

VoIP망에서 QoS보장을 위한 효율적인 스케줄링 알고리즘에 관한 연구

박승준, 이용한, 강수훈, 이재훈
동국대학교 정보통신공학과
e-mail: jun@lily.dongguk.ac.kr

A Study on Efficient Scheduling Algorithm for QoS over VoIP

Seung-Jun Park, Young-Han Lee, Su-Hun Kang and
Jae-Hwoon Lee

Dept. of Information & Communication Engineering, Dongguk
University

요약

본 논문에서는 VoIP(Voice over IP)의 광대역 네트워크에서 QoS(Quality of Service)를 지원하기 위한 방안을 스케줄링을 중심으로 하여 연구하였다. 이를 위하여 라우터 중심의 포워딩(Forwarding)에 있어서 재생손실(Play Out Loss)이 발생하는 버퍼에 대해서는 음성통신을 제외한 일반 데이터에 할당을 하고 들어오는 음성 데이터에 대해서는 토큰 할당 방식으로 자원을 할당하는 모델에 대해 제안하였다. 또한 음성 데이터에 대해서는 폐기에 대한 방법대신 거절 개념을 포함시켜 이를 EF(Expedited Forwarding)모델과 시뮬레이션을 통하여 분석을 하였다.

1. 서론

인터넷은 데이터들을 단순히 목적지로 전달하기만 하면 되는 TCP/IP의 최선형 서비스(Best Effort Service)를 기반으로 하고 있다. 데이터 중심의 프로토콜(Protocol)들은 인터넷 전화나 VOD(Video On Demand)와 같은 지연에 민감한 서비스에는 부적합하게 되었다. 이러한 현재의 인터넷에서 서로 다른 QoS를 요구하는 다양한 서비스를 제공하기 위해 보다 더 진보된 형태인 IntServ(Integrated Service)와 Diffserv (Differentiated Service)가 현재 제안되어 있다.

IntServ모델은 최선형 서비스(Best Effort Service) 외에 보장형 서비스(Guaranteed Service)와 선점형 서비스(Predictive Service) 등 두 개의 새로운 서비스를 클래스에 추가한 것으로 흐름을 설정하기 전에 경유된 라우터들에게서 사용자가 요구한 자원을 확보하여야 한다.

라우터들 간의 자원을 확보하기 위해서는 신호

(Signaling) 프로토콜이 필요한데 IntServ모델에서는 신호(Signaling) 프로토콜로 RSVP(Resource ReserVation Protocol)를 사용한다.

IntServ모델의 경우 확실한 QoS를 보장할 수 있으나 흐름의 수가 증가하면 정보의 양도 증가하므로, 상태 정보 저장을 위한 방대한 저장공간이 필요하며 이를 관리하기 위한 처리 부하가 증가하게 된다. 따라서 이와 같은 구조는 확장성에 심각한 문제를 야기하고 라우터는 RSVP, 수락제어, 패킷 분류기, 패킷 스케줄링 기능을 모두 가지고 있어야 하기 때문에 라우터의 기능 요구 사항이 높다. 또한 보장형 서비스를 위해서는 망 전체에 IntServ를 제공하는 라우터가 설치되어 있어야만 한다.

이의 단점을 보완하기 위해서 제안된 것이 Diffserv인데 이는 기본적으로 홉(Hop By Hop)방식으로 PHB(Per Hop Behavior), 패킷 분류자, 트래픽 조정자들을 그 기본기능으로 가지고 있다.

기본 개념은 서비스 제공자가 상이한 트래픽에 다른 레벨의 서비스를 제공하고, 고객에게도 계약 등

에 의해 다른 QoS를 보장해 주는 방법으로 쉬운 구현과 확장성에 그 장점이 있다.

Diffserv는 패킷의 DSCP(Diffserv Code Point)를 다르게 표시하고, 이 표시에 따라 패킷을 처리함으로써 몇 개의 차별화 된 서비스에 대한 클래스를 생성하는 것으로서 기본적으로 상대적인 우선 순위 기법이다. 따라서 Diffserv는 현재의 인터넷을 수용하기 위해서 어느 정도 선에서 QoS에 대한 타협을 해야 하는 것이다. 즉 동일한 클래스의 패킷들이 라우터의 한계 능력 이상 들어 올 때에는 패킷들을 폐기해야 하는 것이다. 이는 완벽한 QoS보장을 할 수 없는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 Diffserv의 단점인 완벽한 QoS 보장을 개선하기 위해 음성 통신을 중심으로 논하고 이에 적합한 단순예약알고리즘을 제안한다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 지연으로 인해 발생하는 재생손실(Play Out Loss)에 대한 버퍼부분을 일반 데이터를 위해 할당함으로써 라우터에서 폐기되는 패킷의 수를 줄였고 음성통신에서는 거절 개념을 도입하고 고정된 자원 할당을 제공함으로써 보다 확실하고 효율적인 통신이 가능하도록 하였다.

