

트래픽별 특성 규명을 통한 인터넷 부하 측정에 관한 연구*

김 후 곤**

A New Traffic Model for Internet Load Estimation

Hu-Gon Kim**

■ Abstract ■

A traffic analysis on the Internet has an advantage for obtaining the characteristics of transferred packets. There were many studies to understand the characteristics of the Internet traffic with mathematical statistical approach. The approach of this study is different from previous studies. We first introduced a virtual network concept to present the Internet as a simplified mathematical model. It also represents each traffic flowing on the Internet as a parallel Gaussian channel on the virtual network. We suggest the optimal capacity of each parallel Gaussian channel using some related studies on the Gaussian channel model.

Keywords : Internet traffic analysis, Gaussian channel, Network optimization

1. 서 론

인터넷에서 수 많은 종류의 트래픽이 존재하며, 이들 트래픽들은 출발지와 도착지가 서로 다를 뿐 아니라 요구하는 데이터 전송 용량도 매우 다양하게 존재한다. 인터넷 상의 트래픽은 특정한 응용 서비스의 시작과 끝을 정의하는 하나의 세션(session)

을 의미 할 수도 있고, 응용 서비스가 전달되는 전달 계층에서 선택하게 되는 TCP(Transmission Control Protocol) 또는 UDP(User Datagram Protocol)에서의 전송단위를 의미 할 수도 있다. TCP의 경우 전송단위는 세그먼트(segment)가 되며, TCP는 송신측과 수신측 간에 흐름 및 오류제어 기능을 제공한다. UDP의 경우 전송단위는 사용자 데이터그램

논문접수일 : 2008년 11월 10일 논문수정일 : 2009년 02월 04일 논문게재확정일 : 2009년 02월 28일

* 이 논문은 2006학년도 경성대학교 학술지원연구비에 의하여 연구되었음.

** 경성대학교 상경대학 경영정보학과

(user datagram)이 되며, 송신측과 수신측 간의 흐름 및 오류제어 기능이 기본적으로 없다. 본 연구에서는 인터넷 트래픽이라 하면 응용서비스를 위한 것으로 하기로 한다.

TCP 세그먼트 및 UDP 사용자 데이터그램은 IP (Internet Protocol) 계층의 IP 데이터그램으로 만들어져서 물리적 네트워크로 전달되게 된다. 물리적 네트워크는 라우터들로 구성되며, IP 데이터그램은 여러개의 물리적 네트워크 상의 라우터들을 거쳐 목적지에 도착하게 된다. 각 네트워크는 데이터그램의 최대 길이인 MTU(Maximum Transfer Unit)가 정의되어 있으며, 전달하는 네트워크의 MTU가 작은 경우 데이터그램은 분할되게 된다. 분할된 데이터그램은 서로 다른 라우터를 거쳐 목적지에 도달할 수 있으므로 최종 목적지에서만 재조립이 이루어지게 된다. 이처럼 자율적인 네트워크로 구성된 인터넷은 분할된 데이터그램들의 목적지에서의 도착하는 순서가 서로 다를 수 있으므로, 일정한 전송속도를 보장하기가 매우 힘들 수 밖에 없다. 뿐만아니라 라우터의 경우도 버퍼(buffer)를 가지고 있어서, 인접 라우터의 상태에 의존하는 데이터그램의 전송속도를 조정하게 된다. 이처럼 IP 데이터그램을 위한 IP 계층을 정의하는 프로토콜 및 라우터들의 특성에 의해 근본적으로 일정한 전송속도를 보장할 수 없다는 한계가 있다.

또한 인터넷 트래픽의 경우 서비스를 제공하는 서버와 클라이언트에 의해서도 전송속도가 영향을 받게 된다. 서버의 경우 서버가 연결된 회선상태, 서버의 성능, 서버가 동시에 서비스하고 있는 서비스의 특성 등에 의해 전송속도가 변할 수 있고, 클라이언트의 경우도 접속 단말의 성능에 의해 전송속도가 변할 수 있다.

