

HFC-CATV 망에서 우선순위를 제공하는 MAC 프로토콜 연구

이수연*, 정진욱**

*천안외국어대학 컴퓨터정보과

**성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과

e-mail:sylee@ccfs.ac.kr

Study on Medium Access Control Protocol with a Priority Scheme for HFC-CATV Network

Su-youn Lee*, Jin-wook Chung**

*Dept of Computer Information, Cheonan College of Foreign Studies

** Dept of Electronic Engineering and Computer Engineering , SungKyunKwan University

요 약

HFC(Hybrid Fiber Coax)망은 광케이블 구간과 동축케이블 구간으로 나뉘어져 있으며 광케이블 구간은 성형(Star)구조를 가지며 동축케이블 전송구간은 수지분기형(Tree and Branch)구조로 되어있다. HFC망의 상향채널은 가입자에서 헤드엔드로 데이터 전송 시 500가입자 이상이 공유하기 때문에 이를 제어하기 위한 매체접근제어(Medium Access Control)프로토콜이 필요하다. 특히, 음성, 비디오 그리고 데이터와 같은 트래픽의 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위해서는 서비스별로 우선순위를 고려한 충돌해결알고리즘이 요구되어진다. 그러므로, 본 논문에서는 기존 알고리즘의 문제점을 분석하여 트래픽 특성에 따라 우선순위를 제공하는 충돌해결알고리즘을 제안하였다.

1. 서론

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. 이더넷에서 사용되는 충돌 감지(Collision detection) 기법, DQDB와 같은 충돌 회피(Collision Avoidance)기법 그리고, 토큰 패싱(Token passing)을 하는 폴링(polling)기법이 있다. 이러한 기법들

직접 HFC 망에 적용하기에는 토폴로지가 다르므로 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 망에 적용된 이 기법은 p-persistence 알고리즘으로 각 슬롯은 헤드엔드에서 제어하는 전송확률 p값을 가진다. 여기서, 충돌된 요구들은 확률 p를 가지고 재전송한다. 이 과정은 요구가 헤드엔드에 성공적으로 전송될 때까지 반복된다. 두 번째 방법은 충돌된 스테이션들은 트리(tree)구조로 분할된다. 이것은 트리 기반 알고리즘으로 충돌이 발생한 모든 스테이션들은 몇 개의 부그

룹(subgroup)으로 분할된다. 처음 부 그룹에 포함된 스테이션들이 먼저 전송되고 다음으로 두 번째 그룹에 포함된 스테이션들이 순서적으로 전송되어진다. 이 방법은 같은 슬롯에 충돌된 스테이션의 재 충돌을 줄이는 데 목적이 있다. 또한, HFC 망은 왕복전파지연이 80킬로미터 상의 거리에서 전파지연시간을 포함하여 0.8에서 2ms사이의 긴 전파지연을 가진다. 상향채널의 처리율을 증가시키기 위해 데이터를 직접 전송하지 않고 상향채널에 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 전송제어
- 충돌피드백 전송
- RTR(ReTransmission Rule): 재 전송 제어

FTR은 새로 망에 진입하는 스테이션의 요구 수를 정확하게 측정하여 슬롯을 할당하는 알고리즘이고 RTR 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 해주어야하므로 이 알고리즘에 따라 충돌 발생 확률에 많은 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 2장에서는 충돌해결알고리즘에 대해 기존 연구의 내용과 문제점을 알아보고 3장에서 HFC 망에 적합한 우선순위 기법을 이용한 충돌해결알고리즘을 제안하고 4장에서 시뮬레이션결과를 분석하였고 마지막으로 결론을 내었다.

2. 기존 연구

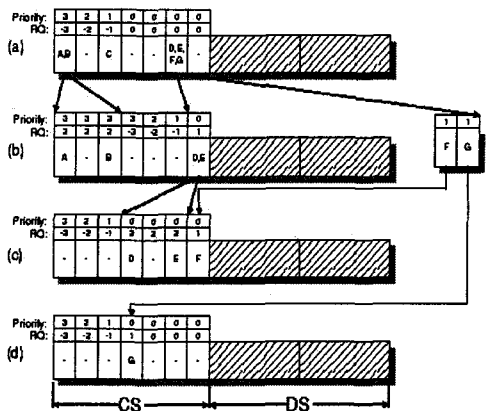
HFC 망에서 사용되는 충돌해결 알고리즘에 관한 연구는 1997년 이후 많이 연구되어지고 있다. 특히, 양방향 서비스 중 상향채널의 미니슬롯에서 발생하는 충돌을 해결하기 위한 알고리즘은 최근에 많이 연구되어지고 있다. 미니슬롯에서 사용되는 충돌해결알고리즘에 FTR과 RTR에 대해서 여러 가지 방법들이 나오고 있다. 표1.은 IEEE802.14와 DOCSIS에서 제안한 충돌해결알고리즘이다.

