

GPRS 망에서 실시간 트래픽의 QoS 보장에 관한 연구

곽용원^o 박웅 정영식 민재홍
한국전자통신연구원 표준연구센터
{yongwon^o, wungp, jys, jhmin }@etri.re.kr

A study on QoS Guarantee of Real-time traffic in GPRS Network

Yongwon Kwak^o Wung Park Youngsik Jeong Jaehong Min
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

비동기식 제 3 세대 이동통신 시스템인 GPRS 망은 기존의 제 2 세대 통신인 GSM(Global System for Mobile Communication) 방식에 GGSN(Gateway GPRS Support Node)과 SGSN(Serving GPRS Support Node)노드를 추가함으로써 패킷 교환 방식을 가능하게 하였다. GPRS 망에서 멀티미디어 서비스들의 QoS 제공을 위하여, GPRS 망과 인터넷 망을 연결시켜주는 관문(Gateway) 역할을 수행하는 GGSN 노드의 실시간 트래픽들에 대한 처리 능력 분석이 필수적이다. 따라서, GGSN 에서 클래스 별 QoS 보장을 위한 정확한 성능 분석이 필요하다.

1. 서론

무선링크상에서 대역폭을 효율적으로 사용하고, 이동통신망에서 데이터 통신을 효과적으로 처리하기 위해, 무선 패킷 교환망에서 많은 연구들이 진행되어 왔다. GSM(Global System for Mobile Communication)은 유럽과 일부 아시아 국가에서 주요한 이동통신 방식이며, TDMA 와 FDMA 를 함께 적용하여 이동 스테이션에게 전용채널을 할당한다. GPRS (General Packet Radio Service)는 2 세대 방식인 GSM 을 기반으로 패킷 교환방식을 가능하게 한다. GPRS 는 종단간(end-to-end) 패킷 교환(Packet-Switched) 서비스를 제공하기 위해 GSM 구조를 재 사용하고 새로운 노드인 GGSN (Gateway GPRS Support Node)노드와 SGSN(Serving GPRS Support Node)노드가 추가된다. 즉, GPRS 는 기존의 GSM 사용자가 멀티미디어 서비스를 위하여 데이터 패킷을 외부 인터넷망에 연결시켜주는 역할을 하게 된다. 여기서 외부 인터넷 망과의 게이트웨이 역할을 담당하는 것이 GGSN 이다. GPRS 를 위한 지원 노드인 GGSN 은 하나의 PLMN(Public Land Mobile Network)에서 여러 개의 SGSN 과 연결되어 외부 네트워크와의 접속점의 역할을 한다. GGSN 은 PDP(Packet data protocol)에 의해 패킷 데이터망에 액세스 되는 노드이며, 접속된 GPRS 사용자들을 위한 라우팅 정보를 포함하고 있다. 라우팅 정보는 MS(Mobile Station)의 현재 접속점 (예, SGSN)으로 PDU(Packet Data Unit)들을 터널링 하는 데 사용된다. [1,2,3] GGSN 은 GPRS 를 지원하는 2 세대, 3 세대 PLMN 과 함께 PDN 의 상호 연결을 위한 첫번째 지점(Gi reference)으로 외부 망에서 들어온 데이터가 GTP(GPRS Tunneling Protocol)로 캡슐화(encapsulation) 된 후 UDP, IP 를 거쳐서 전송

된다 [4]. 이 때문에 GGSN 에서 클래스 별 QoS 보장을 위한 정확한 성능 분석과 GGSN 의 성능을 향상시키기 위한 연구가 필요 하다. 이동가입자에게 음성 서비스는 물론 데이터 서비스에 대한 QoS (Quality of Service)를 제공하기 위하여, 3GPP 에서는 많은 QoS 파라미터들을 정의하고 있다. 제안된 파라미터들로는 서비스 우선 순위, 지연, 신뢰성, 클래스 처리율 등이 있으나, QoS 제어 기법은 구체화 되어 있지 않다. 이를 위하여 본 연구에서는 GGSN 노드의 QoS 성능 지표를 찾기 위한 시뮬레이션 과 분석을 한다. 본 논문에서는 WFQ (Weighted Fair Queueing) 스케줄링 알고리즘을 적용하여 실시간 트래픽인 Speech, Video 트래픽의 QoS 를 보장 해주고자 한다. 본 논문의 구성은 2 장에서 GPRS 망의 구조 및 QoS 요구사항과 PDP Context 설정절차에 대해 기술하고, 3 장에서는 입력 트래픽 모델을 기술 한다. 4 장에서는 시뮬레이션을 통한 분석을 하여 5 장에서는 결론과 향후 연구과제로서 끝을 맺는다.

