

## VoIP 상에서 다양한 응용 서비스 트래픽에 따른 종단간 사용자의 음성 트래픽 지연 변화 연구

A Study of the delay pattern of voice traffic for end-to-end users  
on the voice IP

윤상윤\*, 정진욱\*\*

Yoon Sang Yoon, Jin Wook Chung

### Abstract

In this paper we study the delay patterns of voice traffic for end-to-end users Caused by serving the whole bunch of applications traffic at the same time on the Voice over Internet Protocol (VoIP) network. Given the current situation that voice traffic is served along with other application services on the VoIP network, it is quite necessary to figure out how and by what the voice traffic requiring high QoS is delayed. We compare the delay performance of voice traffic on the VoIP network under FIFO with the one under Weighted Fair Queuing(WFQ), and discover the differences of the delay performance resulting from the use of different voice codec algorithms. The results of our study show that using the voice codec algorithm with a higher coding rate and the queuing algorithm of WFQ can provide users with high-quality voice traffic.

\* (주)Snet 시스템

\*\* 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수

## 1. 서론

Best Effort 서비스를 하는 IP 네트워크 상에서 음성 데이터를 전송하기 위한 기술로 사용되는 VoIP는 기존의 응용 서비스와 함께 음성 데이터를 전송할 수 있다는 효율성과 사용자가 장거리 전화도 비교적 저렴한 비용으로 서비스 받을 수 있다는 경제성 때문에 많은 기업들과 단체들로부터 각광을 받고 있다[1]. 하지만 이러한 VoIP 기술에도 여러 가지 해결해야 할 점이 있는데 표준화와 음성 데이터에 대한 QoS 제공이 바로 그것이다[2][3]. 이 중에서 표준화는 표준화 기구와 벤더들에 의한 지속적인 표준화 작업으로 인해 많은 성과들이 나오고 있으며, 이들에 대한 상호 운용성 역시 많은 진전을 보여주고 있다. 따라서 가장 시급히 해결해야 할 점이 IP 네트워크 상에서 음성 데이터에 대한 품질을 제공하는 것이다. IP 네트워크 상에서 전달되는 음성 데이터는 사용자 측면에서 종단간 패킷 지연, 지터, 손실 등과 같은 매우 엄격한 QoS를 요구한다[2][3][4]. 이는 IP 네트워크 상에서 전송되기 때문에 음성 데이터의 손실에 대한 문제점과 함께 음성 데이터의 특성상 CBR(Constant Bit Rate) 형식으로, 제한된 시간 내에 사용자에게 전송되어야 하는 요구사항을 만족해야 하기 때문이다[4][5]. 이 중에서 특히, VoIP를 통해서 음성 서비스를 원하는 사용자들은 서비스 되는 음성 데이터의 지연 시간에 가장 민감하게 된다. 음성 데이터의 지연시간에 영향을 미치는 요소들로는 음성 트래픽 코딩과 압축 기능을 수행하는 다양한 코덱 알고리즘과 음성 트래픽을 전송하는데 사용되는 통신 장비들에서 사용하는 큐잉 알고리즘, 또한 VoIP 상의 음성 트래픽은 다른 응용 서비스 데이터와 함께 전송되기 때문에 다른 데이터 트래픽에 의한 영향 등이 음성 데이터의 지연시간에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 논문에서는 IP 네트워크 상에서 여러 가지 응용 서비스 트래픽에 의한 음성 트래픽의 지연 시간 변화를 살

펴보기로 한다. 이는 여러 가지 응용 서비스 트래픽과 음성 트래픽에 대한 특성에 대한 연구가 먼저 선행되어야 할 것이다. 또한, 음성 트래픽의 지연 시간에 영향을 미치는 요소로써 코덱 알고리즘과 큐잉 알고리즘 등을 변화시켜 이들에 대한 성능 평가를 수행하고자 한다. 관련 연구를 살펴보면 여러 가지 응용 서비스 트래픽에 대한 발생 패턴과 특성을 분류함으로써 트래픽 이론을 정립한 연구와 이론이 [4][5]에서 제시하고 있으며, VoIP에 대한 일반적인 이론 및 관련 프로토콜에 대한 연구 그리고 서비스 신호방식에 대한 연구가 [1][6]에 제시되고 있다. 또한, 기존의 PSTN과 같은 전화 네트워크와 IP 네트워크를 연동함으로써 통합 네트워크 상에서 음성 서비스를 제공하기 위한 프레임워크에 대한 연구가 [7]에서 제시되고 있다. 또한 VoIP 상에서 음성 코덱 알고리즘들에 대한 성능 평가에 대한 연구가 [8]에서 제시되고 있으며, VoIP 네트워크 상에서 제공되는 서비스들의 QoS를 만족시키기 위한 방법으로 라우팅과 capacity에 대한 관리 연구를 [9]에서, QoS 제공을 위한 차세대 네트워크인 DiffServ 상에서 VoIP 성능 연구를 수행한 것이 [2][3]에서 제시되고 있으나, DiffServ에서 제공하는 다양한 서비스들에 대한 연구는 수행하지 못했다는 단점을 가지고 있다. 본 논문의 구성은 2장과 3장에서는 음성 트래픽의 QoS 파라미터와 큐 관리에 대해서 각각 살펴보고, 4장에서는 시뮬레이션을 통해 음성 트래픽의 QoS 파라미터들 중 지연시간 변화에 대해 살펴보기로 한다. 5장은 결론을 제시한다.

