

# MPLS 망에서 UDP 음성트래픽을 제공하기 위한 라우터의 큐잉 방식에 관한 비교분석

권기범\*, 정일영\*

\*한국의외국어대학교 정보통신공학과

e-mail : gbkwon@ice.hufs.ac.kr

## A Comparison & Analysis About Router's Queueing Mechanism for UDP Voice Traffic in MPLS network

Gi-Bum Kwon\*, Il-Young Chong\*

\*Dept. of Information Communication Engineering, Hankuk University of Foreign Studies

### 요 약

인터넷 트래픽의 폭발적인 증가로 인해 라우터에서 목적지로 포워딩 해야 할 트래픽의 양도 함께 증가하게 되었다. 그와 같은 트래픽들 중에 최근에 급격히 증가하고 있는 음성트래픽의 주를 이루는 것이 바로 인터넷 전화로 발생하는 트래픽들이다. 본 논문에서는 인터넷 전화시 발생하는 음성 트래픽의 특성에 대해 살펴보고, 라우터에서 트래픽 폭주시 이를 제어하는 큐잉 방식을 비교분석하고, MNS(MPLS Network Simulation)를 이용하여 코어망을 MPLS 네트워크로 구성한 후 UDP 음성 트래픽을 생성하여 각 라우터(LSR:Label Switch Router)의 버퍼에서 요구되어지는 폭주제어기법들에 대해 시뮬레이션을 하여 그것을 통해 얻은 결과를 바탕으로 실제 인터넷 전화 시스템의 통화품질에 적절하게 대처할 수 있는 큐잉 기법을 고찰한다.

### 1. 서론

최근들어 인터넷 사용자의 증가와 더불어 인터넷을 통한 전화사용의 증가로 1 년에 10 배씩 트래픽이 증가하여 2001 년이면 인터넷을 통해 전달되는 트래픽의 양이 기존의 전화 트래픽을 능가할 것이라고 한다. [8] 이렇게 더욱더 빠른 추세로 증가하는 인터넷 트래픽들로 인해 트래픽 폭주시 라우터에서 트래픽 폭주를 제어하는 역할이 더욱 중요한 관점으로 대두되고있다.

따라서, 다양한 트래픽 특성을 분석, 고려하여 네트워크 트래픽 폭주시 라우터에서 트래픽 패턴에 따른 적절한 큐잉 방식을 사용함으로써 효율적으로 인터넷 트래픽을 제어할 수가 있다.

본 논문에서는 2 장에서 지속적인 사용자의 증가를 보이고 있는 인터넷 전화에 의해 발생하는 음성트래픽의 특성에 대해 살펴보고, 3 장에서는 네트워크의 라우터에서 트래픽 폭주 발생시 폭주를 피하고 트래픽 폭주를 해결하기 위해 제안된 큐잉 방식들의 특성 및 장단점을 살펴보고 분석하고자 한다. 4 장에서는 3 장에서 언급된 각각의 큐잉방식을 MNS 시뮬레이션 틀

을 이용하여 MPLS 네트워크에 UDP 음성트래픽을 생성하여 트래픽 폭주시, LSR 에서의 적절한 큐잉 방식에 대해 시뮬레이션을 통해 비교분석하고, 마지막으로 5 장에서는 결론 및 향후 연구계획을 제시한다..

### 2. 음성 트래픽 특성

인터넷 전화에서 발생하는 음성트래픽은 지연(Delay), 패킷손실(Packet loss), 지터(Jitter)와 같은 요인들에 매우 민감하다.

인터넷 전화에서 상대방과 통화를 할 경우, 지연이 너무 크면 원활한 대화가 힘들어진다. ITU-T 에서는 중단간 전화통화에서 단방향 지연시간을 400ms 이내로 권고하고 있다. 하지만, 인터넷 전화를 통해 원활한 통화품질을 얻기 위해서는 지연시간이 100ms 이내가 되어야 한다. 또한 인터넷을 통해 전송되는 음성 패킷이 손실되거나 패킷들이 들쭉날쭉하게 들어오는 전송지연의 편차(지터)가 너무 크게되면 전화 통화품질을 떨어지게 하므로 라우터에서 이러한 점을 고려

한 큐잉 방식을 이용하여 최소한의 지연시간과 패킷 손실을 보장하고 지터를 줄여야만 한다. [8]

