

HFC-CATV 망에서 동적 우선순위 충돌해결알고리즘에 관한 연구

이수연[†] · 정진욱^{††}

요약

최근 HFC(Hybrid Fiber Coax) CATV 망이 초고속망의 하부구조로 자리를 잡아가고 있다. HFC-CATV 망의 상향채널은 가입자에서 헤드엔드로 데이터 전송시 500가입자 이상이 공유하기 때문에 충돌이 발생하게 된다. 특히, 음성, 비디오 그리고 데이터와 같은 다양한 종류의 트래픽 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위해서 서비스별로 우선순위를 고려한 알고리즘이 요구되어진다. IEEE 802.14에서 제안된 우선순위 기반 3진 트리(Ternary tree)알고리즘은 정적 PNA(Priority New Access) 슬롯 구조를 가진다. 이 방법은 실시간으로 변화하는 트래픽의 요구 지연(request delay)이 높게 유지되며 서로 다른 우선순위 트래픽의 요구 경쟁 확률이 동일하다는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 동적 PNA(Priority New Access) 슬롯 구조를 제안하여 높은 우선순위 트래픽의 요구지연을 낮게 하고 새로운 스테이션에 대해 우선순위 별로 경쟁 확률을 다르게 하는 알고리즘을 제안한다. 동일한 조건하에 두 알고리즘에 대해 요구지연 값을 비교·분석하였다. 성능 분석 결과 동적 PNA 우선순위 충돌해결알고리즘이 정적 PNA 우선순위 충돌해결알고리즘보다 낮은 요구지연을 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

Study on Dynamic Priority Collision Resolution Algorithm in HFC-CATV Network

Su-Youn Lee[†] · Jin-Wook Chung^{††}

ABSTRACT

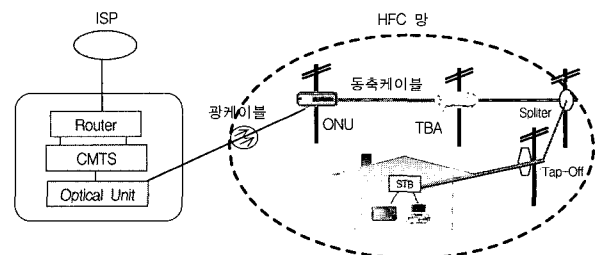
Recently, the HFC-CATV network stand in a substructure of superhighway information network. Because of sharing up to 500 of subscribes, the Collision Resolution Algorithm needs in the upstream channel of HFC-CATV network. In order to provide Quality of Service (QoS) to users with real-time data such as voice, video and interactive service, the research of Collision Resolution Algorithm must include an effective priority scheme. In IEEE 802.14, the Collision Resolution Algorithm has high request delay because of static PNA(Priority New Access) slots structure and different priority traffics with the same probability. In order to resolve this problem, this paper proposed dynamic priority collision resolution algorithm with ternary tree algorithm. It has low request delay according to an increase of traffic load because high priority traffic first resolution and new traffic content with different probability. In the result of the simulation, it demonstrated that the proposed algorithm needs lower request delay than that of ternary tree algorithm with static PNA slots structure.

키워드 : HFC(Hybrid Fiber Coax)-CATV, 충돌해결알고리즘(Collision Resolution Algorithm), 요구지연(Request Delay)

1. 서론

현재까지 CATV 망의 주요 트렁크 부분은 300MHz~450 MHz의 동축케이블을 매체로 사용하고 있어 증폭기로 인한 노이즈의 문제가 많이 발생하고 있으며 단방향 통신만을 제공하고 있다. 따라서, 점진적으로 트렁크 부분을 광케이블로 대체하여 노이즈 문제를 개선하고 양방향성을 제공할 수 있는 HFC(Hybrid Fiber Coax) CATV로 바꾸어져야한다. HFC-CATV 망은 높은 대역폭, 쉬운 운용관리를 할 수 있으며 기존의 아날로그 TV 서비스 및 VOD, 인터넷 접속을 할 수 있다. 하나의 HFC 세그먼트는 현재 500 가입자를 수용

할 수 있으며 상향 스펙트럼은 스펙트럼 할당과 호환성을 유지하기 위해 5~40MHz 대역을 사용한다.