2. GPRS 망구조 및 QoS 요구사항[2,3,6]

GPRS 를 위한 지원 노드인 GGSN 은 하나의 PLMN 에서 여러 개의 SGSN 과 연결되어 외부네트워크와의 접속점의 역할을 한다. GGSN 은 PDP(Packet data protocol)에 의해 패킷 데이터망에 액세스 되는 노드이며, 접속된 GPRS 사용자들을 위한 라우팅 정보를 포함하고 있다. 라우팅 정보는 MS 의 현재 접속점 (예,SGSN)으로 PDU 들을 터널링하는 데 사용된다. 그림 1 에서 보듯이 GGSN 은 GPRS 를 지원하는 2 세대, 3 세대 PLMN 과 함께 PDN 의 상호 연결을 위한 첫번째 지점(Gi reference)이다. 외부망에서 들어온 데이터가 GTP(GPRS Tunneling Protocol)로 캡슐화(encapsulation) 된 후 UDP/IP 를 거쳐서

데이터링크 계층을 통해 SGSN 으로 전송된다. UDP/IP 는 라우팅 사용자 데이터와 제어 신호를 위해 사용되는 백본망 프로토콜로서, 한 GGSN 에 연결되어 있는 SGSN 들간의 연결을 설정해 주기도 한다. SGSN 은 Gb 인터페이스를 통하여 MS 를 지원하는 노드이다. GPRS 접속에서 SGSN 은 MS 에 대한 이동성과 보안정보를 포함하는 mobility management context 을 설정한다. 사용자 데이터를 MS 와 외부 데이터망 사이에서 투명하게 전송 시키는 방법으로는 GTP(GPRS Tunne-ling Protocol)에 의한 SGSN 과 GGSN 간의 터널링 방법이 있다.

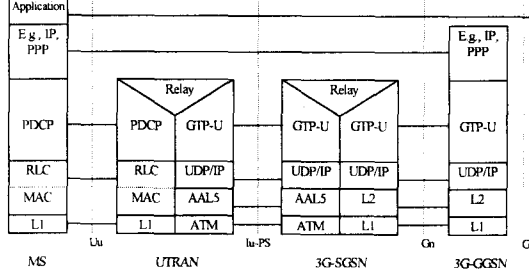


그림 1 GPRS/UMTS User Plane

표 1 은 현재 GPRS/UMTS 에서 정의된 클래스별 속성에 대해서 설명하고 있다.

표 1 GPRS/UMTS QoS classes [6]

Traffic class	Conversational class Conversational RT	Streaming class streaming RT	Interactive class Interactive best effort	Background Background best effort
Fundamental characteristics	- Preserve time relation (variation) between information entities of the stream Conversational pattern (stringent and low delay)	- Preserve time relation (variation) between information entities of the stream	- Request response pattern - Preserve payload content	- Destination is not expecting the data within a certain time Preserve payload content
Example of the application	Voice	Streaming video	Web browsing	background download of emails

표 2 Value ranges for GPRS/UMTS Bearer Service Attributes [6]