특정한 인터넷 서비스의 경우 서비스 별로 요구하는 트래픽 특성이 서로 다를 수밖에 없다. 예를 들어 고화질 방송의 경우 콘텐츠를 저장하는 방식 및 전송방식이 매우 다양하며, 이에 따라 트래픽 특성도 다를 수밖에 없다. 따라서 이러한 트래픽들이 인터넷, 개별 네트워크, 서버 등에 미치는 영향

을 측정한다는 것은 거의 불가능한 일이 된다. 이처럼 인터넷 트래픽들은 TCP/IP 프로토콜에 기인한 특성, 서버와 클라이언트의 상태에 따른 특성, 서비스별 트래픽 특성 등에 의해 서비스 품질이 결정되게 된다. 또한 서비스 품질의 경우 일반적인 QoS(Quality of Service) 뿐만 아니라 IPTV 및 음성 등의 경우 사용자가 체감하는 QoE(Quality of Experience)도 고려되어야 한다. QoS나 QoE를 정의하고 이를 사용자별로 측정하는 것은 매우 힘들 뿐만 아니라 현실적으로도 상당히 힘든 일이다[9].

본 연구에서는 QoS와 QoE를 적절히 반영할 수 있는 트래픽 모형을 개발하고, 이 트래픽 모형에 따라 각각의 트래픽이 인터넷에 미치는 영향을 분석할 수 있는 방법론을 제시하도록 한다. 이를 위해 몇 가지 가정을 통해 인터넷을 하나의 가상 네트워크로 표현하고, 이 가상 네트워크를 이용하는 트래픽들의 특성을 규명하고, 각 트래픽이 가상 네트워크에 미치는 영향을 측정할 수 있는 수리 모형을 제안하도록 한다. 본 연구의 구성을 살펴보면 제 2장에서는 인터넷 트래픽의 QoS에 영향을 미치는 요소들을 살펴보고 가상 네트워크의 개념을 도입하며, 제 3장에서는 가상네트워크 하에서 인터넷 트래픽의 상호접속체계를 알아보고, 제 4장에서는 서비스 유형별 트래픽이 가상네트워크에 미치는 영향을 측정할 수 있는 방안을 제시하기로 하고, 제 5장에서는 결론 및 향후의 연구방향에 대해 논의하도록 한다.

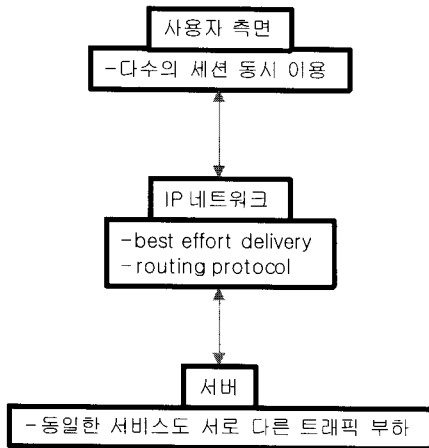
2. 인터넷 트래픽 부하 측정 모형의 개발

2.1 QoS에 영향을 미치는 요소들

IP 트래픽이 망 부하에 영향을 미치는 요소로는 트래픽의 발생의 원천인 사용자(client), 트래픽의 전달자인 IP 네트워크, 서비스를 제공하는 서버의 3가지로 나누어 볼 수 있다.

이때 트래픽의 QoS는 사용자 단말의 성능, 경로

를 구성하는 IP 네트워크의 성능, 서비스를 제공하는 서버의 성능 및 서버에 접속한 동시 사용자 수 등에 의해 결정된다. 사용자 단말의 성능은 지속적으로 향상되고 있다는 점을 고려하더라도, QoS에 영향을 미치는 요소로는 네트워크 및 서버의 성능 뿐만 아니라 시간대별 서비스별로 영향을 받으므로 매우 어려운 문제가 될 수밖에 없다.