(그림 1) HFC-CATV 망의 구성도

(그림 1)은 HFC-CATV 망의 구성도이다. 방송국 운영자(Head-End)에서 ONU(Optical Node Unit)까지는 광선로로

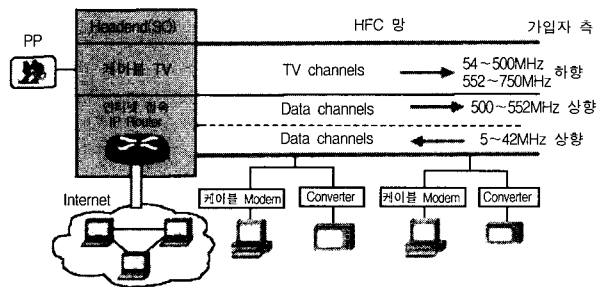
[†] 정희원 : 천안외국어대학 컴퓨터정보과 교수

^{††} 종신회원 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수

논문접수 : 2003년 3월 25일, 심사완료 : 2003년 7월 25일

연결되어 있고 ONU로부터 가입자까지는 동축케이블을 사용하기 때문에 하향 및 상향 대역폭을 공유하고 가입자로부터 망 측으로 상향 데이터 충돌을 방지하기 위한 매체접근제어 프로토콜(Media Access Control Protocol)이 필요하다.

HFC-CATV 구조에서는 각 가입자는 변조된 RF 신호를 내보내고 H/E에 있는 수신기는 여러 가입자로부터 온 신호를 수신하는데 이때 각 송신기와 동기를 맞추어야 하며 가입자간에 간섭을 회피하기 위한 보호시간(Guard time)을 유지시켜야한다. 또한 하향채널(downstream)에 대한 노이즈는 광케이블을 이용하여 상당히 개선되었으나 상향채널(upstream)에 대한 충돌문제는 가입자의 수가 증가함에 따라 심각한 문제로 남아있다. 따라서, HFC-CATV MAC에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 주요 요구사항으로 먼저 사용기술 및 스펙트럼 할당에 대한 기존의 CATV 아날로그 전송 및 디지털 비디오간에 호환성이 있어야하며 트래픽 타입은 CBR, VBR, ABR을 전달할 수 있어야한다. 또한, 제한된 상향채널에 대해 충돌을 해결 할 수 있는 방법이 필요하다. (그림 2)는 HFC-CATV에서 상·하향채널의 스펙트럼 할당을 보여주고 있다.



(그림 2) 상·하향 스펙트럼 할당

전체 대역폭은 750MHz로 이 중 54~500MHz인 446MHz 대역폭은 기존의 TV 프로그램과 아날로그 정보를 전송하는 데 사용되고 5~42MHz인 37MHz 대역폭은 다중 상향 RF로 나누어지고 각 RF 채널은 제어, 음성, 비디오 전화 등의 신호를 전송하는데 사용된다. 또한, 500~750MHz인 250MHz 대역폭은 하향채널에 이용되는데 이는 VOD, ATM 데이터 등의 트래픽을 전송하는데 사용된다.

2. 충돌해결알고리즘

HFC 망의 매체접근제어 구성 요소 중 충돌해결 알고리즘은 여러 가입자 스테이션들이 상향 채널을 공유함으로써 인하여 어느 한 경쟁 슬롯에 여러 가입자 스테이션들이 동시에 접근하므로 발생하는 메시지나 데이터의 충돌을 해결하는 알고리즘이다.