3. 라우터에서 폭주제어를 위한 큐잉 기법

3.1 Droptail(FiFo)

라우터로 유입되는 트래픽에 대해 FiFo(First In First Out)방식으로 버퍼관리를 하는 방식으로 네트워크 트래픽 폭주시 큐의 길이가 임계치를 넘으면 그 이후에 도착하는 모든 패킷들은 다시 큐가 비기 이전까지는 계속해서 폐기된다. 이 방식은 네트워크의 트래픽 폭주가 발생하였을 경우 전체적인 수율이 급격히 떨어지는 단점을 가지고 있고, 또한 특별한 트래픽에 대한 구분이 없기 때문에 트래픽에 따른 QoS(Quality of Service)보장을 지원할 수 없다.

3.2 RED(Random Early Detection)

이 방식은 인터넷 게이트웨이 또는 라우터에서 폭주제어를 할 수 있는 메커니즘으로 현재 넓게 사용되고 있다. RED 기법을 이용하는 라우터에서는 패킷의 중요도에 따라 마킹되거나 또는 마킹되지 않은 패킷을 우선순위를 주어 처리할 수 있고, 다양한 트래픽 클래스가 존재하는 경우에는 각 클래스를 위한 서브 큐를 사용할 수 있다.

RED 방식은 큐를 모니터링 하다가 평균 큐 크기가 임계치를 넘으면 임의적으로 연결을 하나 선택하여 그 연결에 속한 패킷을 폐기한다. 이때, 어떤 연결이 선택될 확률은 입력되는 연결의 트래픽 양에 비례한다. RED의 장점으로는 전송계층 프로토콜과 상관 없이 네트워크의 라우터에서 폭주제어 메커니즘에 영향을 받지 않고 점진적으로 수행될 수 있다는 것이다. [7]

- RED 큐잉 방식의 궁극적인 목적
  - 1) 평균 큐 크기를 제어하여 폭주를 회피하는 것
  - 2) TCP의 Global Synchronization을 해결하는 것
  - 3) 버스티(Bursty) 트래픽에 대한 불공정한 불이익을 없애는 것(Random Selection)
  - 4) 전송 계층 프로토콜의 흐름 제어가 없는 경우에도 평균 큐 크기에 상한을 유지한다는 것을 들 수 있다.

3.3 FQ(Fair Queuing)

네트워크 장치(라우터 또는 게이트웨이)를 통하여 전송되는 각각의 모든 트래픽들이 네트워크의 자원을 공평하게 공유할 수 있게 하는 것을 'Fair Queuing'이라 한다.

그러나, 이처럼 완벽하게 FQ를 구현하기 위해서는 비용이 많이 소모된다. 특히, FQ는 현재 게이트웨이나 라우터에서 액티브 상태에 있는 각 패킷 스트림들의 수를  $n$  이라고 했을 때, FQ를 구현하기 위해서는  $O(\log(n))$ 만큼의 처리시간을 요구한다. 따라서, 액티브

상태에 있는 패킷 스트림들의 수를 많이 가지고 있는 고속의 네트워크에서는 패킷 처리 비용이 증가하므로 더욱 더 구현하기가 어렵다.

3.4 SFQ(Stochastic Fair Queuing)

SFQ는 네트워크 장치로 유입되는 모든 패킷 스트림들은 동일한 버킷을 통하여 공평하게 처리된다. 이 방식은 해쉬 함수를 이용하여 계산과정을 단순화( $O(1)$ 만큼의 처리시간)하고, 적은 수의 큐를 사용할 수 있게 해준다. 그러나, 다른 패킷 스트림들과 충돌을 일으키는 경우, 그러한 스트림들은 공평하게 처리되지 못하는 단점이 있다. 따라서, 공평하게 패킷 스트림을 처리하는 것이 통계적이라는 의미에서 "Stochastic Fair queuing" 이라 한다. 그리고, 만약 해쉬 인덱스의 사이즈가 라우터를 통하여 유입되는 액티브 플로우의 수보다 충분히 크다면, 불공평하게 네트워크 자원을 소모하는 확률을 더 줄일 수 있다.

3.5 DRR(Deficit Round Robin)

전송되는 패킷의 크기가 다름에 따라 불공평하게 네트워크 자원의 분배가 일어나는 경우가 있다. 이와같은 경우 DRR 방식을 이용하여 그러한 문제를 해결할 수 있다.