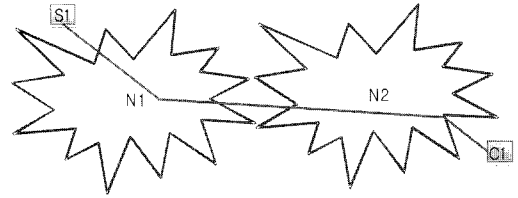
〈그림 1〉 QoS에 영향을 미치는 요소들

뿐만 아니라 사용자들의 개별 트래픽의 특성은 실제 서비스의 시작과 끝으로 정의되는 세션(session)에 의존적일 수밖에 없다. 이러한 세션의 유형은 세션이 발생한 클라이언트와 클라이언트 간 또는 클라이언트와 서버 간으로 나누어질 수 있으며, 모든 세션에 대한 정보를 네트워크 간에 공유하고 유지한다는 것은 현실적으로 거의 불가능하다.

2.2 세션별 트래픽 추적을 통한 측정 모형

〈그림 2〉는 두 개의 네트워크 N1, N2가 상호 접속하는 상황을 보여주고 있다. 사용자 C1은 N2에 연결되어 있고, 서비스를 제공하는 서버 S1은 N1에 연결되어 있다.

C1이 S1을 통해 서비스를 제공받을 때 서비스 시작부터 끝나는 시점인 세션을 정의할 수 있다고 할 때, 이 세션의 QoS에 영향을 미치는 요소를 열



〈그림 2〉 네트워크간 상호접속의 예

거하면 다음과 같다.

- N1, N2의 네트워크 부하상태
- N1, N2의 루팅 프로토콜
- 서버 S1의 접속자수, 성능, 전용회선 용량 등
- C1의 활동중인 세션들의 수, 성능, 가입자회선 용량 등

뿐만 아니라 시간에 따라 N1, N2, S1, C1의 상태가 달라지고, 동일한 서비스라 하더라도 접속하는 요일 및 시간대에 따라 QoS가 달라진다는 점을 고려한다면, C1과 S1간 세션에 대한 QoS를 산출하는 것은 거의 불가능함을 알 수 있다. 만약 C1과 S1간 세션을 실시간으로 추적하여 N1과 N2간 상호접속료를 산정하려면, 모든 세션에 대한 정보를 저장하여야 하는데 이는 엄청난 시간과 자원을 필요로 하게 될 것이다. 따라서 세션을 고려한 합리적인 상호접속료 산정방안을 구한다는 것은 많은 비용을 동반하여 되고, 시간에 따라 변화하는 세션 트래픽을 감안한다면 거의 불가능하다는 것을 알 수 있다.

2.3 가상네트워크를 고려한 측정 모형

세션의 QoS를 추적하고, 그 세션을 위해 연결된 네트워크의 상호접속 트래픽을 측정한다는 것은 현실적인 어려움이 있음을 살펴보았다.

본 연구에서는 세션 및 네트워크의 상태를 고려하지 않고 상호접속 체계를 구축할 수 있는 합리적인 방안을 모색하기로 한다.

이를 위해 네트워크는 특정 ISP의 의해 운영되어지며, ISP가 운영하는 네트워크에 부과되는 트래

픽은 (i) 가입자 회선에서 발생하는 양방향 트래픽, (ii) 전용회선에 연결된 서버로의 양방향 트래픽, (iii) 이 네트워크를 경로로 이용하는 우회 트래픽의 세 가지로 구성된다고 하자. 이러한 ISP의 네트워크의 용량은 다음의 가정을 만족한다고 하자.

가정 1 : 네트워크의 용량은 우회트래픽을 포함하여 가입자 회선 및 전용회선의 SLA를 만족한다.

가정 2 : 가정 1에 의해 상호접속 트래픽은 어떤 네트워크에서도 차별적으로 처리된다.