현재, 사용되고 있는 충돌해결알고리즘은 다음과 같이 분류할 수 있다[1]. 첫째, 이더넷에서 사용되는 충돌 감지(Collision

detection) 기법이 있다. 둘째, DQDB와 같은 충돌 회피(Collision Avoidance)기법이 있다. 마지막으로, 토큰 패싱(Token passing)을 하는 폴링(polling)기법이 있다. 이러한 기법을 직접 HFC-CATV 망에 적용하기에는 그 특성으로 인해 적합하지 않다. 따라서, 변형된 방법이 연구되어졌고 크게 두 가지로 분류되어진다. 첫째, ALOHA-NET에서 사용한 “free-for-all” 방법이다. 이것은 스테이션들은 충돌된 메시지 재전송을 위해 다른 스테이션으로부터 간섭을 받지 않는다. HFC-CATV 망에 적용된 이 기법은 p-persistence 알고리즘으로 각 슬롯은 헤드엔드에서 제어하는 전송확률 p값을 가진다. 여기서, 충돌된 요구들은 확률 p를 가지고 재전송하며 요구가 헤드엔드에 성공적으로 전송될 때까지 반복된다. 둘째, 충돌된 스테이션들은 트리(tree)구조로 분할된다. 이것은 트리 기반 알고리즘으로 충돌이 발생한 모든 스테이션들은 몇 개의 부 그룹(subgroup)으로 분할된다. 처음 부 그룹에 포함된 스테이션들이 먼저 전송되고 다음으로 두 번째 그룹에 포함된 스테이션들이 순서적으로 전송되어진다. 이 방법은 같은 슬롯에 충돌된 스테이션의 재충돌을 줄이는 데 목적이 있다[2]. 또한, HFC-CATV 망은 왕복전파지연이 80킬로미터 상의 거리에서 전파지연시간을 포함하여 0.8에서 2ms사이의 긴 전파지연시간을 가진다. 상향채널의 처리율을 증가시키기 위해 데이터를 직접 전송하지 않고 상향채널의 미니슬롯을 두어 데이터 전송을 위한 요구를 전송 후 그 결과에 따라 데이터를 전송하므로 충돌에 의한 데이터 손실을 줄일 수 있다. 따라서, 충돌은 요구미니슬롯 상에 발생하고 이를 위한 충돌해결알고리즘이 필요하다. 충돌해결알고리즘의 기능은 다음과 같다.

- FTR(First Transmission Rule) : 새로운 요구의 전송 제어
- 충돌피드백 전송
- RTR(ReTransmission Rule) : 재 전송 제어

FTR은 새로 망에 진입하는 스테이션의 요구 수를 정확하게 측정하여 슬롯을 할당하는 알고리즘이고 RTR은 기존에 망에 진입한 스테이션의 요구에 충돌이 발생했을 경우 이를 해결하기 위해 정확한 슬롯을 할당해주는 알고리즘이다. 특히, FTR은 기존의 스테이션이 사용하고 있는 요구미니슬롯을 새로 망에 진입한 스테이션에게 할당을 해주어야 하므로 이 알고리즘에 따라 충돌 발생 확률에 많은 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 첫 번째로 충돌해결알고리즘에 대해 기존 연구 내용과 문제점을 알아보고 두 번째로 HFC-CATV 망에 적합한 동적 PNA 슬롯을 사용하는 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘을 제안하고자 한다.

3. 기존 연구

HFC-CATV 망에서 사용되는 충돌해결알고리즘에 관한

연구는 1997년 이후 많이 연구되어지고 있다. 특히, 양방향 서비스 중 상향채널의 미니슬롯에서 발생하는 충돌을 해결하기 위한 알고리즘은 최근에 많이 연구되어지고 있다. 미니슬롯에서 사용되는 충돌해결알고리즘에 FTR과 RTR에 대해서 여러 가지 방법들이 나오고 있다. <표 1>은 IEEE802.14[3]와 DOCSIS[4]에서 제안한 충돌해결알고리즘이다.

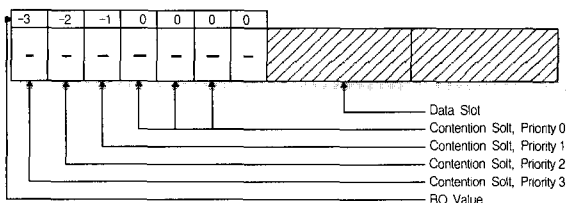
FTR은 새로운 요구에 대한 사용자 수를 정확하게 측정하여 요구미니슬롯을 할당시키는 것이고 RTR은 이미 충돌되어진 요구에 대해 재 충돌의 확률을 줄이기 위한 것이다.

