

ATM망에서 GFR서비스를 위한 TCP/IP의 버퍼 관리방법과 스케줄링에 관한 연구

문규준*, 최현호**, 박광채***

* 조선대학교 대학원 전자공학과

** 순천제일대학 전자·정보과

*** 조선대학교 전자정보통신공학부

광주광역시 동구 서석동 375번지

A Study on the Buffer Management and Scheduling of TCP/IP for GFR service in the ATM networks

Kyu Choon Moon*, Hyun-Ho Choi**, Kwang-Chae Park***

* Dept. of Electronics Eng., Graduate School of Chosun Univ.

** Dept. of Electronic & Telecommunication Engineering, Suncheon First College

*** School of Electronics, Information and Communications Eng. Chosun Univ.

375 Scoseck-dong, Dong-gu, Kwangju 501-759, Korea

E-mail : antonio@candclab.chosun.ac.kr

Abstract

Recently ATM(Asynchronous Transfer Mode) technology is facing challenges from Integrated Service IP(Internet Protocol), IP router, Gigabit Ethernet. Although ATM is approved by ITU-T as the standard technology in B-ISDN, its survival is still in question. In the ATM networks, the Guaranteed Frame Rate(GFR) service has been designed to accommodate non-real-time applications, such as TCP(Transmission Control Protocol)/IP based traffic. The GFR service not only guarantees a minimum throughput at the frame level, but also supports a fairshare of available resources.

We have studied different discarding and scheduling schemes, and compared their throughput and fairness when TCP/IP Traffic is carried. Through simulations, we know that only per-VC queuing with Weighted Round Robin(WRR) can guarantee Minimum Cell Rate. Among all the schemes that have been experimented, we recommend DT-EPD(Dynamic Threshold - Early Packet Discard) integrated with MCRplus(Minimum Cell Rate) to support the GFR service.

I. 서론

ATM기술의 한가지 장점은 좋은 성능과 효율성인데 이것은 응용과 사용자들이 ATM트래픽 파라미터와 서비스 클래스의 전체 범위를 이용할 수 있을 때 성취될 수 있는 것이다. 이들 사용자들의 트래픽 파라미터의 범위를 일일이 연결할 수는 없다. PCR(Peak cell rate), SCR(Sustained Cell Rate), MBS(Minimum Burst Size), 이것들은 대부분 ATM서비스를 하는데 필요한 것이다. 그리고, ATM네트워크에서 효율성을 위해서는 장치를 예비할 필요가 없다. 즉, ABR(Available Bit Rate) 소스 메커니즘을 실행시키는 것과 같이 장치를 예비할 필요가 없는 것이다.

사용자들이 ATM 네트워크로 연결할 수 있는 유일한 접속은 UBR(Unspecified Bit Rate) 연결을 통한 것이다. 하지만 UBR은 어떤 서비스도 보장할 수 없다.

EPD(Early Packet Discard)또는 PPD(Partial Packet Discard)와 같은 방법들을 UBR상에서 패킷 트래픽의 처리량 개선이 있지만 최소의 패킷들을 보장할 수가 없다. 결과 많은 네트워크의 사용자들이 사용을 사재 하거나 ATM 기술을 각리하지 않는다.^[1]

이러한 상황에서 Guerin과 Heinanen이 새로운 서비

스인 GFR이라 부르는 "UBR"을 제안했다.^[10]

ATM포럼은 실제적으로 GFR서비스의 필요에 대해 논의해 채택을 하게 되었다. GFR 서비스의 목적은 이용할 수 없는 ATM성능과 서비스의 이점을 사용자에게 보장하는 데 있다. 그러므로 사용자와 망간에 있어서 GFR서비스는 최소 영향을 요구한다. 하지만 사용자들에게 서비스 보장의 어떤 레벨을 제공한다. GFR은 대역폭의 초과에 대해 공정한 짐승을 가지며 최소 셀률(MCR)을 보장하는데 있다.