가정 1은 ISP들은 가입자회선 및 전용회선이 SLA를 만족할 수 있는 수준을 유지하도록 네트워크 용량을 항상 확보하여야 하고, 이 네트워크 용량에는 외부네트워크에서 들어오는 트래픽도 포함하고 있음을 가정한 것이다. 만약에 이러한 조건을 충족하지 못한다면 가입자들에 의해 SLA를 위반하게 될 것이므로, ISP는 SLA를 만족시킬 수 있는 네트워크 용량을 확보하게 될 것이다.

가정 2는 우회트래픽 및 외부에서 들어오거나 가는 모든 트래픽은 내부네트워크에서 발생한 트래픽과 차별되지 않는다는 가정으로, 이는 루팅 및 IP 프로토콜 자체에서 보장이 되고 있다.

가정 3 : 어떠한 경로를 선택하더라도 그 용량은 네트워크 용량과 동일하다.

가정 3은 어떠한 루팅 프로토콜을 사용하여 만든 경로라도 모두 동일한 용량은 보장해 준다는 것으로, 이는 네트워크 용량이 곧 모든 경로의 용량이 된다는 것이다. 즉 네트워크가 하나의 라우터로 구성되는 특수한 경우를 가정한 것이다. 이러한 네트워크는 루팅 프로토콜에 독립된 것으로 본 연구에서는 이를 가상네트워크라 부르기로 한다.

가정 4 : 가상네트워크에는 n 개의 트래픽이 있고, 각 트래픽의 전송은 가상네트워크

상의 n 개의 독립적인 Gaussian channel을 이용한다.

Gaussian channel은 통신모형에서 제안된 고전적인 모형으로 많은 통신분야에 응용되고 있는데, ADSL에서 subchannel의 회선용량 할당 및 와이브로에서 subchannel의 회선용량 할당 등에도 이용된다[2].

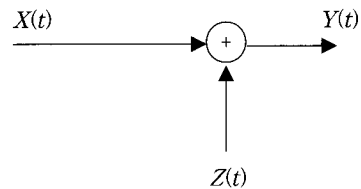
본 연구에서는 가상네트워크의 용량(bits)이 B 로 주어져 있을 때, n 개의 독립적인 Gaussian channel에 할당되는 트래픽 용량을 구하는 방안을 소개하기로 한다.

2.4 Gaussian channel[2]

주어진 시간 $t(0 \leq t \leq T)$ 에 대하여 입력신호(input) $X(t)$ 와 잡음(noise) $Z(t)$ 에 대한 출력신호(output) $Y(t)$ 는

$$Y(t) = X(t) + Z(t)$$

이가 된다. 이는 <그림 3>에서와 같이, 어떤 채널의 입력신호에 대한 잡음이 더해져서 출력됨을 나타내고 있다.



<그림 3> Gaussian channel

이때 잡음 $Z(t)$ 는 평균이 0이고 분산이 σ^2 인 정규분포를 따를 때(즉 $Z(t) \sim N(0, \sigma^2)$), 이 채널을 Gaussian channel이라 한다. 즉 잡음 $Z(t)$ 와 입력신호 $X(t)$ 는 독립임을 가정한 것이다. 이러한 Gaussian channel은 통신 채널의 수리적 모형화를 위한 매우 효과적인 모형이 된다. 만약 잡음의 분산

이 0이라면, 이 통신채널은 잡음이 없는 이상적인 채널이 되어 $Y(t) = X(t)$ 가 된다. 현실에 있어서 이러한 채널은 존재할 수가 없다. Gaussian channel에서 입력신호에 부과되는 에너지 또는 파워(power)가 P 일 때, 이 채널의 용량을 나타내는 공식은 Shannon-Hartley Theorem으로, 채널의 용량(bps)은

$$C = \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P}{\sigma^2} \right)$$

이 된다.