## 2. 음성 트래픽의 QoS 파라미터

VoIP상에서 사용자에게 음성 트래픽에 대한 QoS를 보장하기 위한 파라미터들을 살펴보면 지연시간(delay), 지터(jitter), 패킷 손실(packet loss) 등으로 나누어 볼 수 있다. 각 QoS 파라미터들에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

• 지연시간(delay) : 사용자들은 단방향 음성 트래픽 지연시간이 150ms 이내일 때 고음질의 음성 서비스를 제공받을 수 있다. 물론 이러한 지연은 30ms의 고정된 지연을 갖고 있는 G.723과 같은 여러 코덱 장비에 의한 built-in 지연이나 통신장비의 큐잉 알고리즘에서 발생하는 지연과 같이 고정된 지연과 전송되는 네트워크의 상황(트래픽 양, 사용자 수 등)에 따라 변화되는 지연으로 나눌 수 있다 [6][7]. 따라서 사용자들은 실용적이고 효율적인 코덱 알고리즘이나 큐잉 알고리즘을 통해 음성 트래픽의 지연을 최소한으로 줄이는 것이 중요하다.

• 지터(jitter) : 지터는 연속적인 음성 데이터의 도착 간격을 말한다. 음성 트래픽의 특징 중 하나가 일정한 발생율을 가지고 생성된다는 점이며 상대방 코덱 알고리즘 또한 수신되는 음성 트래픽이 일정하게 수신되기를 기대한다. 그러나 네트워크 상황이나 패킷 손실과 같은 여러 가지 이유로 인해 음성 트래픽을 일정하게 수신하기는 어렵다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 코덱 장비나 통신 장비에서 지터 버퍼(jitter buffer)를 사용하여 음성 데이터 간의 도착시간을 완화시키는 것이다.

• 패킷 손실(packet loss) : 음성 데이터는 시간에 민감한 특징을 가지고 있다. 따라서 음성 데이터가 늦게 도착하거나 손실되면 수신된 음성의 품질에 많은 영향을 주게 된다.

이 밖에도 음성 데이터의 품질에 영향을 미치는 항목으로는 음성 데이터의 패킷 크기(packet size)와 에코우(echo)를 들 수 있다. 음성 데이터의 패킷 크기가 커질수록 많은 정보를 한번에 보낼 수 있는 잇점이 있지만 음성 데이터를 패킷화하는 시간이 오래 걸려 전체적인 지연시간이 많이 소요된다는 단점을 가지고 있으며, round-trip delay가 50ms 미만인 경우에는 별 문제가 되지 않는 에코우는

거의 모든 경우에 그 이상의 지연을 갖는 IP 네트워크에서 에코우는 문제가 되고 있다. 따라서 ITU-T 표준에서는 데이터 네트워크 상에서 음성 트래픽 전송 시 항상 에코우 감쇄기(echo cancellation) 사용을 권장하고 있다 [1][6][7]. 본 논문에서는 음성 트래픽의 품질을 제공하기 위한 QoS 파라미터 중 종단간 지연을 측정하기 위해 지연에 영향을 미치는 항목과 동시에 네트워크의 상황에 대한 변화를 위해 여러 종류의 응용 서비스 트래픽 양을 다양하게 적용하여 시뮬레이션 하기로 한다.

### 3. 큐 관리(Queue Management)

음성 트래픽 뿐만 아니라 모든 트래픽의 지연시간에 많은 영향을 미치는 것이 통신 장비(라우터, 게이트웨이 등)에서 발생하는 큐잉 문제이다. 따라서 본 절에서는 여러 가지 큐잉 기법에 대해서 살펴 보도록 한다.

