 active와 inactive periods로 구성하여 모델링 한다. WWW 트래픽의 arrival pattern은 그림3-2와 같다.

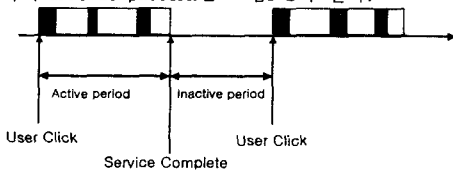


그림 3-2 WWW Traffic model

Active ON(active period)은 사용자의 요청시간부터 서비스가 완료되는 시간을 말하며, 각 파일들의 전송시간과 두개의 파일을 수신할 때의 짧은 간격인 active OFF time으로 구성된다. Inactive OFF (Inactive period)는 사용자가 수신한 정보를 읽는 시간을 말한다.

ON time에서의 파일 크기는 Pareto distribution CDF를 따른다. x_w = WWW 파일 크기(byte)

$$F_w(x_w) = 1 - \left(\frac{k_w}{x_w}\right)^{a_w} \quad k_w=2739.67(\text{byte}), a_w=1.2$$

Active OFF는 Weibull distribution CDF를 따른다.

$$\Gamma_w(t_w) = 1 - e^{-\left(\frac{t_w}{a}\right)^b} \quad t_w = \text{active off time 이다.}$$

$a=0.382, b=1.46$

Inactive OFF는 Pareto distribution CDF를 따른다. t'_w = Inactive off time

$$\Gamma_w(t'_w) = 1 - \left(\frac{k'_w}{t'_w}\right)^{a'_w} \quad k'_w = 1(\text{sec}), a'_w = 1.5$$

Active on에서 off로 가는데 이때 off의 종류가 두 개 이므로 사용자 click 시점에서 파일의 개수를 구해야 service

complete 시점을 구할 수 있다.

$$F_f(x_f) = 1 - \left(\frac{k_f}{x_f}\right)^{a_f}$$

$k_f=1$ minimum file number $a_f=2.43$

4. 스케줄링 알고리즘

패킷 스케줄링이란 패킷 교환기에 도착하여 전송을 기다리는 패킷의 서비스 순서를 결정하는 방법이다.

4.1 FCFS(First Come First Serve)[10]

가장 보편적으로 사용되는 FCFS 방법은 도착순서대로 패킷을 공통 버퍼에 저장하였다가 도착 순서대로 패킷을 전송한다. 이 방법은 가장 단순한 방법으로 대부분의 인터넷 라우터는 FIFO 스케줄링 방법을 사용한다. 그러나 FCFS 방법은 각 사용자 flow의 독립성을 유지하지 못하고 공평성을 보장하지 못한다. 즉, FCFS는 패킷을 무조건 많이 보내는 flow에게 망 자원을 더 많이 할당한다는 단점을 가지고 있다. 그러므로, 스케줄링 방법을 이용하여 QoS를 지원하는 문제 외에 패킷 교환망에서 flow 간의 간섭을 없애고 독립성을 유지하는 것도 매우 중요한 문제이다. 공평성을 보장하는 스케줄링 방식은 각 flow가 다른 flow에게 피해를 주지 않도록 제어하며 각 flow에게 공평하게 서비스를 배분한다. 공평성과 QoS 지원을 위해 제안되는 방식들은 다음과 같다.

4.2 GPS(Generalized Processor Sharing) -WFQ(Weighted Fair Queuing)[8,10]

각 흐름(flow)마다 다른 비율로 대역폭을 할당 받을 수 있도록 하는 방식으로 각 흐름에 대한 서비스가 무한히 작은 단위로 이루어질 수 있다는 가정하에 생각된 방법이다. 그렇게 함으로써 최악의 상황에서도 할당된 대역폭을 보장 할 수 있는 이상적인 스케줄링 방식이다. 그러나 실제로 모든 전송은 패킷 단위로 하고, 하나의 서버로 모든 흐름을 동시에 서비스 할 수 없기 때문에 이 방식은 실제계에서 구현이 불가능하다. 그러나 GPS는 가장 공평한 스케줄링 방법이며 입력 트래픽의 량이 적절하게 제한된 경우에 성능 보장성을 지원한다. GPS가 가장 공평하게 패킷을 처리하므로 GPS를 에뮬레이트하는 많은 스케줄링 방법이 제안되어 있는데 가장 대표적인 방법으로 WFQ(Weighted Fair Queuing) 방법이 있다.