• Parallel Gaussian Channel

동일한 파워 제약을 가지는 n 개의 독립된 Gaussian Channel을 고려하자. 즉 $i = 1, 2, \dots, n$ 에 대하여 채널 i 의 시간 t 에서의 입력신호 $X_i(t)$ 와 잡음 $Z_i(t)$ 에 대하여, 출력신호는

$$Y_i(t) = X_i(t) + Z_i(t), \quad Z_i(t) \sim N(0, \sigma_i^2)$$

가 되고, $i \neq j$ 에 대해 $Cov(Z_i, Z_j) = 0$ 를 만족하여야 한다.

n 개의 독립된 Gaussian channel에서 전체 파워 P 에서 채널 i 에 부과되는 파워가 P_i 라 하면, 채널의 용량(bps)은

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P_i}{\sigma_i^2} \right)$$

이 되고, $\sum_{i=1}^n P_i = P$ 이 된다.

• 파워할당문제(power allocation problem) : (PA)

n 개의 독립된 Gaussian Channel이 주어졌을 때, 각 채널에 할당할 파워를 P_i 라 하자. 이때 채널 용량 C 가 최대가 되는 P_i 를 결정하는 문제를 파워할당문제라 한다. (PA)를 정식화하면 다음과 같은 비선형계획문제가 된다.

$$(PA) \quad \max C = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{P_i}{\sigma_i^2} \right)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in S} P_i = P$$

$$P_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

• 비트할당문제(bit allocation problem) : (BA)

n 개의 독립된 Gaussian Channel이 주어지고, 전체 할당 가능한 채널용량은 C 로 제약되어 있다고 하자. 이때 채널당 할당되는 bit 용량을 x_i 라 할 때, 채널당 할당되는 파워의 합을 최소화하는 문제를 비트할당문제라 한다. 식 (1)에서

$$x_i = \log_2 \left(1 + \frac{P_i}{\sigma_i^2} \right)$$

라 하면, $P_i = \sigma_i^2 (2^{x_i} - 1)$ 가 된다. 이를 (PA)에 대입하면, (BA)는 다음과 같이 정식화된다.

$$(BA) \quad \min P = \sum_{i=1}^n f_i(x_i)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n x_i \leq C$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

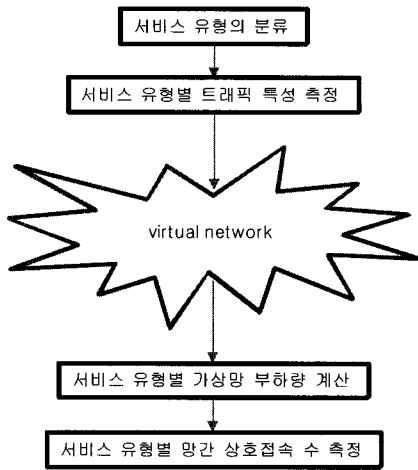
where $f_i(x_i) = \sigma_i^2 (2^{x_i} - 1)$.

3. 가상네트워크의 상호접속체계

3.1 상호접속체계

가상네트워크에서 서비스별 트래픽이 독립적인 Gaussian channel 모형을 따른다고 가정하고, 이를 상호접속체계 구현에 적용시킬 수 있는 방안을 모색하기로 한다. <그림 4>는 이에 필요한 절차를 나타내고 있다.

먼저 가장 대표적인 인터넷 서비스 유형을 몇 가지로 분류한다. 이렇게 분류된 서비스 유형을 독립적인 Gaussian channel 모형에 적용시키기 위해 각 서비스의 noise에 대한 분산(σ_i^2)을 구하는 방안을 모색하고, 이를 이용하여 각 서비스의 MBR을



<그림 4> Gaussian channel 모형을 이용한 상호접속 체계 절차

계산하도록 한다. 이 MBR을 바탕으로 가상망에서의 상호접속 부하량을 계산하고, 이를 이용한 상호접속체계를 제안하도록 하겠다.

3.2 Gaussian channel 모형을 위한 서비스 유형의 분류

QoS 및 과금을 위해 ITU와 3GPP 등에서는 트래픽 또는 서비스 유형을 몇 가지로 분류하고 있다. 3GPP에서는 다음의 4가지 QoS class로 분류하고 있다.

