

DSLAM에서의 버퍼와 대역폭 관리 기법*

도경태¹, 김동균, 김창훈, 박장연, 박승철², 최양희

서울대학교 컴퓨터공학과

¹현대전자산업주식회사

Buffer and Bandwidth Management Scheme for the Digital Subscriber Line Access Multiplexer

Kyungtae Doh, Dongkyun Kim, Changhoon Kim, Jangyeong Park, Seungchul Park², and Yanghee Choi

Seoul National University

²hyundai Electronics

요 약

가입자망은 원래 전화 서비스를 위해 사용되었으나 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해 x-DSL 기술을 기반으로 하는 가입자 망 광대역화에 관심을 가지게 되었다. 특히 멀티미디어 서비스의 비대칭성을 이용한 ADSL 기술이 각광 받고 있다. 이 기술을 이용한 ATM 서비스가 가능하게 되어 DSLAM이라 불리는 액세스 멀티플렉서 장비의 개발 중요성이 부각되고 있다. 본 논문에서는 DSLAM에서 사용할 수 있는 셀 지연 변이를 줄일 수 있는 버퍼 관리 기법과 각 트래픽 클래스의 최대 대역폭을 보장해 줄 수 있는 대역폭 관리 기법을 제안한다.

1. 서론

동선 기반의 꼬임 쌍선이 전화가 보급되면서부터 포설되기 시작하여 지금까지 다른 물리 매체들과 함께 사용되고 있으며 가입자를 서비스 제공자에게 연결시켜 주는 교량 역할을 해 왔다. 근래에 이르러 정보 통신량의 증가와 영상, 데이터 및 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 국 간 망은 많은 발전을 보여 어느 정도의 통신 시설이 확보됨에 따라 이런 광대역 서비스를 가입자까지 제공하기 위해 가입자망의 광대역화에 관심을 가지게 되었다. 가입자망은 순수 전화 서비스만을 담당하였으나 최근의 멀티미디어 서비스의 증가로 말미암아 음성 서비스만이 아니라 영상, 데이터 등을 수용할 수 있어야 할 필요가 생기게 되었다. 꼬임쌍선을 기반으로 한 변조 기술들의 발전으로 HDSL, ADSL, VDSL 등의 가입자 선로 기술들이 만들어졌다. 특히 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)[2]은 멀티미디어 서비스의 비대칭성을 고려하여 DMT, CAP 등의 변조기술을 이용하여 상향 64kbps ~ 1Mbps, 하향 1.5Mbps ~ 8Mbps의 대역폭을 제공한다. 이렇게 가입자망이 광대역화가 이루어지게 되면 ATM(Asynchronous Transfer Mode)을 기반으로 한 서비스를 가입자까지 전달할 수 있게 된다. ADSL 액세스 네트워크에는 DSLAM이라는 액세스 멀티플렉서라는 장비가 있다. 이 장비는 ADSL 라인 종단 역할과 가입자 장비로부터 오는 트래픽을 ATM 액세스 멀티플렉서로 보내주는 역할을 한다.¹

가입자망의 선로는 가입자 수 만큼 많기 때문에 경제적 측면이 매우 중요하다. 따라서 가입자 망의 광대역화

를 위해 사용되는 장비의 효율성이 강조된다. DSLAM의 경우 많은 가입자의 트래픽을 수용할 수 있도록 설계되어야 하기 때문에 입력 포트들의 대역폭 합은 출력포트의 대역폭 합 보다 크다. 그런데 입력포트에서 트래픽이 많이 들어오는 경우 입력 셀들은 출력 포트로 출력 경쟁이 생길 뿐만 아니라 큰 셀 지연 변이를 겪게 된다. DSLAM의 출력 포트와 연결되어 있는 ATM 액세스 스위치에서는 GCRA를 이용하여 포트에 들어오는 셀들에 대해 트래픽 계약을 지키는지의 여부를 조사하게 된다 [1]. DSLAM에서 생기는 셀 지연 변이가 작을수록 트래픽 계약을 어기는 셀은 적어질 뿐만 아니라 서비스 품질도 좋아진다. 이런 광대역 가입자 망에서 지원하는 응용은 멀티미디어 서비스 뿐만 아니라 기존의 데이터 서비스도 포함되기 때문에 다양한 트래픽을 DSLAM에서 지원할 수 있어야 한다. ATM 트래픽의 관점에서 보면 CBR, VBR, Best Effort 트래픽을 DSLAM에서 지원할 수 있어야 하기 때문에 이들 트래픽에 우선 순위를 두어 처리할 수 있는 스케줄러가 필요하다. 또한 DSLAM에 특정 클래스 트래픽이 과도하게 흘러 다른 클래스의 트래픽을 처리할 수 없는 경우가 발생할 수도 있다. 따라서 각 클래스에 대역폭을 나누어주는 방법이 필요하다. 즉 각 클래스가 사용할 수 있는 최대 대역폭을 정해 주어 다른 클래스가 사용할 대역폭을 남겨 줄 수 있다.