이 논문에서는 TCP 성능을 여러 번의 GFR 실험을 통해서 조사하고 시뮬레이션 결과를 보인다. 본 연구의 중심은 시뮬레이션이 최소한의 MCR을 보장하고 공정성을 보장하는 데에 있다 하겠다.

II. 동적 임계치 EPD 방법

EPD는 Romonov and Floyd가 제안한 것이다.^[11] ATM-GFR을 실현하기 위해 Siu는 VQ를 사용하는 다양한 EPD를 제안하였다.^[12] 동적 Threshold로 동적적 Threshold를 대체하므로써 EPD 시나리오에서 적용한 choudhury 와 Hahne의 방법을 이용한다.

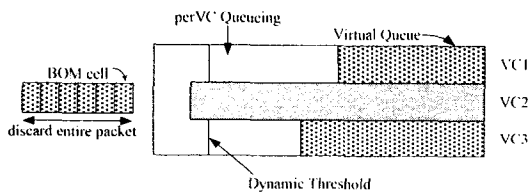


그림 1. 동적 Threshold EPD

Per-VC 큐잉은 동적 Threshold EPD(DT-EPD)를 사용한다. 스케줄링 메커니즘은 WRR과 RR이다. DT를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$DT = \alpha \cdot (\text{비피의 크기} - \text{전체의 큐의 길이})$$

$\alpha=2$ 라면 DT-EPD는 각 큐가 2배의 자유공간이 되도록 일정하게 한다. 그래서 어떤 경쟁도 없는 단일 큐는 전체 공유메모리의 2/3를 차지할 수 있다. 그리고, 메모리 1/3은 남지 않는다. 2개의 긴 큐가 확장적인 때는 각 큐는 2B/5를 차지하고 B/5는 비워진 채로 남게 되게 될 것이다.

III. PO 폐기 방법

1. PO 방법

PO 폐기방법은 패킷 단위의 TCP 데이터 흐름에서 나타난다. 3가지의 PO방법이 있다.^[13] PO1은 가장 긴

큐에서 HOL의 부분적인 패킷을 감소시킨다. 이것은 첫번째 EOM(End of Message)셀과 HOL(Head Of Line)셀에 의해서 그 범위가 한정된다. PO2는 가장 긴 큐의 헤드부분에 전체 패킷을 조사한다. 그리고 그것을 운반한다. PO3는 마지막의 EOM 셀과 맨 마지막의 셀로 한정되어지며 가장 긴 큐의 맨 마지막으로부터 부분적인 패킷을 보낸다. Per-VC 큐잉을 기본으로 하므로 PO방법을 WRR과 RR로 스케줄링하는데 이용된다.

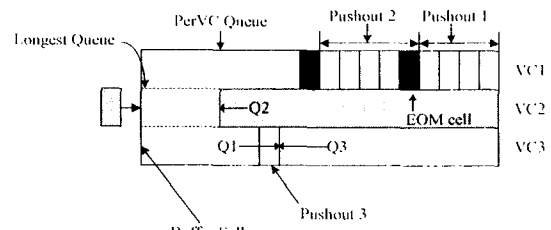


그림 2. PO 방법

2. QPO(Quasi Pushout Scheme)

PO discarding 방법이 최상의 셀 손실성능을 가진다. 하지만 PO 방법은 수행하기에 매우 어려운 방법이다. 왜냐하면 최고로 긴 큐를 찾기 위해서 O(N)(N, N은 출력 큐의 크기) 큐의 길이를 비교 해야하므로 어려운 방법이라 할 수 있다. N이 가장 클 때 이를 비교는 속도 병목이 된다.