Traffic class	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
Maximum bitrate (kbps)	< 2 048 (1) (2)	< 2 048 (1) (2)	< 2 048 - overhead (2) (3)	< 2 048 - overhead (2) (3)
Delivery order	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Maximum SDU size (octets)	≤ 1 500 or 1 502 (4)	≤ 1 500 or 1 502 (4)	≤ 1 500 or 1 502 (4)	≤ 1 500 or 1 502 (4)
SDU format information	(5)	(5)		
Delivery of erroneous SDUs	Yes/No/ (6)	Yes/No/ (6)	Yes/No/ (6)	Yes/No/ (6)
Residual BER	$5 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	$5 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	$4 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$ (7)	$4 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$ (7)
SDU error ratio	10^{-2} , $7 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	10^{-1} , 10^{-2} , $7 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}	10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}
Transfer delay (ms)	100 - maximum value	250 - maximum value		
Guaranteed bit rate (kbps)	< 2 048 (1) (2)	< 2 048 (1) (2)		
Traffic handling priority			1, 2, 3 (8)	
Allocation/Retention priority	1, 2, 3 (8)	1, 2, 3 (8)	1, 2, 3 (8)	1, 2, 3 (8)

표 3 Value ranges for Radio Access Bearer Service Attributes [6]

Traffic class	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
Maximum bitrate (kbps)	< 2 048 (1) (2)	< 2 048 (1) (2)	< 2 048 - overhead (2) (3)	< 2 048 - overhead (2) (3)
Delivery order	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Maximum SDU size (octets)	≤ 1 500 or 1 502 (4)	≤ 1 500 or 1 502 (4)	≤ 1 500 or 1 502 (4)	≤ 1 500 or 1 502 (4)
SDU format information	(5)	(5)		
Delivery of erroneous SDUs	Yes/No/ (6)	Yes/No/ (6)	Yes/No/ (6)	Yes/No/ (6)
Residual BER	$5 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	$5 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	$4 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$ (7)	$4 \cdot 10^{-2}$, 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$ (7)
SDU error ratio	10^{-2} , $7 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	10^{-1} , 10^{-2} , $7 \cdot 10^{-3}$, 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}	10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}	10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}
Transfer delay (ms)	80 - maximum value	250 - maximum value		
Guaranteed bit rate (kbps)	< 2 048 (1) (2)	< 2 048 (1) (2)		
Traffic handling priority			1, 2, 3 (8)	
Allocation/Retention priority	1, 2, 3 (8)	1, 2, 3 (8)	1, 2, 3 (8)	1, 2, 3 (8)
Source statistic descriptor	Speech/unknown	Speech/unknown		

본 연구에서는 표 2 와 3 을 참조하여 GGSN 노드에서 Speech 와 Video 트래픽에 대한 성능 목표치를 설정하였다. 실제로 AMR speech codec 과 MPEG-4 video codec 을 보면 단단단(end-to-end) 지연시간을 각각 100ms, 200ms, codec frame length 를 20ms 로 고려하였다.

3. GPRS 망에서 패킷 흐름도

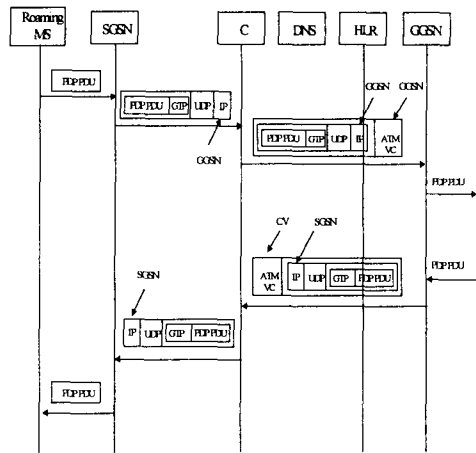


그림 2 GPRS 망에서 패킷 흐름도

그림 2 에서 CV 는 전송 계층 변환기(transport layer converter)를 의미한다. 이것은 노드 IP 주소를 ATM 주소에 매핑(mapping) 시킨다. CV 는 또한 ATM SVC 링크에 대한 종단점을 의미한다. CV 는 IP 기반 터널링 망과 ATM SVC 터널링 망 사이에서 사용자 패킷을 전달하며 각각의 GTP 터널링에 대한 SVC 링크를 관리한다. 위의 그림 6 은 GPRS 망에서 패킷의 흐름도에 대해 나타낸다. MS 가 SGSN 에게 PDU 를 보내면 SGSN 은 이를 UDP 헤더와 GGSN 의 주소를 갖고 있는 IP 헤더로 encapsulation 한후 핵심망(Core Network)으로 패킷을 보낸다. 여기서는 ATM-SVC 가 설정되므로 GGSN 의 ATM 주소를 갖고 있는 ATM-VC 를 붙인후 GGSN 에게 전송된다.