DRR은 라우터로 유입되는 패킷을 큐에 할당하는 것은 SFQ 방식을 사용하고, 각 큐에서는 원래 처리할 수 있게 할당된 크기만큼 처리하고 다음 큐로 수행이 이동되는 Round-Robin 방식을 사용한다. 하지만, 일반적인 Round Robin 방식과의 차이점으로 만약, 패킷의 크기가 너무 커서 이전 라운드에서 패킷을 전송하지 못했다면, 다음 라운드에 전송할 수 있는 전송량에 이전 라운드에서 전송하지 못하고 남아 있던 것을 이번 라운드에 더해 전송할 수 있게 하는 메커니즘이다. [2]

따라서, 매 라운드마다 결손되는 것이 없이 패킷의 크기 변화에 따라 적절히 대처할 수 있는 방식이다.

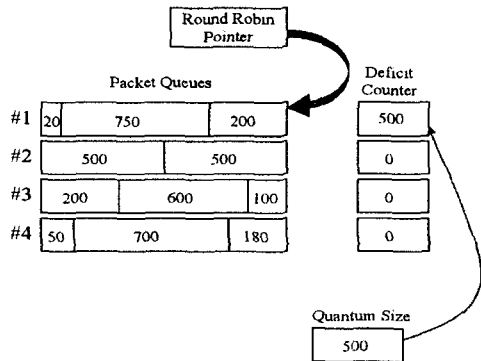


그림 1. Deficit Round Robin (1)

그림 1에서 보면, 라우터의 큐에서 패킷을 처음 처리할 때, 모든 Deficit Counter 변수는 0으로 초기화를

시키고 Round Robin Pointer는 액티브한 리스트의 가장 처음을 가리킨다. 그리고, 첫번째 큐에서 서비스가 되고, 500 바이트의 Quantum 값이 Deficit Counter 값에 더해진다. 첫번째 큐를 처리하고 남은 값이 Deficit Counter 변수에 남는다.

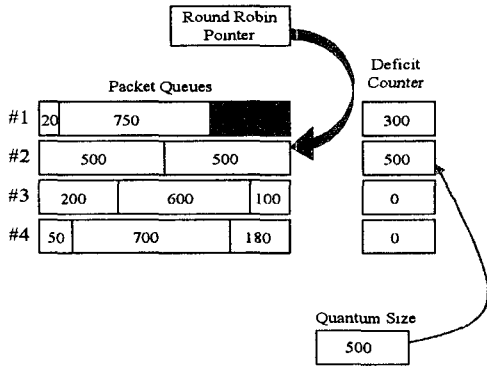


그림 2. Deficit Round Robin (2)

그림 2에서 보면, 크기 200 바이트인 패킷을 전송한 후에 큐는 그것의 Quantum 변수값에 300 바이트가 남는다. 그리고, 그것은 현재 Round Robin에서 사용되지 않고, 다음 패킷을 위해 사용된다. 그러므로, 300 바이트이라는 양만큼 다음 라운드에 더해져서 750 바이트를 전송할 수 있는 것이다.  
(전체 전송할 수 있는 패킷량  
= 300(이전 라운드의 결손량) + 500(Quantum))

이밖에도 DRR은 패킷 처리시간에서도 패킷당 O(1)만큼의 처리시간을 소비하면서 거의 완벽한 Throughput을 제공하고 ATM과 같은 네트워크 환경

에서의 고정된 크기의 셀을 전송하는 데에도 잘 동작하는 장점을 가지고 있다. 만약, ATM 네트워크와 연결되어 있고 추가적으로 가중치(weight)를 주어 WFQ(Weighted Fair Queuing)을 요구하는 경우라면 DRR은 더욱 유용하게 동작한다.

#### 4. 큐잉 방식에 따른 성능 비교분석 시뮬레이션

본 논문에서는 라우터에서 패킷들을 처리하는 큐잉 방식에 따른 네트워크의 Throughput을 측정하기 위해 NS(Network Simulator)에 MPLS(MultiProtocol Label Switching)기능을 추가한 MNS[4]를 이용하여 그림 1과 같이 구성된 네트워크 시뮬레이션 모델하에서 시뮬레이션을 수행하였다.