- 1) FIFO 큐잉 : 트래픽을 Store-and-Forward 방식으로 처리하는 가장 대표적인 방법으로, 네트워크의 대역폭이 충분히 크고 스위칭/포워딩 성능이 뛰어난 버스트 트래픽만 처리하면 되는 경우가 대부분이므로 FIFO 큐잉 방식이 적절하지만, 실제 상황에서는 트래픽 양이 FIFO 큐가 처리할 수 없을 만큼 발생할 경우가 많이 생겨 서비스 종류와 무관하게 패킷이 버려지는 상황이 발생하여 차별적인 서비스를 제공해야 할 경우에는 한계가 있다.
- 2) Priority 큐잉 : FIFO 큐잉 방식을 변형한 것으로 특정 유형의 트래픽을 구분하여 출력 큐의 앞부분으로 보내 먼저 처리될 수 있도록 한 방법이다. 그러나, 서비스 차별화 단계를 많이 만들수록 처리 부담을 가중시키고 패킷 포워딩 성능을 저하시키며, 높은 우선순위 트래픽 때문에 낮은 우선순위 트래픽은 버퍼 고갈로 인해 손실율이 높아지게 되는 문제가 발생한다.

- 3) CBQ(Class-based Queuing) : Priority 큐잉 방식의 단점인 우선순위가 있는 클래스를 제외한 타 클래스 트래픽의 자원을 거부하는 경우를 방지하기 위해 제안된 방식으로 여러 개의 출력 큐를 클래스별로 두어서 우선순위를 정하고 각 큐별로 서비스되는 트래픽 양을 조절할 수 있는 방식이다. 그러나, 이 방식도 여전히 복잡한 큐 관리에 소요되는 계산 부담 때문에 고속의 네트워크의 경우에는 확장성이 부족하게 된다.
- 4) WFQ(Weighted Fair Queuing) : 소량이 트래픽이 대량의 트래픽에 의해 피해를 보지 않도록 플로우별로 큐를 두어 트래픽을 조절하는 공정성과 특정 기준에 따라 가중치를 정하고 이에 따라 같은 양의 트래픽을 가진 플로우 간에도 차별을 두는 가중치 측면을 복합적으로 적용한 큐잉 방식이다. Fluid-Flow 모델에서 정확한 대역폭 할당기법을 표현한 GPS에 근간하고 있다 [11]. WFQ는 각 패킷별 우선순위를 부여하는 방법으로 Time-stamp를 사용한다. Time-stamp는 Fluid-Flow 모델로 대치시켰을 때 패킷의 전송이 끝나게 되는 시간을 말한다. 특정 세션(session)-I에서 k번째 패킷에 대한 Time-stamp를  $TS[I,k]$ 라고 한다면 TS는 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$TS[I,k] = \max(v(t), TS[I, k-1]) + L[I,k]/w[I]$$

$L[I,k]$ 는 패킷의 길이이며  $w[I]$ 는 해당 세션의 대역폭 할당에 따른 가중치(weight)이다.  $V(t)$ 는 Virtual-time이며 이는 모든 세션들의 평균 서비스 비율이다.  $V(t)$ 는 시간에 비례하여 증가하며 기울기는  $1/\text{세션수}$ 이다. 현재 가중치를 표시하는 방식은 IP 헤더의 TOS(Type of Service) 필드 중 IP precedence 비트를 사용하는 구현이 소개되었다.

이상과 같이 현재 연구되고 있는 큐 관리에 대한 여러 가지 기법들에 대해서 살펴보았다. 이들중 일반적인 데이터 네트워크 환경에서 널리 알려진 queuing 기법은 FIFO이고, 현재까지 QoS scheduling에서 가장 효율성이 탁월한 것으로 알려진 기법이 WFQ이다. 따라서 논문에서는 음성 트래픽의 지연시간 변화를 연구하기 위해 게이트웨이에서 수행되는 큐 관리 기법으로 FIFO와 WFQ 방식 두 가지로 나누어 시뮬레이션하고 그 결과를 연구하였다.