<표 1> IEEE 802.14와 DOCSIS에서 제안한 충돌해결알고리즘

access 기법	FTR	RTR
IEEE802.14	blocked-access (with priority, FIFO)	perfectly-scheduled (n-ary tree)
DOCSIS	free-access (no restriction)	free-for-all (exponential backoff)

두 기관 이외에 기존에 연구되어진 내용은 다음과 같다. Lin et al[5]에서 시간비례(time-proportional) 기법을 사용하여 새로운 요구 수와 통계적으로 요구 테이블(MLR : Most Likely number of Request)을 조사하여 충돌된 요구의 수를 측정하므로 요구 미니슬롯 처리율을 최대화시키는 SOMA (Statistically Optimized Minislot Allocation) 알고리즘을 제안하였다. 그러나, 오류가 없는 이상적인 사항을 가정으로 하였고 트래픽의 우선순위를 고려하지 않았다. 적응적 p-persistence 알고리즘은 상향채널에 존재하는 여러 가지 잡음으로 인하여 발생하는 헤드엔드의 충돌 검출 오류에 의한 상향 채널의 비효율적인 사용을 줄이기 위한 알고리즘이다 [6]. 그러나, 이 알고리즘은 충돌이 일어났을 경우 해결하기 위한 액세스 우선순위가 없기 때문에 재 충돌의 가능성이 높고 지연이 길어질 수 있다.

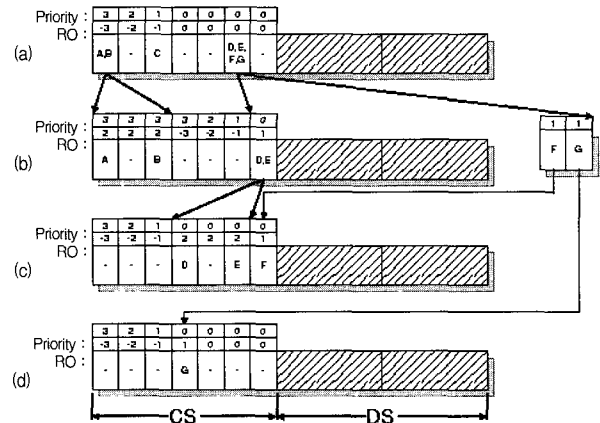
IEEE 802.14에서 제안한 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘[7]은 블록킹 3진 트리 알고리즘을 사용하며 우선순위에 따라 충돌을 해결한 후 새롭게 활성화된 스테이션에 대한 접근도 가능하게 한다. (그림 3)은 트리 기반 우선순위 프레임 구조이다.



(그림 3) 트리 기반 우선순위 프레임 구조

경쟁슬롯은 우선순위에 따라 하나씩 할당되는 데 이것은 높은 우선순위를 가진 새로운 스테이션이 낮은 우선순위의 새로운 스테이션과 함께 경쟁하는 것을 막기 위한 것이다.

FTR(First Transmission Rule)에서 높은 우선순위가 블록킹 되는 것을 막기 위한 것으로 PNA(Priority New Access)라 한다. 또한, (그림 4)는 IEEE802.14에서 제안한 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘으로 충돌이 발생시에 높은 우선순위와 낮은 우선순위를 서로 분리하여 해결하고 새로운 스테이션은 PNA 슬롯을 통해 경쟁슬롯에 접근하게 하였다.



(그림 4) 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘

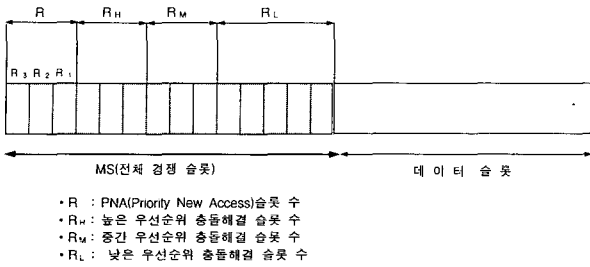
IEEE 802.14 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘은 기존의 트리 기반 알고리즘의 문제점인 우선순위에별도 요구에 대한 충돌을 해결하였고 새로운 스테이션도 PNA(Priority New Access)슬롯을 사용하여 전송할 수 있도록 하였다. 그러나, 정적 PNA 슬롯 구조를 사용하는 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘은 두 가지 문제점을 가지고 있다.