본 논문에서는 DSLAM에서 셀 지연 변이를 줄일 수 있는 큐 세분화 정책과 각 가상 경로와 스케줄러를 이용해 각 클래스에 최대 대역폭을 설정해 줄 수 있는 방법을 제시할 것이다.

*본 연구는 현대전자산업주식회사의 지원으로 수행되었다.

2. 버퍼 관리 기법

DSLAM 과 같은 ATM 멀티플렉서 장비에서는 스케줄러로 Round-Robin 형태의 스케줄러를 많이 사용한다. 이런 스케줄러는 한 큐에서 셀을 뽑아 전송한 다음 큐로 가서 셀을 전송하는 형태의 서비스이다. 그런데 한 큐에 일시적으로 많은 셀이 들어오게 된다면 문제가 생길 수가 있다. 한 큐가 서비스를 받은 다음 다시 서비스를 받기 위해서는 한 라운드가 지나야 한다. 따라서 일시에 큐가 길어진다던 그 큐에 있는 셀들은 긴 지연을 경험할 수밖에 없다. 이러한 점을 감안할 때 트래픽이 일시에 들어오지 않도록 하는 조건은 버퍼 관리의 중요한 점이 된다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 버퍼 관리 기법이다.

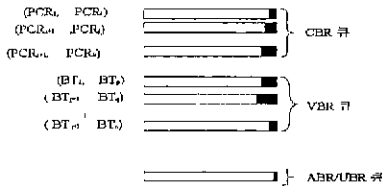


그림 1. DSLAM에서의 버퍼 관리 기법

많은 셀 버퍼, 비용, 복잡성 때문에 DSLAM에서는 가상 연결별 큐잉[5]을 사용하기 어렵다. 따라서 플로우 별 큐잉을 사용할 수 있다. 본 논문에서 제안한 버퍼 관리도 이 방법을 사용한다. 플로우는 가상 연결들의 그룹으로 하나의 큐를 차지하기 때문에 스케줄링의 기본 단위이다. 일단 CBR 과 VBR 을 위해 각각 여러 개의 큐를 둔다. ABR/UBR 을 위한 큐로는 하나를 둔다. 이렇게 함으로써 트래픽 클래스별로 다른 QoS 를 보장할 수 있다. 플로우의 버스트 정도를 나타내기 위해 다음과 같은 인자를 사용하였다.

$$BI_{CBR} = \sum_{i \in flow} PCR_i \quad (1)$$

$$BI_{VBR} = \sum_{i \in flow} BT_i \quad (2)$$

CBR 플로우의 버스트 정도를 (1)의 식으로, VBR 플로우의 버스트 정도를 (2)의 식으로 구한다. 새로운 연결 설정을 받으면 트래픽 클래스별로 있는 여러 개의 플로우 중에서 버스트 인자가 가장 작은 플로우에 이 연결이 참가하게 된다. 이렇게 하면 각 플로우들의 버스트 정도를 최대한으로 줄일 수 있다.