- Conversational : voice, video telephony
- Streaming : streaming multimedia
- Interactive : web browsing
- Background : download

세션 유형	서비스의 예	서비스 방식	QoS 요구수준
seamless	VoIP	client-to-client	no delay
	realtime streaming	server-to-client	no delay
download and play	IPTV service	server-to-client	일정한 QoS
download	file download	client-to-client server-to-client	낮은 QoS

본 연구에서는 현재 인터넷 이용자가 주로 이용하는 서비스를 중심으로 다음과 같이 분류하기로 한다.

4. 서비스 유형별 트래픽의 부하 측정

4.1 서비스 유형별 트래픽의 noise 측정

이제 서비스 유형이 결정되면, 각 서비스 유형별 트래픽의 noise를 측정하는 방안에 대해서 알아보자[6]. 어떤 주어진 파워에 대한 노이즈의 측정단위는 decibel이 된다. decibel은 주어진 기준신호(또는 입력신호) P_0 에 대한 관찰된 신호(또는 출력신호)의 상대적인 크기에 log를 취하여 10을 곱한 것으로,

$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$$

로 나타낸다. 예를 들어 200mW 크기의 파워를 가지는 신호가 전송매체를 통과한 후 2mW 크기의 파워로 송신된다면, 데시벨로 표시한 파워의 전송 감쇠수준은

$$10 \log_{10} \frac{2}{100} = -20 \text{dB}$$

이다. 측정한 데시벨이 마이너스 값이 되면 손실(loss)이라 하고, 플러스 값이 되면 이득(gain)이라 한다.

본 연구에서는 서비스 유형에 속한 트래픽의 noise는 도착하는 패킷간 inter-arrival time과 패킷의 크기를 반영할 수 있는 measure를 채택하기로 한다. 유형 i 의 k 번째 패킷이 수신된 시점을 t_k 라 하고, 수신된 비트의 수를 $x_i(t_k)$ 라 하자. 편의상 t_1 은 처음 패킷이 도착한 시간이라 하자. 그러면 $k=2, 3, \dots$ 에 대해 $t_k - t_{k-1}$ 은 $k-1$ 번째 패킷이 수신된 후 k 번째 패킷이 수신될 때까지 경과한 시간이며, 이 기간의 단위시간당 수신한 비트의 수는

$$\frac{X_i(t_k)}{t_k - t_{k-1}}$$

가 된다. 그리고 $k=3, 4, \dots$ 에 대해 $t_{k-1} - t_{k-2}$ 은 $k-2$ 번째 패킷이 수신된 후 $k-1$ 번째 패킷이 수신 될 때까지 경과한 시간이며, 이 기간의 단위시간당 수신한 비트의 수는

$$\frac{X_i(t_{k-1})}{t_{k-1} - t_{k-2}}$$

가 된다. 만약 $k=3, 4, \dots$ 에 대해 t_{k-2} 에서 t_{k-1} 까지 기간의 단위 시간당 수신 비트의 수에 비해 t_{k-1} 에서 t_k 까지 기간의 단위 시간당 수신 비트의 수가 증가하면 gain(플러스 데시벨 값)이 될 것이고, 반대로 감소하면 loss(마이너스 데시벨 값)가 될 것이다. 서비스 유형 i 의 noise는

$$z_i(k-2) = \log \left(\frac{\frac{X_i(t_k)}{t_k - t_{k-1}}}{\frac{X_i(t_{k-1})}{t_{k-1} - t_{k-2}}} \right), k=3, 4, \dots$$

로 나타내기로 한다.

예를 들어 <그림 5>와 같이 3개의 시간간격으로 100bit 짜리 패킷이 도착했다고 하자.