Y.S. Lin은 Quasi Pushout(QPO)셀 폐기 방법을 제안하였다.^[14] LQ(Longest Queue)레지스터는 Quasi 큐를 유지하고 셀 도착 출발 시간(시간)동안에 업데이트가 되어진다. 그 시간에서 비피가 가장 큰 상태가 될 때 입력되는 셀의 공간을 확보하기 위해서 Quasi 큐에서 한 셀이 버려진다. 다음 의사 코드는 PO2에(그림 3)기초한 QPO 폐기 방법을 기술한 것이다. VCi에 한 셀이 도착했을 때 만약 비피가 가장 큰 상태라면 Quasi-Longest 큐의 헤드에 있는 전체 패킷을 조사한다. 그리고 난 후에 그것을 버린다.

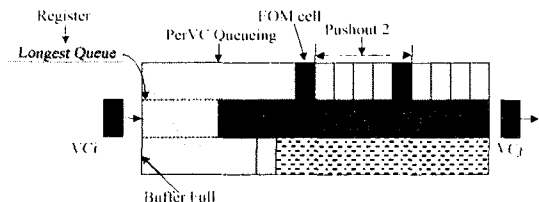


그림 3. PO2에 기반을 둔 QPO 방법

IV. 시뮬레이션

그림 4는 10개의 peer-to-peer 연결의 네트워크 시뮬레이션 모델을 보여주고 있다. 보내는 쪽인 소스는 TCP/IP패킷 형태를 가지며 교대로 AAL5 처리 동안에 통과하게 된다. 두 개 ATM 스위치는 입력과 출력단 사이에서 셀 스위칭(교환)을 지원한다.

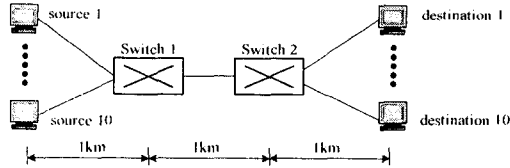


그림 4. 시뮬레이션 모델

수신측에서의 셀은 TCP/IP 소자쪽으로 통과해서 재조합된다. 10개의 동반 연결을 수행함으로써 두 개의 스위치 사이의 링크에 병목현상이 작용하게 된다.

먼저 같은 MCR 값을 갖는 상태와 다른 MCR 값을 갖는 상태에서 성능분석을 보면 다음과 같다.

표 1에서는 각 VC상에 있는 MCR은 첫 번째 줄에서 보여준다. 표에서 속도는 TCP계층의 속도이다. 이것은 TCP, IP, LLC, AAL5 오버헤드를 포함한다. MCR이 각 VC와 같기 때문에 각 VC는 같은 처리율을 갖게 된다. 표1에서 보여준 것처럼 공정성의 부분은 많은 방법들중에서 그 차이를 볼 수가 없다. 어떻게 각 방법이 잘 수행되는 지 그 방법을 알아보기 위해서 다른 실험방법을 소개한다. 시뮬레이션은 PO2가 공정성의 면에 있어서 최고의 성능을 갖는 것을 볼 수가 있다. (차이는 단지 1.3%이다.) QPO는 가장 높은 처리율을 갖게 되는데 그 이유는 QPO가 어떤 연결을 선호하기 때문이다. 그 결과로, QPO는 PO2보다 공정성의 면에서 떨어진다. PO1과 PO3의 성능이 공정성의 면에서 PO2보다 떨어지게 되므로 다음 부분에서는 PO1과 PO3에 대해서는 언급하지 아니한다. DT-EPD는 PO2에서 비교할 수 있다. 지연 제어가 없는 경우와 비교해 보면 VQ는 처리율과 공정성을 개선할 수 있고, 그러나 QPO는 아니다.