#### 4. 시뮬레이션

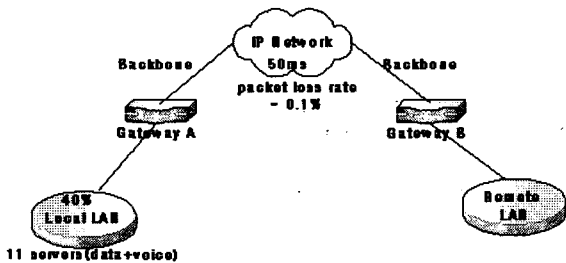
본 논문에서는 OPNET을 사용하여 응용 서비스 트래픽에 따른 음성 트래픽의 지연시간 변화에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 위한 네트워크 모델과 프로세스 모델 및 시뮬레이션 환경을 살펴보면 다음과 같다.

##### 4.1 네트워크 모델

<그림 1>에서 보는 바와 같이 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델을 살펴보면, 두개의 LAN이 게이트웨이를 거쳐 IP 망에 연결되어 있는 것을 볼 수 있으며, 이러한 모델은 많은 기업에서 볼 수 있는 대표적인 VoIP 망이다. 시뮬레이션을 위해 Local LAN에는 응용 서비스 트래픽과 음성 트래픽을 발생시키는 11(응용 서비스 트래픽 10대, 음성 트래픽 1대)대의 서버가 존재하며, 속도는 10Mbps를 가정한다.

응용서비스 트래픽은 HTTP와 FTP 트래픽을 발생시키며 음성 트래픽은 G.723과 G.729 코덱 기법에 의하여 생성된 음성 트래픽을 발생시킨다.

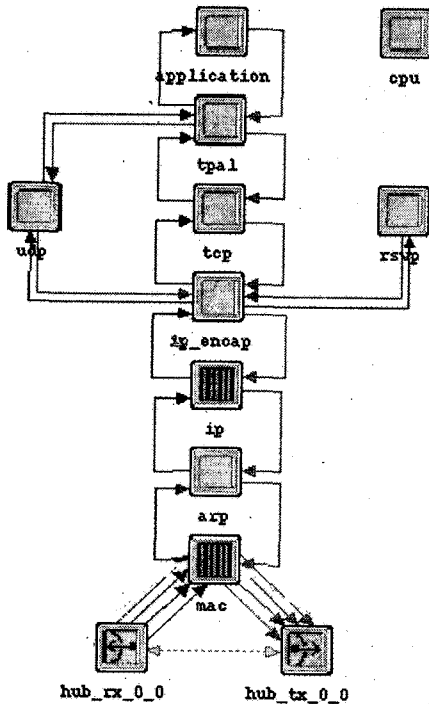
FIFO와 WFQ의 큐잉기법은 게이트웨이에서 적용된다. 게이트웨이는 10Mbps의 Local LAN을 T1 라인을 이용하여 인터넷에 연결한다.



<그림 1> 네트워크 모델

4.2 프로세스 모델

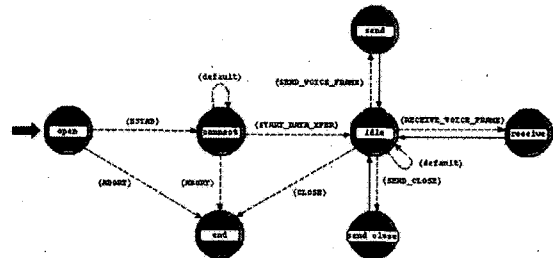
시뮬레이션에서 음성 트래픽을 발생시키는 서버의 노드 모델을 살펴보면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 서버 노드 모델

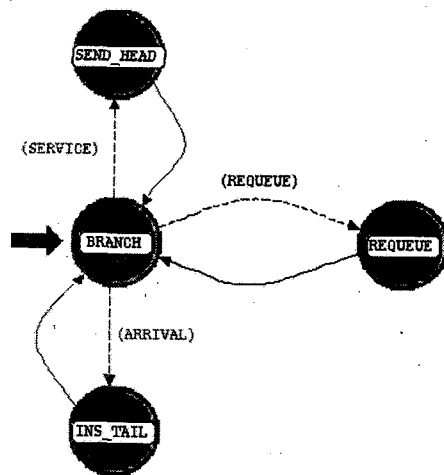
그림에서 보는 바와 같이 음성 트래픽은 udp, ip\_encap 모듈에서 발생되며 mac을 거쳐 하부 인터페이스로 전송되게 된다.

<그림 3>은 <그림 2>의 서버 노드에서 음성 트래픽이 발생하는 프로세스 모델을 나타낸 것이다. 음성 트래픽의 발생은 idle 상태에서 send와 receive 상태로 전이되면서 음성 트래픽을 전송/수신하게 된다. 이렇게 발생된 음성 트래픽은 게이트웨이 상에서 FIFO 또는 WFQ 기법을 사용하여 관리된다.