첫째, 높은 우선순위 트래픽의 요구지연을 낮게 하기 위해 사용된 PNA 슬롯이 정적으로 사용되므로 낮은 우선순위 트래픽의 새로운 요구와 동일한 확률로 전송되게 된다. 둘째, 높은 우선순위의 요구 충돌을 해결하기 위해 사용되는 슬롯이 낮은 우선순위 PNA 슬롯으로 인해 부족한 현상이 발생하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 정적 PNA 슬롯을 사용하는 충돌해결알고리즘의 문제점을 해결하고자 동적 PNA 슬롯을 사용하는 트리 기반 동적 우선순위 충돌해결알고리즘을 제안한다.

4. 제안된 동적 우선순위 충돌해결알고리즘

4.1 헤드엔드 제어 알고리즘

헤드엔드는 높은 우선순위 메시지의 지연 시간을 작게 하고 모든 스테이션이 공평하게 대역을 할당받을 수 있도록 데이터슬롯과 미니슬롯을 할당한다. 헤드엔드는 우선순위에 따라 데이터슬롯을 할당하기 위해 미니슬롯에 우선순위 별로 경쟁하도록 슬롯을 할당한다. 또한, 새로운 스테이션에 대해 우선순위 별로 PNA 슬롯을 할당받을 수 있도록 파라미터를 조절하여 하향채널을 통해 모든 스테이션에게 알려준다.



(그림 5) 프레임의 제어파라미터

헤드엔드에서 슬롯 할당을 위해 계산되는 파라미터들은 다음과 같다.

```

RH(n) = 3 × colH (n-1)
RM(n) = 3 × colM (n-1)
RL(n) = 3 × colL (n-1)
if (RH >= MS)
    R = 0
else (MS > RH)
    R = R1
    if (MS > RH + RM)
        R = R1 + R2
    else (MS > RH + RM + RL)
        R = R1 + R2 + R3
COUNT(n) = (RH(n-1) + RM(n-1) + RL(n-1) + R(n-1))
            - MS(n-1)
    
```

헤드엔드는 경쟁슬롯의 PNA 슬롯을 효율적으로 사용하기 위하여 이전 프레임의 범위 파라미터를 통해 얻은 결과를 하향채널을 통해 모든 스테이션에게 전송한다.

- R_H : 가장 높은 우선순위 충돌해결 슬롯 수
- R_M : 중간 우선순위 충돌해결 슬롯 수
- R_L : 낮은 우선순위 충돌해결 슬롯 수
- R₁ : 가장 높은 우선순위의 새로운 스테이션을 위한 슬롯 수
- R₂ : 중간 우선순위의 새로운 스테이션을 위한 슬롯 수
- R₃ : 낮은 우선순위의 새로운 스테이션을 위한 슬롯 수
- COUNT : 큐 존재하는 슬롯의 개수
- MS : 경쟁슬롯 개수

4.2 스테이션 전송 알고리즘

스테이션 전송 알고리즘은 하향채널로 헤드엔드로부터 방송된 제어 파라미터를 이용하여 미니슬롯을 액세스하는 알고리즘이다. 스테이션에서 새로운 알고리즘이 발생하는 경우에 기존의 충돌을 해결하기 위한 알고리즘으로 분류되어진다.