망에서 전송시간이 큰 패킷이 같은 순서로 전송이 될 경우, 여기에 적용되는 다양한 서비스 클래스 사이에는 fairness와 resource 할당이 이루어져야 한다. 이에 스케줄러는 다양한 서비스 algorithm을 사용해야만 하고, lower priority service class queues보다 좀더 자주 이용되는 service class queue를 이용하게 된다. 다시 말해서 서비스의 정확성과 타당한 수행결과를 이루기 위해서 heavily weighted 트래픽이 lighter weighted 트래픽보다 자주 서비스 되어야 한다.

WFQ는 이상적인 GPS(General Processor Sharing) behavior와 패킷 레벨상으로 매우 비슷하다. GPS는 하나하나의 FIFO 큐가 존재하며, 순서대로 먼저 들어온 것이 우선적으로 서비스 share가 되는 방식인데 반해서, WFQ는 큐로부터 한번에 하나의 패킷을 전송하고, 또 이를 이용하여 각 큐에 있는 각 패킷에 대하여 virtual finish time 계산이 가능하다. 따라서 가장 작은 virtual finish time을 가진 패킷이 가장 먼저 선택된다.

일반적으로 WFQ 기법에서는 데이터를 high-bandwidth sessions과 low-bandwidth sessions 두 가지의 범주로 나누게 되는데, high-bandwidth 트래픽보다는 low bandwidth 트래픽이 더욱 높은 우선순위로 제어하는 경우가 많다. 예를 들어 congestive messages threshold를 넘게 되더라도 제어 메시지와 같은 low-bandwidth 트래픽을 우선적으로 전송하게 할 수가 있다.

5. 시뮬레이션

사용자가 전송할 데이터는 전송하기 전에 먼저 패킷 단위로 분할 되어 순차적으로 패킷망에 전송된다. 짧은 정보는 1개의 패킷으로 구성되지만 긴 정보는 여러 개의 패킷으로 나누어져 전송된다. 각 클래스별 트래픽은 각자의 큐에 저장되고, IP Scheduler에 의해 정해진 순서로 IP Process가 처리한다.

본 논문에서는 FCFS, 간단한 FQ와 WFQ를 고려하여 시뮬레이션을 하였다.

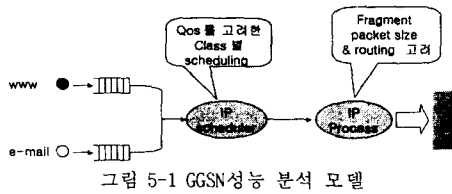


그림 5-1 GGSN성능 분석 모델

시뮬레이션 파라메타

- IP Processing time : 5.24Mbps
- IP Packet Size : 1Kbyte
- WWW 전송속도 : 384Kbps
- Email 전송속도 : 384Kbps
- Simulation Time : 30000 sec

[simulation 1] WWW와 Email 트래픽의 각각을 무한 Buffer로 두고, User를 증가시키면서 Buffer Size 별로 Dropping Probability를 구하였다.

- WWW User : 160-192 명
- Email User : 13000-15300 명
- Buffer Size : 1.0 □ 4.5 Mbyte

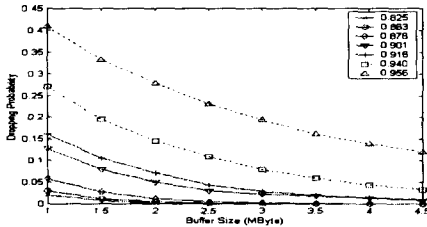


그림 5-2 Buffer Size별 Dropping Probability (WWW)

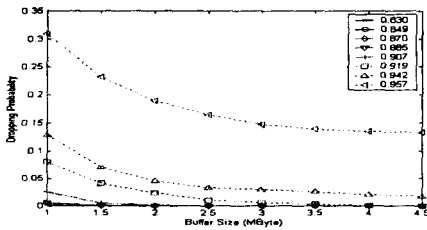


그림 5-3 Buffer Size별 Dropping Probability (Email)

WWW 트래픽이 Email보다 Dropping이 더욱 큰 것을 볼 수 있었으며, 버퍼가 증가하면서 Dropping이 점점 줄어드는 경향을 볼 수 있다. 이러한 이유는 WWW 트래픽이 Bursty한 성격을 가지고 있기 때문에 Email보다 낮은 Utilization에서 Dropping이 발생하고, Dropping Probability가 높음을 볼 수 있다.

[simulation 2] WWW 트래픽을 90%와 Email 트래픽을 10%로 혼합하여 발생시켜, Buffer 관리 기법에 따른 Dropping Probability를 구하였다.