##### 4.1 음성 트래픽 모델

그림 3과 같이 32개의 소스 노드에서 트래픽을 발생시키고, 4개의 LSR(Label Switch Router)을 경유하여, 각각 32개의 목적지 노드로 전송되는 네트워크 모델을 구성하였다. 시뮬레이션에서 소스측 트래픽은 CBR/UDP를 사용하였고, 소스 노드와 LSR 간의 링크 대역폭은 1Mbps 이고 링크간 지연은 10ms를 갖는다. 그리고, LSR과 LSR 간의 링크 대역폭은 200Kbps 이고 링크간 지연은 100ms를 갖는 시뮬레이션 모델이다. 4개의 LSR에서는 각각 앞서 2장에서 설명된 여러가지 큐잉 방식을 사용하여 시뮬레이션을 하였다.

##### 4.1.1 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 4는 32개의 소스노드 중 하나를 선택하여 그 노드에서 전송되어 LSR을 경유하면서 4가지 큐잉 방식을 적용한 그래프를 보여주고 있다. 그래프에서

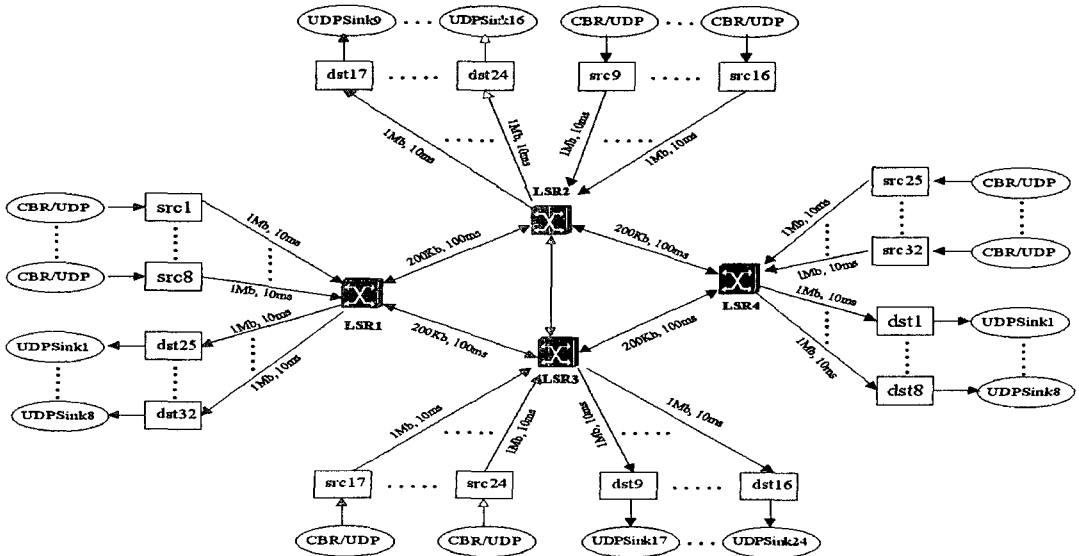


그림 3. 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델

X 축은 시간(초단위)을 Y 축은 대역폭을 나타낸다. 그래프의 대역폭 분포도를 통해 UDP 음성 전화트래픽에 적절한 큐잉 방식을 고려해 볼 수 있다. 트래픽 발생에 사용된 소스측 패킷의 크기가 64 바이트 크기로 6:4 의 비율로 지수함수 형태로 발생한다고 가정하고 파라미터를 지정하였고, 그 외 나머지 큐의 크기와 같은 다른 파라미터들은 NS 에서 제공되어지는 디폴트 값들을 그대로 사용하였다.[3]

시뮬레이션 결과, DropTail 방식과 RED 방식은 대역폭의 변화가 심해 트래픽이 급격하게 유입되고 한동안 유입되지 않는 반복을 계속하므로 지연에 민감한 특성을 지닌 음성 트래픽을 위한 큐잉 방식으로는 적절치 않을 뿐더러, 전송지연의 편차(지터)가 크게 발생할 때 전화 통화에 많은 영향을 미치므로 음성 트래픽을 위해서는 적절하지 않다. 반면에, SFQ 방식과 DRR 방식은 어느 정도 고정된 대역폭 내에서 큰 변동없이 유지되면서 트래픽이 전송되고, DropTail 과 RED 방식과는 다르게 낮은 대역폭에서 적은 대역폭만을 사용하기 때문에 전송지연이나 지터에 덜 민감하게 대처할 수 있는 특성을 보여주고 있어 음성 전화 트래픽에 적절한 큐잉 방식이라고 분석할 수 있다. 특히, DRR 방식을 사용하였을 경우 아주 작은 대역폭만을 사용하므로 한정된 네트워크 자원의 효율적인 이용을 얻을 수 있을 것으로 분석된다.