각 VC 상에 있는 MCR은 표 2의 첫 번째 줄에 있다. MCR이 다른 VC에 대해 다른 값을 갖기 때문에 이상적인 속도변수는 각 방법이 얼마나 공정한가를 보여주기 위해서 더욱더 일석이조가 된다. PO2, DT-EPD, QPO가 비교되었고, 표 2에서 보여주고 있다. VQ의 성능은 최악이다.

$$IdealRate(i) = FairShare + MCR_i \quad (1)$$

$$FairShare = \frac{ExcessBandwidth}{(Number\ of\ VC)} \quad (2)$$

$$ExcessBandwidth = MaxTh - (sum\ of\ MCR_i) \quad (3)$$

표 3에서 더 작은 MCR을 가진 VC가 대역폭의 초과에 대해서 더 큰 할당을 얻게 될 수 있다. 한가지 가능한 해결책은 더욱더 큰 MCR 값을 가진 VC에 의해서 비선형적으로 증가시키면 된다. 이것을 MCRplus라 부른다. MCRplus 방법에서 MCRvalue는 WRR에서 사용되고 다음에 식이 주어진다.

$$MCRvalue = MCR_i + \frac{ReservedBandwidth \times MCR_i}{\sum MCR_i} \quad (4)$$

시뮬레이션을 통해서 MCR방법이 다른 방법과의 조합하에서 가장 많이 공정성이 개선된다는 것을 알 수 있었다. 예약된 대역폭(ReservedBandwidth)은 링크속도의 10%이다. 링크대역폭의 보유하고 있는 10%는 실행 가능한 것이다. 보통 ATM스위치는 비스듬한 상황에 대처하기 위해 적어도 전체 대역폭의 10%를 보존한다. 시뮬레이션에서 MCRplus는 PO2와 DT-EPD에 기초를 둔다. 표 4는 LAN환경하에서의 시뮬레이션의 결과를 보여준다.

V. 결론

GFR서비스를 하기 위해서 서로 다른 버퍼 관리 방법을 비교하고 연구하였다. 동적 Threshold EPD(DT-EPD), PO1, PO2, PO3, QPO, 그리고 가상 큐잉 등을 비교하였다. 시뮬레이션을 통해서 다음 결론을 도출하게 되었다. 스케줄링 부분에서는 할당된 MCR에 대한 WRR과 초과 대역폭에 대한 RR을 갖는 per-VC 큐잉은 MCR을 보장하고 공정성을 갖는다. 폐기 방식에서는 PO2, DT-EPD 그리고 QPO의 성능분석을 비교하였다. DT-EPD는 시뮬레이션을 수행하기가 가장 간단한 방법이었다. 모든 방법들 중에서 우리는 MCRplus와 조합한 방법인 DT-EPD방법을 추천을 한다. 이것은 GFR 서비스를 하기 위해 더 큰 MCR을 가진 처리하기 용이한 VC가 MCR을 비선형적으로 증가시킨다. 시뮬레이션 결과는 MCRplus와 조합한 방법인 DT-EPD방법이 여러 환경(WAN, LAN)상에서 더 잘 수행이 된다는 것을 보여준다.

참고 문헌

[1] A.Romanow and S. Floyd, "Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 13, no. 4, pp.633-641, May 1995.

- [2] R.Guerin and J.Heinanen, "UBR+ Service Category Definition," ATM Forum contribution 96-1598, Dec, 1996.
- [3] F.Street, "Traffic Management Working Group Living List," ATM Forum LTD-TM-01.03, Chicago, Apr. 1997.
- [4] K.Y.Siu, "Virtual Queuing Techniques for UBR+ services in ATM with Fair Access and Minimum Bandwidth Guarantee," preprint.
- [5] A.K.Choudhury and E.L. Hahne, "Dynamic Queue Length Thresholds in a Shared Memory ATM Switch," Proc. *IEEE INFOCOM'96*, pp.679-687, Mar. 1996.
- [6] L. Tassiulas, et. al., "Optimal Buffer Control during Congestion in an ATM Network Node," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 2, no 4, pp. 374-386, Aug. 1994.
- [7] Y.S.Lin, et. al., "Quasi-Pushout Cell Discarding," *IEEE Communications Letters*, pp. 146-148 Sept. 1997.