- WWW User : 130-172 명
- Email User : 1279-1685 명
- WWW Buffer Size : 2Mbyte
- Email Buffer Size : 0.5Mbyte
- Weight 5 : WWW Weight 5, Email Weight 1
- Weight 15 : WWW Weight 15, Email Weight 1

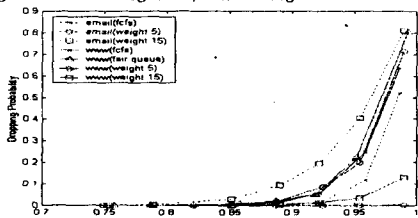


그림 5-4 Buffer 관리 기법별 Dropping Probability

4장에서 언급한 패킷 스케줄링 알고리즘에 의한 FCFS와 간단한 Fair Queuing, WFQ에서 Weight를 5:1, 15:1을 갖는 시뮬레이션의 결과이다.

혼잡이 발생하지 않는 구간에서는 모두 비슷한 경향을 보이고 있다. 하지만, 예상하였던 대로, 혼잡구간에서 FCFS는 QoS를 보장하기 위한 조절이 힘든 것을 볼 수 있었으며, Fair Queuing에서는 Email의 Dropping이 전혀 발생하고 있지 않지만, 상대적으로 WWW의 트래픽의 Dropping이 가장 높음을 볼 수 있었다. WFQ에서는 Weight의 조정에 의해 WWW 트래픽의 Dropping이 줄어 들고, 대신 Email의 Dropping이 높아지는 경향을 보이는데, 이것을 통해 우리가 원하는 QoS를 보장하기 위해 Weight를 조정함으로써 충분히 보강할 수 있다는 가능성을 보았다.

6. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 GPRS/UMTS에서 다른 외부망과 게이트웨이 역할을 하는 GGSN시스템의 IP 버퍼 분석을 하였다. 이를 위하여, 첫번째, GPRS/UMTS에서 시스템들간의 인터페이스 구조와 프로토콜구조에 대해서 소개하였고, 두 번째, GGSN에 도착되는 클래스별 패킷 트래픽의 모델을 정립하였고, 세 번째, 성능분석 모델을 통해서 클래스 트래픽 발생시의 스케줄링 알고리즘별 Dropping을 구하였다.

실제 GPRS/UMTS서비스가 이루어질 경우에 성능평가 면에서 다양한 QoS를 요구하는 서비스에 대해서 보장된 서비스를 해주는 스케줄링 알고리즘으로 WFQ를 이용하여 Weight를 조정함으로써 QoS를 보장하여 줄 수 있음을 볼 수 있었다.

또한 앞으로, 해결되어야 할 내용은 하위 레벨에서 상위 레벨에 이르는 다양한 트래픽에 대한 패킷 레벨(congestion control, scheduling, etc) 뿐만 아니라 flow 레벨(CAC, routing, handoff, etc)에서도 우선 순위를 고려한 제어가 이루어져야 할 것이다. 그러므로 고려되어야 할 매카니즘은 패킷 분류기, 패킷 스케줄러, estimator 및 혼잡제어 알고리즘(WRED)이나 호 수락 제어 알고리즘(CAC)과 같은 혼합된 관리 인터페이스가 고려되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 3G TS 22.060, "General Packet Radio Service(GPRS): Service description, Stage 1", 1999.
- [2] 3G TS 23.060, "General Packet Radio Service(GPRS): Service description, Stage 2", 1999
- [3] 3G TS 29.060, "General Packet Radio Service(GPRS);GPRS Tunneling Protocol(GTP) across the Gn and Gp Interface", 1999
- [4] 3G TS 23.107, "QoS Concept and Architecture", 1999
- [5] 김중권, "QoS 지원을 위한 패킷 스케줄링 알고리즘", Telecommunications Review, Vol. 3, No. 3, 5-6월, 2000, pp.481-491.
- [6] Hyekeun Park, Choongho Cho, Hyongwoo Lee, "Internet Traffic modeling in the access network" 정보과학회지 17권 3호, 1999
- [7] Joseph Ho, Yixin Zhu, and Seshu Madhavapeddy, "Throughput and Buffer Analysis for GSM General Packet Radio Service(GPRS)" WCNC, 1999IEEE. Vol.3 p1427-1431
- [8] Parehk, A.K., and R.G.Gallager, "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks - The Single Node Case", IEEE/ACM Transactions on Networking, June 1993, pp. 344-357
- [9] Wonkwang Baik, Hyongwoo LEE, "A Hybrid CDMA/TDMA Protocol for Intergrated Voice/Data Transmission" JCCI, 2000
- [10] William Stallings, "High-speed network : TCP/IP and ATM design principles", Prentice-Hall, 1998, pp. 325-338