5. 결론 및 향후 연구계획

앞서 음성트래픽의 특성과 네트워크 폭주시 이를 해결할 수 있는 몇가지 큐잉 방식에 대해 살펴보았다. 그리고, 시뮬레이션을 통하여 UDP 음성 트래픽들이 MPLS 망의 LSR 에서 폭주 발생시 이를 처리하는 큐잉 방식 중 DRR 방식에서 작은 대역폭내에서 균일한

분포를 나타내는 것을 보아, 전송지연과 지터 등에 민감한 음성트래픽에 적합한 큐잉 방식으로 볼 수 있다.

향후 MPLS 네트워크에 CR-LDP(Constraints-Based Routing Label Distribution Protocol) 메커니즘을 적용하여 트래픽에 제약조건을 부가한 환경하의 MPLS 망에서 음성 트래픽의 전송시 얼마만큼의 성능향상이 나타나는지에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] Sally Floyd, Van Jacobson. "Random Early Detection Gateway for Congestion Avoidance", University of California. August 1993.
- [2] M. Shreedhar, George Varghese. "Efficient Fair Queueing using Deficit Round Robin", SIGCOMM '95 Cambridge, MA USA.
- [3] NS home page, <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/>
- [4] MNS home page, <http://www.raonet.com/introduction.Shtml>
- [5] Ross Callon, George Swallow, N. Feldman, A. Viswanathan, P. Doolan, A. Fredette, "A Framework for Multiprotocol Label Switching", <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-framework-06.txt>, August, 1999
- [6] Eric C. Rosen, Arun Viswanathan, Ross Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture" <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-arch-06.txt>, August, 1999.
- [7] 정중명 외 3 인 "TCP/IP 네트워크에서 폭주제어", 정보통신연구, 제 14 권 제 1 호, 2000 년 3 월.
- [8] 황원주, 이정태, "인터넷 전화 개요", 정보통신기술, 제 13 권 제 2 호, 1999 년 11 월

source node 7에서 전송된 트래픽

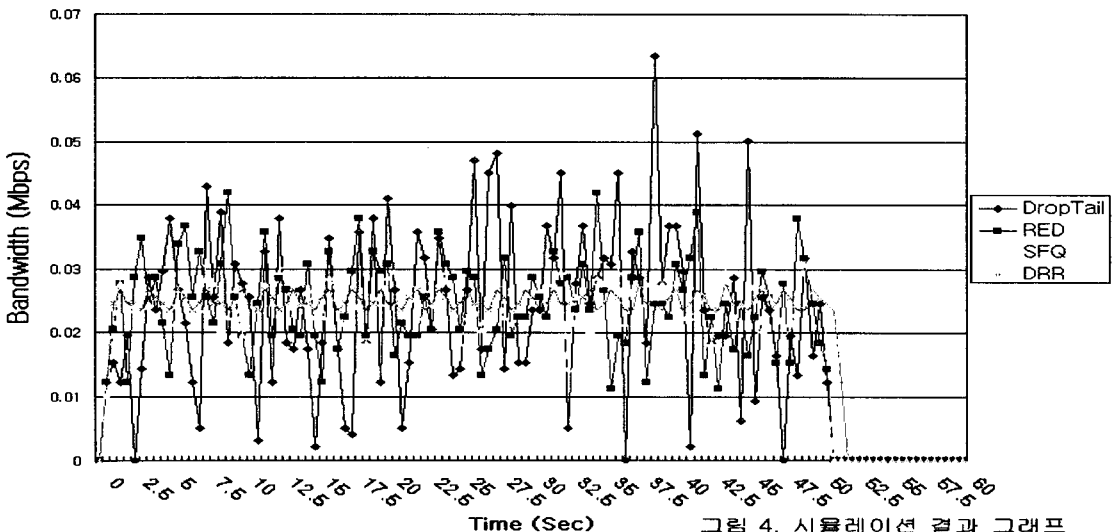


그림 4. 시뮬레이션 결과 그래프