<그림 3> 음성 트래픽 발생 프로세스 모델

<그림 4>는 게이트웨이에서 수행되는 큐 관리 프로세스에 대한 모델이며, 이 모델을 바탕으로 FIFO와 WFQ가 C언어로 구현되었다.



<그림 4> 큐 관리 프로세스 모델

4.3 WFQ의 적용

WFQ는 별도의 큐 관리 프로세스 모델과 함께 별도의 프로세스로 동작한다. 적용되는 트래픽은 4가지 트래픽이므로 가상함수  $v(t)$ 의 변화율은 0.25이다. 각 트래픽-I에 대한 가중치를  $w(I)$ 라고 할 때 패킷별 Time-Stamp를 계산의 계산은 다음 <그림 5>에 나타낼 수 있다.

```

Classify Packet :
    I = get_packet_classify (New_Packet);
Calculate Time-Stamp :
    Temp_Max = MAX(v(t), Last_packet_TS);
    Temp_Tx_Time = New_Packet_length/w(I)
    New_TS = Temp_Max + Temp_Tx_Time;
    
```

<그림 5> Temp-Stamp 계산

4.4 시뮬레이션 환경

응용 서비스 트래픽에 따른 음성 트래픽의 지연시간 변화에 대한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 <표 1>과 같은 가정을 하였다. 안정적인 네트워크 상태를 위해 패킷 손실율을 1% 미만으로, 인터넷 지연은 부하에 따라 다소 증감이 있을 수 있으나 가정에서는 50ms로 가정한다. 또한, Local LAN의 이용률과 백본 이용률을 각각 20%, 70%로 가정하며, Local LAN에서 트래픽을 발생하는 서버의 수는 데이터 트래픽을 발생하는 10대의 서버와 1대의 음성 트래픽 발생 서버로 총 11대의 서버를 가정한다.

<표 1> 시뮬레이션을 위한 가정

항목	값
인터넷 패킷 손실율	1% 미만
인터넷 지연	50ms
LAN background 이용률	20% (10Mbps 기준)
	총 11대
LAN 포함된 서버 수	• 10대: background 데이터 트래픽 생성 • 1대: 종단간 음성 트래픽 생성
백본 bandwidth	T1
백본 이용률	70%

시뮬레이션은 H.323 모델을 기반으로 수행되는데, 본 모델에는 음성 트래픽을 발생시키는 서버에서 음성 코덱 알고리즘을 포함한 H.323 기능을 수행한다고 가정한다. 다음 <표 2>에서는 본 논문에서 사용하는 음성 코덱 알고리즘과 그에 대한 속도 및 프레임 크기 및 처리 시간 등에 관한 사항을 보여주고 있다.

<표 2> 음성 코덱 알고리즘

항목	G.723.1	G.729
코딩 속도 (Kbps)	5.3	8
프레임 크기 (ms)	30	10
처리시간 (ms)	30	10
데이터 크기 (bytes)	24	20

다음은 시뮬레이션에서 발생하는 응용 서비스에 대한 트래픽 모델을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 음성 트래픽 : G.723과 G.729를 기반으로 한 트래픽 생성
  - 평균 전화 통화 시간 : 45초
  - Calling 간격 : 60초
- ② HTTP 트래픽
  - 평균 오브젝트 크기 : 80,000bytes
  - 접속별 평균 오브젝트의 수 : 3
  - 평균 이미지 수 : 5
  - 클라이언트 별 평균 inter-request time : 50초

③ FTP 트래픽

- 평균 다운로드 파일 크기 : 150,000 bytes
- 클라이언트 별 평균 inter-request time : 90초

④ Email 트래픽

- 평균 데이터 크기 : 20,000bytes
- 클라이언트별 평균 inter-request time : 360초

<표 3> 응용 서비스 트래픽별 종단간 평균 지연시간 변화(PDF) (단위 ms)

Queueing 알고리즘	데이터 트래픽량	응용 서비스 트래픽(G.723.1/G.729)		
		Web	FTP	Email
FIFO	256(Kbps)	0.061/0.056	0.061/0.076	0.118/0.087
	512(Kbps)	0.085/0.081	0.134/0.129	0.202/0.172
	1024(Kbps)	0.189/0.15	0.231/0.222	1.456/0.829
WFQ	256(Kbps)	0.06/0.053	0.079/0.076	0.109/0.087
	512(Kbps)	0.079/0.08	0.131/0.13	0.176/0.189
	1024(Kbps)	0.18/0.11	0.213/0.191	1.352/0.813