3. 대역폭 관리 기법

한 트래픽 클래스의 트래픽이 과부하가 걸릴 경우 다른 트래픽 클래스의 서비스에 많은 영향을 끼칠 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 트래픽 클래스 별로 최대 대역폭을 할당하여 그 트래픽 클래스의 연결들이 최대 대역폭을 넘지 못하도록 할 수 있다. 본 논문에서는 가상 경로와 스케줄러를 이용하여 이 문제를 해결하고자 한다. 원래 DSLAM에서는 가입자 라인을 구별하기 위해 VP를 사용하여 VP crossconnect의 역할을 한다. 본 논문에서는 가상경로를 대역폭을 할당하고 트래픽 클래스를 구별하기 위한 수단으로 사용한다. 본 논문에서 제안한 버퍼 관리 기법에서는 클래스 별로 여러 개의 플로우가 있어 그 플로우들이 자신들이 속한 가상경로의 대역폭을 공유한다. 그러나 각 플로우들의 대역폭도 가상경로의 대역폭을 넘지 않는 범위에서 보장되어야 한다. 스케줄러에서 3개의 가상경로(CBR_VP, VBR_VP, ABR/UBR_VP)를 사용한다. 본 논문에서 제안하는 스케줄러는 기본적으로 DWRR(Dynamic Weighted Round Robin)의 스케줄러 방식을 따른다. 다만 플로우의 지연과 가상 경로의 최대 대역폭 보장을 위해 알고리즘을 약간 변화시켰다. 플로우의 상태는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- (1) 상태 1: PCR 과 SCR 을 만족시키지 못한 상태, 플로우가 속한 가상 경로의 대역폭이 남아있음.
- (2) 상태 2: SCR 은 만족시켰으나 PCR 은 아직 만족시키지 못한 상태, 플로우가 속한 가상 경로 대역폭이 남아있음.
- (3) 상태 3: PCR, SCR 모두 만족시킨 상태 혹은 큐가 비어 있는 상태 혹은 가상 경로의 대역폭이 남아 있지 않은 상태.

각 CBR, VBR 플로우는 P 와 M 이라는 카운터를 가지고 있다. 그리고 각 가상 경로 또한 V 라는 카운터를 가지고 있다. 사이클 초기에 P 는 플로우의 PCR($b_p(f)$)로 초기화 되고 M 은 플로우의 SCR($t_m(f)$)로 초기화된다. 카운터 V 는 가상경로의 대역폭으로 초기화 된다. 카운터 P, M, V 는 플로우의 셀이 저장되어 있는 큐를 방문하여 셀이 출력 포트에 나갈 때 1씩 줄어든다. 자세한 알고리즘 명세는 다음과 같다. 특히 카운터 V 는 특정 트래픽 클래스가 가질 수 있는 대역폭을 제한하여 다른 트래픽 클래스의 트래픽이 영향을 받지 않고 서비스를 받을 수 있게 한다.

```

Step 0: Num(CBR_VP)=1, Num(VBR_VP)=2,
        Num(ABR/UBR_VP)=3;
Step 1: Let CBR_VP={f1, f2, ..., fk},
        VBR_VP={f1, f2, ..., fj},
        ABR/UBR_VP={f1, f2, ..., fi} for all 1 <= k <= n
Step 2: V1 = bp(CBR_VP), V2 = bp(VBR_VP)
        V3 = bp(ABR/UBR_VP)
Step 3: Let Pi = bp(fi) and Mi = bm(fi), for all 1 <= i <= n.
Step 4: Let S0 = {best-effort flow}, S1 = {f1, f2, ..., fn} - S0
        S2 = φ, S3 = φ, and S0' = φ
Step 5: i=0, S0' = φ,
        while (i < N) do
        {
            if (S1 ≠ φ)
            {
                S1' = S1;
                while { S1' ≠ φ } do
                {

```

```

select a flow  $f_k$  from  $S'$ ;
visit  $f_k$ ;
 $S' = S' - f_k, i = i + 1$ ;
 $P_k = P_k - 1, M_k = M_k - 1$ ;
Find the Num (VP) of  $f_k$ ;
 $V_{Num(VP)} = V_{Num(VP)} - 1$ ;
check the new state of  $f_k$ ;
If the state transit into State 2,
then move  $f_k$  from  $S_1$  to  $S_2$ ;
If the state transit into State 3,
then move  $f_k$  from  $S_1$  to  $S_3$ ;
}
goto round;
} else if ( $S_2 \neq \phi$ )
{
 $S' = S_2$ ;
while {  $S' \neq \phi$  } do
{
select a flow  $f_k$  from  $S'$ ;
visit  $f_k$ ;
 $S' = S' - f_k, i = i + 1$ ;
 $P_k = P_k - 1, M_k = M_k - 1$ ;
Find the Num (VP) of  $f_k$ ;
 $V_{Num(VP)} = V_{Num(VP)} - 1$ ;
check the new state of  $f_k$ ;
If the state transit into State 3,
then move  $f_k$  from  $S_2$  to  $S_3$ ;
}
goto round;
} else {select a best effort flow  $f_k$  from  $S_0$ ;
visit  $f_k$ ;
 $S' = S' - f_k, i = i + 1$ ;
Find the Num (VP) of  $f_k$ ;
 $V_{Num(VP)} = V_{Num(VP)} - 1$ ;
}
}

round:
if ( $S_0 \neq \phi$ ) then {  $S_0' = S_0$  };
check the new state of each flow in  $S_3$  for
the next round;
}
    
```