먼저, 스테이션은 전송할 데이터가 큐에 들어오면 우선순위에 따라 구분된 PNA 슬롯에 경쟁하여 요구를 전송한다. 이때 경쟁슬롯 수인 MS보다 카운트 값이 크면 다음 프레임 기다리고 작으면 자신의 우선순위에 맞는 PNA를 찾아 요구메시지를 경쟁하여 전송한다. 그러나, 낮은 우선순위의 데이터를 가지고 있는 스테이션은 헤드엔드로부터 계산되어진 파라미터 값에서 자신의 PNA가 있는지를 먼저

확인 후에 전송하여야한다. 다음은 새롭게 진입한 스테이션에 대한 알고리즘 의사코드이다.

```

• When an inactive station become active
  if (stations with higher priority requests)
    immediately transmit requests for bandwidth
    in the PNA slots.
  else
    waits for a PNA slot with a priority
    that matches its own priority
• Upon receiving feedback information
  if (did_not_collide) then
    done
  elseif (collide)
    go contention resolution algorithm
    
```

새로운 스테이션을 위한 슬롯 할당 알고리즘

PNA 슬롯이 있는 경우 요구 메시지를 전송한다. 그리고 헤드엔드로부터 피드백 정보를 기다리며 경쟁슬롯이 충돌되지 않고 성공적으로 전송되면 승인(grant) 메시지를 기다리며 충돌되었다면 충돌해결알고리즘으로 진입한다. 스테이션의 카운트 값이 MS보다 더 큰 값을 갖는다면 경쟁슬롯의 범위를 벗어나기 때문에 다음 처음으로 되돌아간다. 충돌이 발생한 스테이션에 대한 알고리즘 의사코드이다.

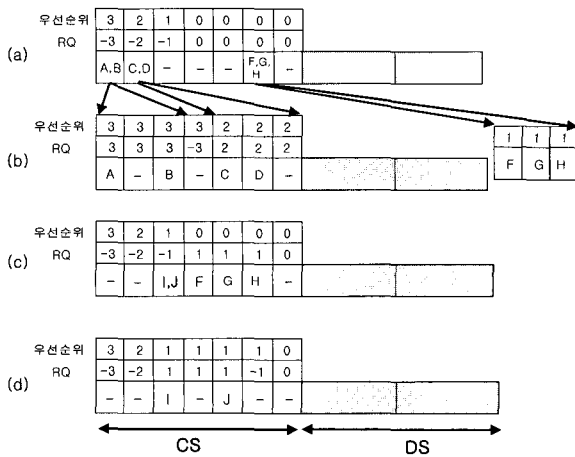
```

if (COUNT < MS) then
  if (higher priority request contention collided) then
    random (0 ..... RH-1)
  elseif
    random (0 ..... RM-1)
  else
    random (0 ..... RL-1)
if (COUNT > MS) then
  station does not transmit in current frame ;
  upon receiving feedback information
  set : COUNT ← COUNT - MS
    
```

충돌해결을 위한 슬롯 할당 알고리즘

(그림 6)은 제안된 동적 우선순위 충돌해결알고리즘의 운영 예이다. 프레임 (그림 6)(a)의 전송된 슬롯 중 우선순위가 가장 높은 슬롯(RQ = -3)과 그 다음 우선순위가 높은 슬롯(RQ = -2), 가장 낮은 우선순위의 슬롯(RQ = 0)에 충돌이 발생하였다. 따라서, 프레임 (그림 6)(b)에서 충돌을 해결하기 위해 우선순위가 높은 스테이션의 충돌을 해결하기 위해 슬롯 (R_H, R_M)를 할당한다. 이때 우선순위가 낮은 PNA 슬롯을 높은 우선순위의 스테이션을 위한 충돌을 해결하기 위해 할당을 한다. 이때, 낮은 우선순위의 스테이션(F, G, H)는 충돌해결을 위해 슬롯이 부족하기 때문에 다음 프레임에 전송하기 위해 큐에 저장된다. 높은 우선순위의 스테이션 충돌이 해결되면 낮은 우선순위의 새로운 스테이션의 요구를 전송하기 위해 PNA 슬롯을 할당해준다. 따라서, RQ = -1의 우선순위 스테이션 I와 J가 새롭게 경쟁한다. 마지막으로 낮은 우선순위의 새로운 스테이션(RQ = 0)은 모든

충돌이 해결되고 나머지 슬롯에 액세스하게 된다.