4.4 성능 매트릭스(Performance Metrics)

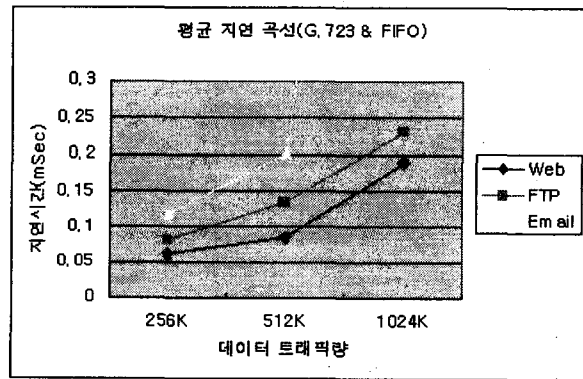
본 논문에서는 응용 서비스 트래픽 양에 따른 종단간 음성 트래픽 지연시간 변화를 측정하기 위해 고려하여야 할 성능 매트릭스로서 지연(delay)와 지터(jitter)를 고려하였다. 송신측에서 음성 트래픽의 data.request 시간을  $d_i$ 로 정의하고, 수신측에서 수신한 음성 트래픽의 data.indication을  $a_i$ 로 정의하면 지연시간  $D_i$ 는  $D_i = a_i - d_i$ 로 정의할 수 있다.[10]

지터는 인접한 두 음성 트래픽들의 지연간의 절대값으로써  $J_i = |D_i - D_j|$ 로 정의할 수 있으며 이는  $J_i = |(a_i - d_i) - (a_j - d_j)|$  또는  $J_i = |(a_i - a_j) - (d_i - d_j)|$ 라 할 수 있다.[10]

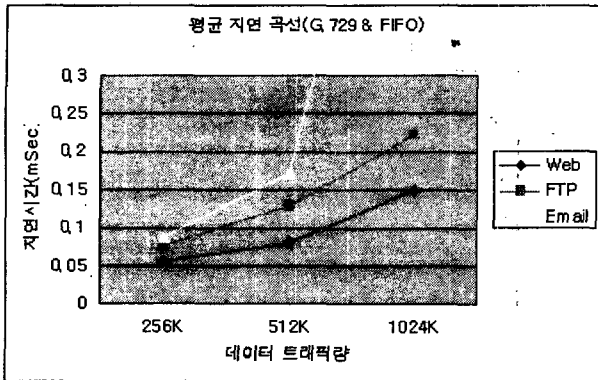
5. 성능 결과 및 고찰

본 논문은 시뮬레이션 모델에서 게이트웨이에서 제공하는 큐잉 알고리즘 중에서 FIFO와 WFQ방식을 비교하기로 한다. WFQ는 IP 헤더의 ToS(Type Of Service) 필드를 참조하여 각 트래픽을 큐잉하는 방식을 사용한다. 또한, <그림 1>에서 보는 바와 같이 응용 서비스 트래픽을 Web, FTP, Email, 그리고 트래픽 양을 256Kbps, 512Kbps, 1024Kbps로 종단간의 지연시간에 대한 PDF(Probability Density Function)를 구해 보면 <표 3>과 같다.

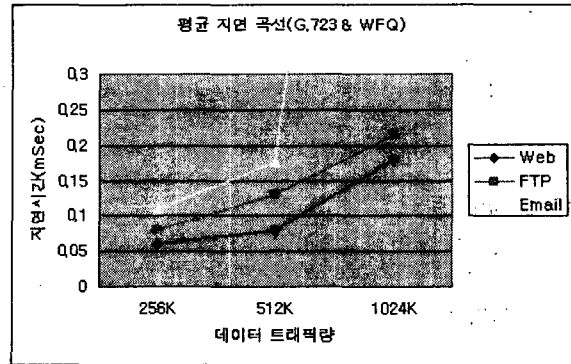
<표 3>의 Web 트래픽의 패턴은 적은 크기의 데이터가 자주 발생하는 Gamma 분포의 특징을 가지고 있으며, FTP 트래픽과 Email 트래픽의 발생 패턴은 순간적으로 대량의 트래픽이 발생하는 비실시간 버스트(burst) 특징을 가지고 있다. 이에 반해 음성 트래픽은 실시간 스트림 형식의 특징을 가지고 있어 연속적으로 트래픽이 발생하게 된다. <표 3>의 결과를 바탕으로 음성 트래픽의 지연시간 변화에 대한 시뮬레이션 결과를 살펴보면 <그림 5>에서 <그림 8>과 같다.