4.모의 실험

본 논문에서 제안한 버퍼 관리 기법과 대역폭 관리 기법의 성능평가를 위해 DSLAM에서 생기는 셀 지연 변이를 측정하였다. 4가지 경우에 대한 성능 비교를 하였다.

- 경우 1. 본 논문에서 제안한 스케줄러를 사용하고 CBR, VBR, ABR/UBR 큐를 각각 1 개를 사용하였다
- 경우 2. 본 논문에서 제안한 스케줄러와 버퍼 관리 기법을 사용하고 CBR, VBR 큐를 각각 3 개, ABR/UBR 큐를 1 개 사용하였다.
- 경우 3. WRR 스케줄러를 사용하고 본 논문에서 제안한 버퍼 관리 기법을 사용하며 CBR, VBR 큐 각각 3 개, ABR/UBR 큐를 1 개 두었다.
- 경우 4: WRR 스케줄러를 사용하고 CBR, VBR, ABR/UBR 큐를 각각 1 개를 사용하였다

그림 2 과 3 는 각각 CBR, VBR 연결의 셀 지연 변이를 나타낸 것이다 본 논문에서 제안한 버퍼 관리 기법과 대역폭 관리 기법을 사용한 쪽(Case 2)이 가장 작은 셀 지연 변이를 보이고 있다.

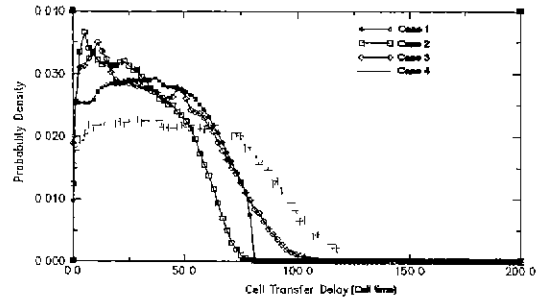


그림 2. CBR 연결의 셀 지연 변이

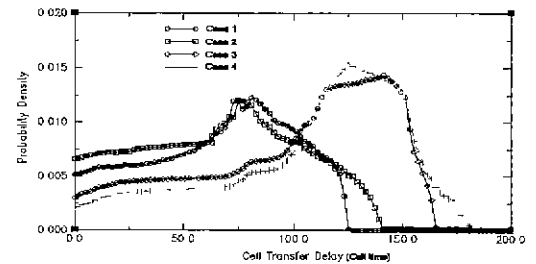


그림 3. VBR 연결의 셀 지연 변이

5.결론

본 논문에서는 DSLAM에서 생기는 셀 지연 변이를 줄이는 버퍼 관리 기법과 각 트래픽 클래스의 최대 대역폭을 보장해 줄 수 있는 대역폭 관리 기법을 제안하였다. 제안된 기법을 DSLAM에 적용하여 CBR 과 VBR 트래픽의 셀 지연 변이가 줄어드는 것을 모의실험 결과로 알 수 있었다

6.참고 문헌

- [1] ATM Forum Technical Committee, "Traffic Management Specification 4.0" AFTM 0056.000, Apr. 1996
- [2] ADSL Forum, "ATM over ADSL Spec"
- [3] Kunyan Lu, et al., "Design and analysis of bandwidth management framework for ATM-based broadband ISDN," IEEE Communication Magazine, May., 1997
- [4] Chung-Shien Wu, et al., "A Cell Scheduling Algorithm for VBR Traffic in an ATM Multiplexer," IEEE GLOBECOM'95, pp. 632 - 637, 1995.
- [5] Uwe Briem, et al., "Traffic Management for an ATM Switch with Per-VC Queueing: Concept and Implementation," IEEE Communication Magazine, Jan., 1998.
- [6] C.-F.Su and G De Veciana, "On Statistical Multiplexing, Traffic Mixes, and VP Management" IEEE INFOCOM'98,1998