그러면 단위 시간당 수신 비트의 수는 1기간에 100/2bit, 2기간에 100/8bit, 3기간에 100/5bit이다. 따라서 noise는 처음에는

$$z_i(1) = \log_{10} \left(\frac{100}{2} / \frac{100}{8} \right) = \log_{10}(1/4) = -0.60206\text{dB}$$

이고, 그 다음에는

$$z_i(2) = \log_{10} \left(\frac{100}{8} / \frac{100}{5} \right) = \log_{10}(8/5) = 0.20412\text{dB}$$

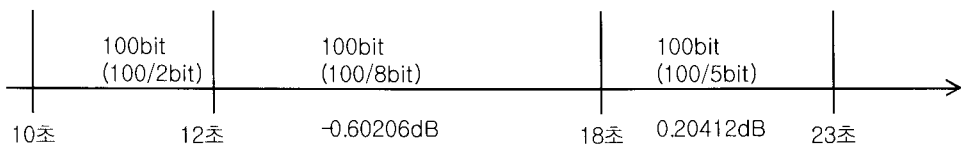
이 된다.

서비스 유형 i 별에 대한 noise를 위에서 제안한 방법으로 측정하고, 측정된 값으로 부터 noise의 분산 σ_i^2 를 추정하기로 한다. 즉 noise를 단위 시간당 수신된 비트수의 상대적인 크기로 정의하고, 이 noise는 정규분포 $N(0, \sigma_i^2)$ 를 따르는 것으로 가정하기로 한다.

4.2 가상 네트워크 용량 C 추정 방안

(B4)에 필요한 parameter는 σ_i^2 과 채널용량 C 가 있어야 한다. 이제 가상네트워크의 채널용량 C 를 구하는 방안에 대해 알아보자. 어떤 네트워크의 용량을 구하려면 물리망의 구성방식과 루팅을 고려하여야 한다. 네트워크를 구성하는 노드들의 용량(node capacity), 망의 구조(topology), 루팅 방식(routing method) 등이 주어졌다 하더라도 네트워크의 용량을 정의한다는 것은 상당히 복잡한 문제를 포함한다. 또한 외부네트워크에서 들어오는 트래픽을 포함시키게 되면, 거의 불가능한 문제가 되어 버린다.

어떤 주어진 네트워크에 대하여 외부 네트워크에서 들어오는 서비스 유형 i 에 속하는 모든 트래픽의 합(bits)을 \bar{x}_i 로 나타내기로 한다. 이는 네트워크의 라우터를 통해 들어오는 트래픽으로부터 쉽게 측정할 수 있다. 그러면 n 개의 서비스 유형이 있으므로, 외부로부터 들어오는 전체 트래픽의 합은 $\sum_{i=1}^n \bar{x}_i$ 가 된다. (B4)에서 C 대신에 $\sum_{i=1}^n \bar{x}_i$ 를 대



<그림 5> noise 측정이 예

입한 문제를 $BA(\bar{x})$ 라 하면,

$$\begin{aligned} BA(\bar{x}) \quad \min P = & \sum_{i=1}^n f_i(x_i) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n x_i \leq \sum_{i=1}^n \bar{x}_i \\ & x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \\ \text{where} \quad & f_i(x_i) = \sigma_i^2 (2^{x_i} - 1) \end{aligned}$$

와 같다. $BA(\bar{x})$ 의 최적해는 비선형계획법에서의 Kuhn-Tucker 최적화 조건으로부터 쉽게 구할 수 있다[1, 4, 5]. $BA(\bar{x})$ 의 최적해를 x_i^* 라 할 때,

$$\bar{x}_i < x_i^*$$

이면 적게 이용된 서비스 유형이 되고, 반대로

$$\bar{x}_i \geq x_i^*$$

이면 많이 이용된 서비스 유형이 된다.