<그림 6> G.723과 FIFO를 사용하였을 때 음성 트래픽 지연시간 변화



<그림 7> G.729과 FIFO를 사용하였을 때 음성 트래픽 지연시간 변화

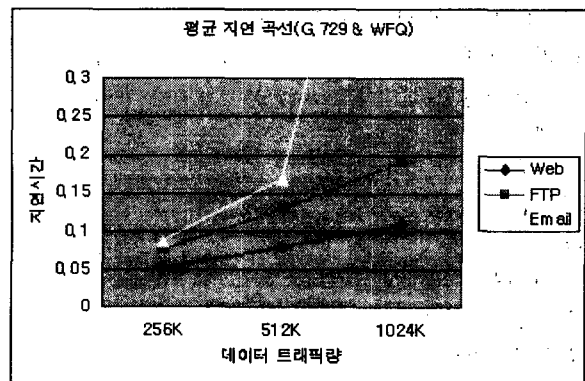


<그림 8> G.723과 WFQ를 사용하였을 때 음성 트래픽 지연시간 변화

<그림 6>와 <그림 7>은 음성 트래픽을 G.723 또는 G.729와 FIFO를 사용했을 때 지연시간 변화를 보여주고 있다. <그림 6>에서 G.723을 사용했을 때 데이터 트래픽이 1024K인 경우는 음성 트래픽의 지연이 150ms를 넘는 것을 볼 수 있었으나, <그림 7>에서는 Web 트래픽이 1024K 발생되었을 때에도 좋은 음성 트래픽 품질을 얻을 수 있었다.

코덱기법의 변화에 따라 다른 성능의 확인을 <그림 8>과 <그림 9>에 나타내었다. 코덱기법에 따라 서로다른 압축율을 보여주며 이에 따른 성능의 변화를 확인하였다. 음성 트래픽을 G.723 또는 G.729를 WFQ와 같이 사용했을 때 지연시간 변화를 보여주고 있는데 1024K의 Web 트래픽은 150ms의 좋은 품질을 나타내고 있으며 FTP 트래픽은 200ms의 품질을 나타내고 있어 <그림 6>과 <그림 7>의 결과보다 나은 결과를 보여주고 있다.

종합적인 시뮬레이션 결과를 살펴보면 G.723보다는 G.729를 사용하는 것이 보다 나은 성능을 보였고, 큐잉 알고리즘에 있어서는 FIFO 보다는 WFQ 방식이 더욱 나은 성능을 보이고 있다. 이는 VoIP 서비스에서 단말에서의 코덱기법 선택과 네트워크에서의 큐잉정책 변화에 따른 성능 차이를 보여주는 것이다.



<그림 9> G.729과 WFQ를 사용하였을 때 음성 트래픽 지연시간 변화

위의 시뮬레이션을 수행함에 있어서 적용한 가정은 단일 종단간 사용자간의 음성 통신을 위한 것이어서 지연 시간의 변화 폭이 작은 것을 알 수 있다. 이러한 종단간 음성 사용자들이 더욱 증가할수록 위의 그래프에서 지연 시간의 변화 폭은 더욱 늘어날 것으로 예상되지만, 코덱 알고리즘과 큐잉 알고리즘을 보다 효율적인 것으로 바꾼다면(위의 경우, G.729와 WFQ) 대규모 네트워크에서의 VoIP 서비스에 대한 종단간 지연 시간의 변화 폭은 그리 크지 않을 것이라는 것을 예측할 수 있다. 또한, 응용 서비스 트래픽별 음성 트래픽의 변화되는 지연시간을 살펴보면 시뮬레이션에 사용된 HTTP, FTP, Email 모두 버스트



(burst)한 발생 패턴을 갖는 비실시간 응용 서비스 형태이지만 한번에 전송되는 데이터 크기에 있어 FTP나 Email 보다 적은 데이터 크기를 전송하는 HTTP 트래픽이 전송될 때 음성 트래픽의 지연시간이 가장 적게 소요되는 것을 볼 수 있으나, HTTP 트래픽 양이 계속 늘어날수록 지연시간이 늘어나는 것을 볼 수 있다.