이로 인해 음성통신의 경우 회선교환망과 같이 망의 자원이 없을 경우 음성 통신에 한해 콜셋업(Call Setup) 시 거절을 하도록 하고 일단 자원이 할당이 되면 지속적으로 QoS보장을 받을 수 있도록 하였으며 일반 데이터 통신의 경우에는 재생손실 부분에 대한 잉여 버퍼를 할당함으로써 폐기가 발생하는 시점을 다소 늦출 수가 있도록 하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면 2장에서는 단순예약 알고리즘에 대해 설명을 하였고 3장에서는 단순예약과 고정된 버퍼와 클래스를 제공하고 일반적인 라운드 로빈(Round Robin)을 갖는 EF(Expedited Forwarding)모델과 비교한 시뮬레이션을 하여 결과를 논했고 4장에서는 결론을 맺도록 하겠다.

2. 단순예약(Simple Reservation)스케줄링 알고리즘

기존 QoS 모델의 단점을 해결하기 위해서 기본적으로 음성통신에 있어서는 예약개념과 거절개념을 도입을 하고 포워딩(Forwarding) 방식은 홉(Hop by Hop) 방식을 사용을 하며 1개의 음성통신 당 1개의 토큰과 고정된 음성 데이터의 크기에 적합한 1개의 버퍼를 할당하는 방식의 모델을 제안한다.

본 모델에서는 다음과 같은 가정이 있다. 우선 음성 데이터의 종류는 최초 통화 연결 시 각각의 라

우터에 가상 큐 할당을 명령하는 콜셋업(Call Setup) 데이터, 통화 종료 시 할당된 자원을 되돌리는 티어다운(Tear Down)데이터, 통화 중 실제 음성을 전달하는 음성데이터 등의 3가지가 있다고 가정을 하고 이들은 IPv4의 경우 TOS 필드에 IPv6의 경우 클래스 필드 내에 표시를 하도록 한다. 클래스도 음성전송을 위한 클래스와 기타 데이터 전송을 위한 클래스 2가지만 있다고 가정을 한다. 또한 통화 중인 음성의 전송 형태는 CBR(Constant Bit Rate)를 가진다고 가정한다.

Diffserv에서는 기본적으로 동일한 클래스의 패킷이 라우터의 한계치 이상 들어올 경우 RIO(RED In/Out) 방식으로 폐기처분 하도록 제안 되어있다. 일반 데이터에 대해서는 이러한 방법을 그대로 적용을 하되 음성 데이터에 대해서는 혼잡(Congestion) 발생 시 콜셋업 데이터에 한해 거절 신호를 발생시키도록 한다. 이럴 경우 콜셋업 데이터는 다시 새로운 경로를 찾게 된다.

라우터에서 콜셋업 데이터를 성공적으로 받았을 시 일반 데이터를 위해 할당되어 있는 자원(버퍼와 토큰)을 음성 데이터 전송을 위해 아래와 같이 할당을 한다.

$$T_{(T)} = T_{(D)} - \sum_{i=1}^n x_{(i)}$$

$$B_{(T)} = B_{(D)} - \sum_{i=1}^n k_{(i)}$$

$T_{(D)}$ 와 $B_{(D)}$ 는 각각 일반 데이터 전송을 위해 토큰과 버퍼에 할당된 총 크기이고 $T_{(T)}$ 와 $B_{(T)}$ 는 각각 음성 데이터를 위해 할당한 후 남게되는 일반 데이터의 토큰의 수와 버퍼의 크기이다. n 은 라우터가 수용하기로 결정한 음성 데이터의 총수이고 k 는 1회에 음성을 위해 할당할 고정된 버퍼이며 x 는 1회 할당할 토큰의 수이다.

일단 음성 데이터가 토큰과 버퍼의 할당을 받으면 그 이후 들어오는 실제의 음성 데이터들은 그것이 포트나 IP주소와 상관없이 TOS필드만을 참조하여 분류된다.