5. 결론 및 논의사항

본 연구에서는 서비스 유형을 크게 seamless, D&P, download의 3가지 형태로 분류하고 있다. 그러나 영상의 경우를 보더라도 화질의 정도에 따라 SD급, HD급, full HD급 등의 분류뿐만 아니라, 압축의 정도에 따른 파일의 크기에 엄청난 차이를 보인다. 따라서 서비스 유형을 어느 정도까지 세분화 할 것인가에 대한 합의가 필요할 것이다.

어떤 서비스 유형의 패킷간 inter-arrival time과 도착하는 패킷의 크기를 바탕으로 noise를 데시벨로 나타내는 방안을 제시하였다. 하지만 현실에서는 동일한 서비스 유형에 속하는 수많은 트래픽들이 있고, 이들 트래픽 각각의 패킷간 inter-arrival time과 도착하는 패킷의 크기는 네트워크의 상태, 서버의 상태, 사용자 환경 등에 의해 다양하게 나타날 것이다. 따라서 각 서비스 유형별로 가장 대표적인 트래픽을 사업들의 합의하에 선정하고, 이를 통해 noise를 측정하는 표준절차(트래픽 전송

시작 시점의 결정, 서버의 성능, 사용자 환경 등)를 마련하여야 할 것이다.

서비스별 트래픽의 noise는 $N(0, \sigma_i^2)$ 을 따른다고 가정하였다. 하지만 실질적으로 이처럼 정규분포를 따르는지에 대해서는 보다 심도있는 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다. 만약 정규분포는 아니고 감마분포 또는 다른 형태의 분포를 따른다면, 어떻게 이를 정규화할 수 있을 것인지에 대해서는 향후의 연구가 있어야 할 것이다.

이러한 본 연구의 결과는 현재 논쟁이 되고 있는 인터넷 상호접속에 따른 과금체계를 마련하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 예상된다. 기존 전화망에서의 상호접속료는 호의 지속시간을 기준으로 하면 되지만, 인터넷에서는 패킷 트래픽의 양적인 측면보다는 얼마 만큼 접속하는 네트워크에 부하를 줄 것인가가 더 중요할 것이다. 이러한 측면을 고려한 경우 본 연구에서 제안한 Gaussian channel을 이용한 트래픽 부하 측정 방법은 각 트래픽별 특성을 적절히 반영하면서도 매우 간단히 수리적 해를 얻을 수 있다는 점에서 유용하다고 볼 수 있다. 물론 실질적으로 본 연구의 결과를 상호접속료 산정에 사용하려면, 가상 네트워크 및 Gaussian channel에 대한 보다 심도 있는 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] Campello, J., *Discrete Bit Loading for Multi-carrier Modulation Systems*, Ph.D Thesis, Stanford Univ., 1999.
- [2] Cover, T. and J. Thomas, *Elements of Information Theory*, John Wiley and Sons Inc., 1991.
- [3] Christos Bouras and A. Sevastib, "SLA-based QoS pricing in DiffServ networks," *Computer Communications*, Vol.2, No.27(2004).
- [4] Ibaraki, T. and N. Katoh, *Resource Allocation Problems : Algorithm Approach*, MIT Press, 1988.

- [5] N. Papandreou and T. Antonakopoulos, "A new computationally efficient discrete bit-loading algorithm for DMT applications," *IEEE Trans. On Comm.*, Vol.53, No.5(2005), pp.785-789.
- [6] Pinson, M.H. and S. Wolf, "A New Standardized Method for Objectively Measuring Video Quality," *IEEE Trans. on Broadcasting*, Vol. 50, No.3(Sep., 2004).
- [7] Roberts, J.W., "Internet Traffic, QoS, and Pricing," *Proceedings of the IEEE*, Vol.92, No.9(Sep. 2004).
- [8] Ros, D. and B. Tuffin, "A mathematical model of the Paris Metro Pricing scheme for charging packet networks," *Computer Networks*, Vol. 46(2004), pp.73-85.
- [9] Takahashi, A., D. Hands, and V. Barriac, "Standardization Activities in the ITU for a QoE Assessment of IPTV," *IEEE Comm. Mag.*, Feb. 2008.