## 6. 결론

VoIP 네트워크 상에서 사용자에게 좋은 품질의 음성 서비스를 제공하기 위해서는 음성 트래픽이 가지고 있는 QoS 특성을 파악하여 이들을 만족시키는 것이 중요하다. 음성 트래픽에 대한 QoS 항목으로는 지연과 지터 그리고 패킷 손실 등을 생각할 수 있는데, 그 중에서 최종 사용자에게 중요시되는 항목으로는 지연을 생각할 수 있다. 즉, 음성 트래픽에 대한 종단 간의 지연 시간이 최종 사용자에게는 가장 중요한 항목이 될 수 있다. 음성 트래픽의 단방향 지연시간에 영향을 미치는 기본적인 항목으로는 음성 코덱 알고리즘, 게이트웨이의 큐잉 알고리즘 등과 다른 응용 서비스 트래픽 양 같은 네트워크 상황에 따른 음성 트래픽의 지연을 생각할 수 있다. 그 중에서 본 논문에서는 네트워크 상황을 달리하여 음성 트래픽에 대한 지연시간 변화를 연구하였다. 또한, 여러 가지 지연에 영향을 미치는 항목(코덱 알고리즘, 큐잉 알고리즘)을 시뮬레이션 성능 factor로 두어 다양한 환경 하에서 음성 트래픽의 지연 시간 변화에 대해 연구하였다. 결론적으로 음성 코덱 알고리즘으로는 G.729 가 큐잉 알고리즘으로는 WFQ 방식이 음성 트래픽에 대한 높은 성능을 보여주고 있으며, 여러 가지 응용 서비스 트래픽 중에서는 그 발생 패턴 특성이 한번에 발생하는 데이터 크기가 비교적 적은 양이면서 버스트한 데이터가 발생하는 HTTP 트래픽일 경우 음성 트래픽의 지연에 좋은 성능을 보여 주고 있다.

## 참고문헌

- [1] Guy Thomsen & Yashvant Jani, "Internet Telephony : going like crazy", IEEE spectrum, May, 2000, 52-58
- [2] Anurag Tyagi, Jogesh.K.Muppala, Hermann de Meer "VoIP Support on Differentiated Services using Expedited Forwarding", Performance, Computing, and Communications Conference, 2000, IPCCC'00. Conference Proceeding of the IEEE International,2000, 574-580
- [3] Muppala, J.K, Banchedvanich, T, Tyagi,A, "VoIP Performance on differentiated services enabled network", Networks, 2000 (ICON 2000), Proceedings, IEEE International Conference on, 2000, 419-423
- [4] Jim W.Roberts, France Telecom R&D, "Traffic Theory and the Internet", IEEE Communications Magazine, January, 2001 94-99
- [5] Timothy Kwok, "ATM : The New Paradigm for Internet, Intranet & Residential Broadband Services & Applications", Prentice Hall, 1997
- [6] Hong Liu: Mouchtaris,P, "Voice over IP signaling : H.323 and beyond", IEEE Communications Magazine, volume :38, Oct,2000, 142-148
- [7] Daniele Rizzetto and Claudio Catania. "A Voice Over IP Service Architecture for Integrated Communications". IEEE Internet Computing. May. 1999. 53-62
- [8] Montminy.C. Aboulnasr, T "Improving the performance of ITU-T G.729A for VoIP". Multimedia and Expo. 2000. ICME 2000. 2000 IEEE International Conference on Volume 1. 2000. 433-436
- [9] Partho P.Mishra, Huzur Saran. "Capacity

Management and Routing Policies for Voice Over IP Traffic”, IEEE Network, Volume :14, March-April 2000, 20-27

- [10] H.Knoche and H.de Meer, QoS Parameter: A Comparative Study for Mapping Purpose, Technical Report, Computer Science Department, University

of Hamburg, August 1998

- [11] Parekh and R. Gallager, “A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control - Single Node Case”, Proc. Of IEEE INFOCOM '92, vol. 2, May 1992, pp. 915-924

● 저자소개 ●



윤상운

1983년 9월: 고려대학교 수학과 학사

1993년 9월: Stevens Tech. 전산과 석사

2001년 9월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사과정

1983년 ~ 1986년 LG전자

1986년 ~ 1993년 시스템공학연구소(SERI)

1993년 ~ 1998년 삼성SDS 책임연구원

2000년 2월 ~ 에스넷시스템(주) 상무이사

관심분야: 컴퓨터 네트워크, 네트워크 관리, QoS, Simulation



정진욱

1974년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사

1979년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 석사

1991년 2월 : 서울대학교 계산통계학과 박사

1982년 ~ 1985년 한국과학기술 연구소 소장

1981년 ~ 1982년 Racal Milgo Co. 객원연구원

1985년 ~ 현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학부 교수

관심분야: 컴퓨터 네트워크, 네트워크 관리, 보안