(그림 6) 제안된 동적 우선순위 충돌해결알고리즘 예

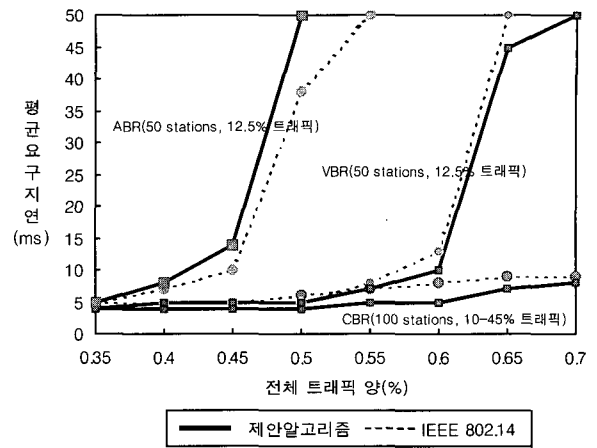
위 예에서 보듯이 스테이션 A, B보다 낮은 우선순위 스테이션을 위한 RQ = -2, -1 슬롯은 높은 우선순위 스테이션의 요구 충돌을 해결하기 위해 사용이 되었다. 그리고, 새로운 스테이션의 요구를 위한 PNA 슬롯은 충돌해결이 끝난 후에 사용하도록 하였다. 따라서, 높은 우선순위의 요구지연을 낮아지게 한 것이다.

5. 성능 분석

본 논문은 제안된 알고리즘의 성능분석을 위한 모델로 200개의 스테이션들이 거리 상으로 균일한 분포를 갖고 각 스테이션들이 지수함수 분포로 데이터 요구 메시지가 발생한다고 가정한다. 또한, 성능분석 도구로 미국의 NIST(National Institute of Science and Technology)에서 개발한 ATM-HFC Simulator Version 4.0[8]을 이용하여 IEEE 802.14 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘과 제안된 방식의 성능을 비교하였다. 성능평가 파라미터는 <표 2>[7]와 같다.

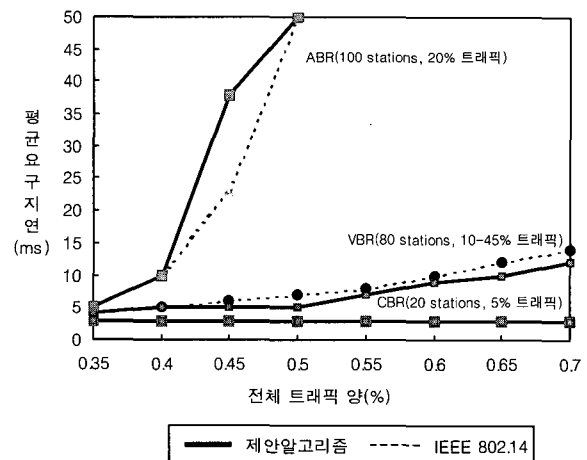
<표 2> 성능평가 파라미터

파라미터	값
스테이션 수	200
스테이션간의 분포	균등분포
상향 데이터 전송율	3Mbits/sec
하향 데이터 전송율	제한 없음
데이터슬롯 크기	64byte
미니슬롯 크기	16byte
DS/MS 비	1/4
프레임 크기	52slots
CS	고정 10slots
최대요구 크기	32 데이터 슬롯
헤드엔드	1ms 처리지연



(그림 7) CBR 트래픽 변화에 따른 요구지연

(그림 7)은 CBR 트래픽의 변화에 따라 다른 우선순위에 미치는 영향을 측정한 결과이다. 이때 기존의 IEEE 802.14의 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘과 제안된 알고리즘의 요구지연을 비교하였다. 여기서, CBR 트래픽 양이 증가할수록 다른 트래픽의 요구 지연이 증가하고 있으며 제안된 알고리즘의 요구지연이 정적 PNA 슬롯을 사용하는 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘보다 낮아진 것을 알 수 있다. 이것은 낮은 우선순위 PNA 슬롯을 높은 우선순위 요구의 충돌을 해결하기 위해 사용되므로 빠른 충돌해결을 통해 요구지연이 낮아지는 결과를 초래한다. 또한, 낮은 우선순위 트래픽(ABR)의 요구지연은 정적 PNA 슬롯을 사용하는 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘보다 높은 요구지연을 가진다. 이것은 높은 우선순위의 충돌을 해결하기 위해 낮은 우선순위의 PNA 슬롯을 사용하므로 낮은 우선순위의 새로운 요구 접속 확률이 낮아졌기 때문이다.