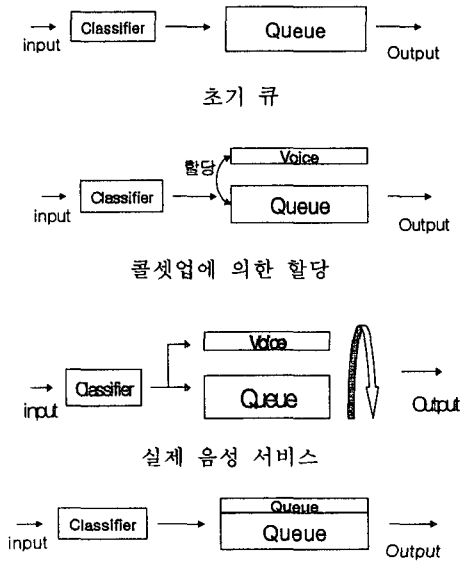
티어다운(Tear Down)이 들어올 경우에는 다시 역순으로 재 할당이 이루어진다.

$$B_{(D)} = B_{(T)} + \sum_{i=1}^n k_{(i)}$$

$$T_{(D)} = T_{(T)} + \sum_{i=1}^n x_{(i)}$$

여기서의 n 은 라우터가 받은 티어다운(Tear Down)의 수이다. 이러한 일련의 과정을 [그림 1]에 보였다.

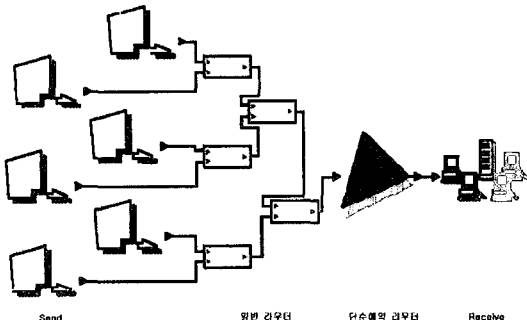
본 서비스가 이루어지는 동안 물론 일반 데이터를 위한 큐는 최선형 서비스가 이루어지고 있다.



티어다운(Tear Down)에 의한 할당 해제
[그림 1] 음성 서비스 할당/해제 과정

EF는 특정 클래스에 대해 큐를 고정 시켜 놓는 방법으로 안정적인 서비스를 할 수는 있으나 큐 지연으로 인한 재생손실이 발생할 수 있다. 이에 음성 데이터 패킷의 크기를 고정시키고 그에 맞추어 버퍼를 할당하고 재생손실이 발생할 시점에서는 거절신호를 발생시킴으로 적절한 자원 할당이 가능하도록 했다.

3. 시뮬레이션을 통한 성능 분석 및 결과



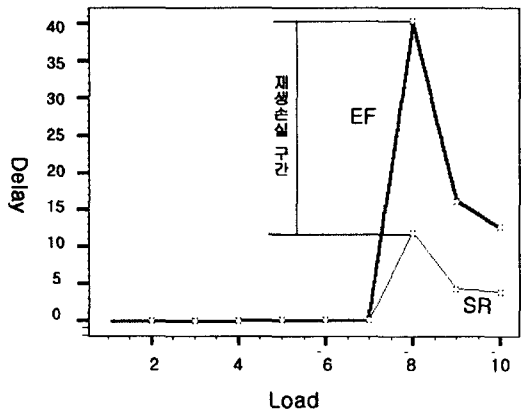
[그림 2] 시뮬레이션 구성도

제안된 단순예약알고리즘의 성능을 측정하기 위한 기본구성은 [그림 2]와 같다.

위의 성능 측정을 위한 모의 실험은 본즈(BONeS)를 사용하여 시뮬레이션을 했다.

[그림 2]에서 6개의 망에서는 각각 일반 데이터와 음성 데이터의 트래픽이 평균 도착 시간의 λ 값을 갖는 포아송분포로 생성이 되고 패킷의 크기는 음성의 경우 64Kbps, 일반데이터의 경우 1K-400K 사이의 값중 임의로 발생이 된다. DSCP에 대한 셋팅은 음성과 데이터로만 최초 트래픽이 생성될 때 되도록 하였다. 일반 라우터(직사각형)에서는 트래픽을 하나의 데이터로 결합하는 역할만을 담당하고 단순예약 라우터(삼각형)에서는 음성과 일반 데이터를 분류하여 서비스를 한다. 대역폭은 1.5Mbps로 연결되어 있으며 시뮬레이션의 흐름은 단방향이다. 단순예약 라우터에서는 라운드 로빈을 위한 총 토큰은 10개를 주고 총 버퍼의 크기는 100을 주었다. 이들은 제안 모델과 비교대상인 EF모델에서 적절한 비율로 분배 되도록 하였다.

모든 측정은 단순예약 라우터를 기준으로 이루어졌으며 전송지연은 측정에서 제외하였다. 음성 통신의 경우는 큐 지연을 일반데이터의 경우는 오버플로 위에 대해서 각각 측정을 하였다.