4. 입력 트래픽 모델

4.1 Speech Traffic Model

On-Off 모델이라고 가정하면 일반적으로 voice on=1 초, voice off=1.35 초
Speech on, off length 가 지수함수를 따른다고

가정한다. Speech ON 평균 시간을 1 초로 하면 $k_{von}=1$ 이고, 이 상태에서 exponential 한 t_{on} 의 결과를 얻어낸다. t_{on} 은 active period(active time)을 나타낸다. U 는 0~1 까지 uniform 한 distribution 이다.

$$e^{-(t_{on}/k_{von})} = U(0 \sim 1) \quad t_{on} = -k_{von} \log(u)$$

Speech OFF 평균 시간을 1.35 초로 하면 $k_{voff}=1.35$ 이고, 이 상태에서 exponential 한 t_{off} 의 결과를 얻어낸다.

$$e^{-(t_{off}/k_{voff})} = U(0 \sim 1) \quad t_{off} = -k_{voff} \times \log(u)$$

t_{off} 는 inactive period(inactive time)를 나타낸다.

4.2 Video Traffic Model

각각의 video 사용자에서 AR(Autoregressive) 모델을 이용하여 트래픽을 분석 하였다.

$$\lambda_v(n) = a\lambda_v(n-1) + bw(n)$$

$\lambda_v(n)$ new video 패킷의 생성율[packets/sec]

$\lambda_v(n-1)$ oid video 패킷의 생성율[packets/sec]

$\lambda_v(0) = 0$ 이라고 놓는다.

$\lambda_v(n) = a\lambda_v(n-1) + bw(n)$ 에서 $w(n) =$ white gaussian noise

$w(n)$ 독립적인 Gaussain 확률 변수 $\sim N(\eta, \sigma_w^2)$

n: video 프레임 인덱스

a, b: AR 모델의 파라미터

한 video 사용자에게서 나오는 패킷의 평균

$$\text{도착율 } \bar{\lambda} = \frac{b}{1-a} \eta$$

한 video 사용자에게서 나오는 패킷의 도착율의

$$\sigma_v^2 = \frac{b^2}{1-a^2} \sigma_w^2$$

편차 : $a = 0.8781$ $b = 0.1108$

video traffic 은 바로 전의 영상과 차이만큼만 보내면 되므로 autoregressive model 을 사용하면 거의 비슷하다고 볼 수 있다.

5. 시뮬레이션 분석

본 장에서는 GGSN 노드의 입력된 IP 트래픽에 대해 WFQ 스케줄링 알고리즘을 적용하여, 지연에 민감한 실시간 트래픽(Speech, Vide)의 평균 큐 지연 시간에 따른 패킷의 제거율을 분석하였다. 실시간 트래픽의 QoS 조건을 만족시키는 한편, 패킷 제거율을 낮추기 위해 평균 큐 지연시간의 허용치를 어떻게 설정할 것인지는 중요한 문제이다. 2.1 절에서의 표 2 와 표 3 을 보면 Speech 의 AMR speech codec 과 Video 의 MPEG-4 video codec 을 보면 단대단(end-to-end) 지연시간을 각각 100ms, 200ms, codec frame length 를 20ms 로 고려하였다. 실제로 GPRS/UMTS 망에서의 GGSN 노드에서도 실시간 서비스의 QoS 보장을 위해서는 평균 지연시간을 20ms 이내로 허용해야 할 것으로 예측된다. 표 6-3 에서는 Speech 와 Video 의 평균 큐 지연시간을 2ms 씩 증가시키면서 보았다. 결과적으로 트래픽 부하가 생기는 7.6M 부터 Speech 패킷의 제거가 발생하여 전체 적인 분석을 7.6M 인 경우부터 살펴보았다. Speech , Video 트래픽의 평균 지연 시간을 2ms 와 4ms 일때 많은 패킷의 제거가 발생하는 것을 볼 수 있고, 6 ms 일 경우에 패킷의 제거율이 현저히 낮아진 결과를 볼 수 있다. 시뮬레이션의 결과로 적어도 Speech, Video 의 평균 큐 지연 시간의 허용을 6ms 정도로 설정했을 때 패킷의