(그림 8) VBR 트래픽 변화에 따른 요구지연

(그림 8)은 CBR 트래픽을 고정시키고 VBR 변화에 따른 지연시간을 측정한 것으로 ABR 트래픽의 요구지연이 급격

히 증가하였다. 이것은 높은 우선순위와 중간 우선순위의 스테이션에 대한 새로운 스테이션의 요구가 전송되고 또한, 충돌을 해결하기 위해 낮은 우선순위의 PNA 슬롯을 사용하므로 ABR의 요구지연이 급격히 증가한 결과를 가져왔다.

6. 결 론

본 논문에서는 여러 가입자가 HFC-CATV 망의 상향채널을 공유하기 위한 MAC 프로토콜 중 동시에 요구를 전송할 때 발생되어지는 충돌을 해결하기 위한 충돌해결알고리즘을 보여주었다. 기존의 트리 기반 우선순위 알고리즘에서 정적 PNA 슬롯을 사용하므로 실시간으로 변화하는 트래픽의 QoS를 만족시키지 못하는 문제점을 해결하고자 동적 PNA 슬롯을 사용한 동적 우선순위 충돌해결알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘의 성능분석 결과 우선순위가 높은 트래픽의 요구지연이 작아지는 결과를 보여주었다.

향후 연구과제로는 제안된 알고리즘에 대해 해석모델을 제시하여 시뮬레이션 결과의 신뢰성 입증에 관련된 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] C. Bisdikian, "A Review of Random Access Algorithm," contr, IEEE Working Group(WG) meeting, No.IEEE802.14-96/019, January, 1996.
 [2] P. Mathys and P. Flajolet, "Q-ary Collision Resolution Algorithms in Random Access Systems with Free or Blocked Channel Access," IEEE Trans, Inform. theory, Vol.31, No.2, pp.217-243, 1985.
 [3] N. Gomie, Y. Saintillan and D. Su, "A review of contention resolution algorithm for IEEE 802.14 networks," IEEE Communication, Survey, First Quater, 1999.
 [4] Ying-Dar Lin, Wei-Ming Yin, Chen-Yu Huang, "An Investigation on HFC MAC Protocols : Design, Analysis, and Implementation Issues," IEEE Communications Surveys, Thrid Quarter, 2000.

[5] W. M. Yin and Y. D. Lin, "Statistically Optimized Minislot Allocation for Initial and Collision Resolution in Hybrid Fiber Coaxial Network," IEEE JSAC in communication, Vol.18, No.9, Sep., 2000.
 [6] Richard Citta, David Lin, et. al., "The Tree Based Algorithm with soft blocking," Contr, WG meeting, No.IEEE 802.14/96-244, November, 1996.
 [7] M. D. Corner, J. Liebeherr, N. Golmie and C. Bisdikian, "A Priority Scheme for the IEEE 802.14 MAC Protocol for Hybrid Fiber-Coax Networks," IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol8, No.2, April, 2000.
 [8] N. Golmie, F. Mouveaux, L. Hester, Y. Saintillan, A. Roenig and D. Su, "The NIST ATM Network Simulator Operation and Programming Guid Version 4.0," December, 1998.



이 수 연

e-mail : sylee@ccfs.ac.kr

1990년 단국대학교 전산학과 학사

1993년 단국대학교 전산통계학과 석사

1997년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 박사수료

1997년~현재 천안외국어대학 컴퓨터정보과 교수

관심분야 : 초고속통신망 관리, 인터넷 QoS, MAC 프로토콜



정 진 욱

e-mail : jwchung@songgang.skku.ac.kr

1974년 성균관대학교 전기공학과 학사

1979년 성균관대학교 대학원 전자공학과 석사

1991년 서울대학교 대학원 계산통계학과 박사

1982년~1985년 한국과학기술 연구소 실장

1981년~1982년 Racal Milgo Co. 객원연구원

1985년~현재 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 네트워크 관리, 네트워크 보안