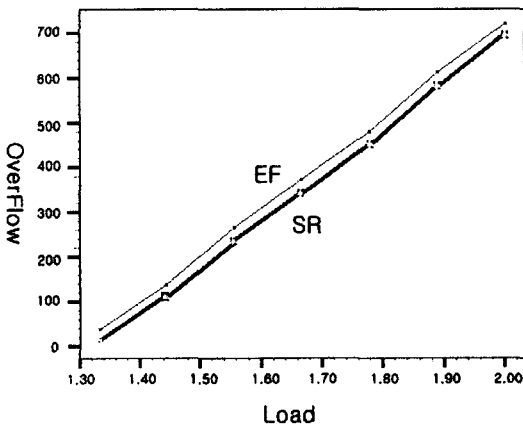


[그림 3] 큐 지연(Queuing Delay)

[그림 3]은 트래픽 로드 증가에 따른 음성통신의 큐 지연을 나타내고 있으며 모든 성능의 비교는 EF 모델과 비교를 하였다.

[그림 3]의 그래프에서 보여 지는 것과 같이 λ 의 증가가 0.7의 로드부분에서 큐의 한계가 나타났는데

EF방식의 경우 들어오는 패킷의 크기를 고려하지 않고 임의로 할당을 한 결과 큐 지연에서 25ms를 초과하는 재생손실이 나는 구간이 발생을 했다. 단순예약에서는 25ms를 초과하는 부분에 대해서 지속적인 거절을 함으로 신규 설정을 하지 않고 기존 연결 중인 서비스에 대해 안정적인 서비스를 할 수 있었다. 그러나 EF 모델에서는 패킷을 폐기시킴으로 신규 서비스를 지속적으로 받아들일 수는 있었으나 서비스 중인 음성 데이터에 대해서 일부 손실이 발생을 하였고 또한 이미 서비스 된 패킷들도 재생손실로 상당부분이 의미 없는 데이터들이 되었다.



[그림 4] 오버플로워(Overflow)

[그림 4]는 트래픽 로드 증가에 따른 일반 데이터의 오버플로워를 나타낸다. 모든 성능의 비교는 EF 모델과 비교를 하였다.

[그림 4]에서는 단순예약모델이 EF모델에 비해 약 40개의 패킷이 덜 폐기되는 성능을 보여주는데 이는 재생손실에 대해 할당된 버퍼부분을 일반 데이터를 위해 할당한 결과 각각의 로드 당 약40개의 패킷이 덜 폐기되는 성능 향상이 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 Diffserv에 음성 통신을 중심으로 한 단순예약알고리즘을 제안하였다. 단순예약알고리즘은 CBR특징을 가진 음성 통신에 있어서 재생손실을 고려하여 큐를 할당하고 폐기 대신 거절의 개념을 도입하였다. 단순예약은 음성통신에 있어서 회선교환수준의 서비스를 보장하고 버퍼의 적절한 자원할당을 통해 일반 데이터의 손실을 최소화 할 수 있는 특징을 가지고 있다.

단순예약알고리즘의 성능은 EF모델과 비교를 하

였다. 그 결과 음성 통신에 있어서는 좀 더 안정적인 서비스가 이루어졌으며 일반데이터에 대해서는 손실을 줄일 수 있었다. 차후에는 음성뿐만 아니라 MPEG과 같은 VBR(Variable Bit Rate)성격을 가진 트래픽에 대해서도 적용을 하여 분석하는 작업을 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] K. Nichols, et. al., "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers." RFC 2474, December 1998.
- [2] S. Blake, et, al., "An Architecture for Differentiated Services." RFC 2475, December 1998.
- [3] V. Jacobson, et, al., "Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, June 1999.
- [4] J. Heinanen, et, al., "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, June 1999.
- [5] S. Brim, et, al., "Per Hop Behavior Identification Codes", IETF Draft, October 1999
- [6] Y. Bernet, et al., "Conceptual Model for Diffserv Routers", IETF Draft, March 2000
- [7] S. Floyd, et al., "Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks", IEEE/ACM Transaction on Networking, August 1995.
- [8] H. Zhang, et al., "Hierarchical Packet Fair Queueing Algorithms", Proc, SIGCOMM'96, August 1996.
- [9] R. Braden, et al., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) --Version 1 Functional Specification", RFC 2205, September 1997.
- [10] D. Clark, et al., "Explicit Allocation of Best-Effort Packet Delivery Service" IEEE/ACM Transaction on Networking, August 1998.
- [11] ALTA Group, "BONEs DESIGNER Core Library Reference", March 1996.