제거율을 낮추면서, 실시간 트래픽의 QoS 허용시간을 만족시켜주는 것을 알 수 있다.

표 4 평균 큐 지연시간에 따른 패킷 제거율 분석

트래픽 부하	Speech 평균 큐 지연 허용 시간 : 2ms일 때 discard rate(%)	Video 평균 큐 지연 허용 시간 : 2ms일 때 discard rate(%)
7.6M	0.56	0
8M	0.605	0
8.4M	0.556	0.186
8.8M	0.597	0.14
9.2M	0.57	0.21
9.6M	0.55	0.285
10M	0.54	0.31
Speech : 4ms일 때		
7.6M	0	0
8M	0	0
8.4M	0	0
8.8M	0.14	0
9.2M	0.264	0
9.6M	0.22	0
10M	0.29	0.009
Speech : 6ms일 때		
7.6M	0	0
8M	0	0
8.4M	0	0
8.8M	0	0
9.2M	0	0
9.6M	0.115	2.44E-07
10M	0.105	0.085

6. 결론 및 향후 연구과제

실시간 트래픽은 비실시간 트래픽과 달리 지연에 민감하기 때문에 평균 큐 지연 시간을 매우 작게 설정해야 한다. 이러한 관점에서 GPRS/UMTS QoS 요구사항 [6]을 참조하여 Speech 와 Video 의 평균 큐 지연 시간을 2ms 씩 증가 시키면서 패킷 제거율을 본 결과 Speech, Video 의 평균 큐 지연 시간이 6ms 일 경우에 패킷의 제거율을 낮추면서 실시간 트래픽의 QoS 허용시간을 만족시켜주는 것을 알 수 있었다. 그러나 이러한 값은 본 연구에서 정해진 트래픽 사용량을 이용하여 결정된 값이다. 향후 연구로 실제의 다양한 클래스별 패킷이 큐에 들어올 경우 큐의 상태정보와 하부 구조의 클래스별 무선 채널 상태 정보를 고려한 트래픽 측정 기반의 클래스별 호 수락 제어(Call Admission Control) 및 이에 따른 weight 값을 결정해야 할 것이다.

7. 참고 문헌

- [1] 3G TS 22.060, "General Packet Radio Service(GPRS); Service description, Stage 1", 2001
- [2] 3G TS 29.060, "General Packet Radio Service(GPRS); Service description, Stage 2", 2001
- [3] 3G TS 29.060, "General Packet Radio Service(GPRS); GPRS Tunneling Protocol (GTP) across the Gn and Gp Interface", 2001
- [4] DTR/SMG-UMTS 23.925, "Special Mobile Group(SMG) Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) UMTS Core Network based on ATM Transport", 2001
- [5] 3G TS 23.107, "QoS Concept and Architecture", 2001
- [6] Geoff Huston, "Internet Performance Survival Guide", WILEY, 1999, pp191-209
- [7] Farooq M. Anjum, and Leandros Tassioulas, Fair Bandwidth Sharing among Adaptive and Non-Adaptive Flows in the Internet, *IEEE INFOCOM99*, Vol.3, 1999, pp1412~1420.
- [8] Joseph Ho, Yixin Zhu, and Seshu Madhavapddy, "Throughput and Buffer Analysis for GSM General Packet Radio Service(GPRS)" WCNC, 1999
- [9] Shiao-Li Tsao, "Quality of service control over GPRS data network" Vehicular Technology Conference, 2000. IEEE VTS-Fall VTC 2000. 52nd