표 1. 같은 MCR 값에 따른 결과 데이터

MCR(Mbps)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Total	Fairness	Eff
Drop Tail	13.26	11.97	11.42	11.7	10.27	11.83	11.15	11.27	11.64	13.04	117.54	0.9941	0.8606
VQ	13.1	13.62	12.62	13.33	14.2	11.38	12.58	13.37	13.07	13.77	131.05	0.9962	0.9595
DT-EDP	13.48	13.23	13.15	13.27	13.29	13.01	12.98	12.99	13.28	13.15	131.82	0.9998	0.9651
PO1	13.75	13.51	13.65	12.66	13.18	13.17	13.06	13.26	13.21	13	132.45	0.9994	0.9697
PO2	13.69	13.5	13.57	13.33	13.21	13.55	13.35	13.35	13.30	13.34	134.28	0.9999	0.9832
PO3	12.19	12.34	11.78	11.45	12.83	11.63	11.36	11.89	12.57	13.1	121.32	0.9973	0.8883
QPO	14.07	13.47	13.36	13.44	13.35	13.56	12.98	13.53	13.41	13.22	134.41	0.9996	0.9841

표 2. 다른 MCR 값에 따른 결과 데이터

MCR(Mbps)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Fairness	Eff
ideal rate	9.16	10.16	11.16	12.16	13.16	14.16	15.16	16.16	17.16	18.16			
VQ	14.1	12.11	13.7	14.14	12.33	13.15	12.69	14.41	12.87	12.32	131.74	0.03509	0.9646
DT-EPD	8.874	10.15	10.6	12.09	12.79	13.76	14.63	15.75	16.58	17.25	131.56	0.72969	0.9632
PO3	9.353	10.1	11.65	12.42	13.22	13.47	14.35	15.38	16.47	17.24	133.72	0.77361	0.979
QPO	9.461	10.78	11.61	11.9	12.98	13.96	14.81	15.31	16.17	17.31	133.71	0.76899	0.979

표 3. 다른 MCR 값에 따른 결과 데이터

MCR(Mbps)	2	4	8	10	10	15	15	18	18	20	Total	Fairness	Eff
ideal rate	3.66	5.66	9.66	11.66	16.66	16.66	16.66	19.66	19.66	21.66			
VQ	13.84	13.9	11.9	13.39	13.24	13.93	13.96	10.77	12.93	13.88	131.74	0.03509	0.9646
DT-EPD	4.505	6.002	9.6322	11.17	11.497	15.62	15.82	18.29	18.39	20.43	131.56	0.72969	0.9632
PO2	4.689	6.423	9.732	11.63	11.67	15.91	15.98	18.71	18.6	20.38	133.72	0.77361	0.979
QPO	4.598	6.287	10.13	11.5	11.62	15.98	16.1	18.76	18.51	20.23	133.71	0.76899	0.979

표 4. LAN상에서 비교한 결과 데이터

MCR(Mbps)	2	4	8	10	10	15	15	18	18	20	Total	Fairness	Eff
ideal rate	3.66	5.66	9.66	11.66	16.66	16.66	16.66	19.66	19.66	21.66			
VQ	13.8	13.9	11.9	13.39	13.24	13.93	13.96	10.77	12.93	13.88	131.7	0.03509	0.9646
DT-EPD	4.5	6.002	9.632	11.17	11.49	15.82	15.82	18.29	18.39	20.43	131.6	0.72969	0.9632
PO2	4.69	6.423	9.732	11.63	11.67	15.91	15.98	18.71	18.6	20.38	133.7	0.77361	0.979
QPO	4.6	6.287	10.13	11.5	11.62	15.98	16.1	18.76	18.1	2.23	133.7	0.76899	0.979
MCRplus(PO2)	3.45	5.378	9.529	11.46	11.41	16.34	16.33	19.27	19.32	21.17	133.6	0.99491	0.9785
MCRplus(DT-EPD)	3.32	5.494	9.102	10.9	10.82	16.31	16.03	19.01	19.05	21.08	131.1	0.96968	0.96