표 1. IEEE802.14와 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 기관이외에 기존에 연구되어진 내용은 다음과 같다.

Lin et al[5]에서 시간비례(time-proportional)기법을 사용하여 새로운 요구 수와 통계적으로 요구 테이블(MLR)을 조사하여 충돌된 요구의 수를 측정하므로 요구 미니슬롯 처리율을 최대화시키는 SOMA(Statically Optimized Minislot Allocation) 알고리즘을 제안하였다. 그러나, 오류가 없는 이상적인 상황을 가정으로 하였고 트래픽의 우선순위를 고려하지 않았다. adaptive p-persistence 알고리즘은 상향채널에 존재하는 여러 가지 잡음으로 인하여 발생하는 헤드엔드의 충돌 검출 오류에 의한 상향 채널의 비효율적인 사용을 줄이기 위한 알고리즘이다.[2] 그러나, 이 알고리즘은 충돌이 일어났을 경우 해결하기 위한 액세스 우선순위가 없기 때문에 재충돌의 가능성이 높고 지연이 길어질 수 있다. 트리 기반 우선순위 알고리즘[6]은 blocking ternary 알고리즘을 사용하며 우선순위에 따라 충돌을 해결한 후 새롭게 활성화된 스테이션에 대한 접근도 가능하게 한다. 다음은 IEEE802.14에서 제안한 우선순위 충돌해결 알고리즘이다.



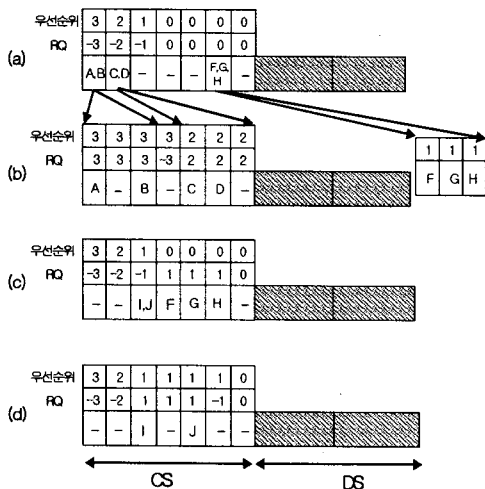
[그림 1] 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘

기존의 3진 트리 알고리즘의 문제점인 우선순위별로 요구에 대한 충돌을 해결하였고 새로운 스테이션도 PNA를 사용하여 전송할 수 있도록 모델을 제안하였다. 그러나, 높은 우선순위의 트래픽이 블록킹되지 않도록 하기 위한 PNA(Priority Newcomer Access)가 고정되어 있으므로 낮은 우선순위의 새롭게 활성화된 스테이션과 높은 우선순위의 새롭게 활성화된 스테이션의 전송확률이 동일하며 높은 우선순위의 충돌을 해결하는 데 있어서 슬롯이 부족한 문제점을 가지고 있다.

3. 제안된 충돌해결 알고리즘

멀티미디어 서비스의 활성화로 인한 실시간 트래픽 양이 증가하고 있고 이러한 서비스를 제공하기 위해서 각 트래픽이 요구하는 QoS를 만족해야한다. [4] 우선순위가 높은 트래픽은 성공적인 요구를 전송 할 때까지 걸리는 시간인 요구전송지연을 충돌이 많은 상황이 발생하더라도 낮게 유지해야한다. 즉, 우선순위 충돌해결알고리즘의 목적은 높은 우선순위를 가진 스테이션의 지연을 최소화시키기 위해 새롭게 활성화된 높은 우선순위를 가진 스테이션의 요구를 먼저 전송하고 충돌이 발생했을 경우 낮은 우선순위 스테이션보다 먼저 충돌을 해결하여 데이터를 빠르게 전송할 수 있도록 하는 데 있다.

제안된 충돌해결 알고리즘은 새롭게 활성화된 스테이션의 우선순위에 따라 슬롯을 할당할 수 있도록 낮은 우선순위의 PNA 슬롯을 높은 우선순위 스테이션의 충돌해결에 할당하고 그 이후에 사용할 수 있도록 soft-blocking 방식을 사용하였다. 여기서, -3,-2,-1,0은 우선순위를 표기하며 -3이 가장 높은 우선순위이다.



[그림 2] 제안된 우선순위 충돌해결알고리즘

[그림 2]는 제안된 알고리즘의 운영 예를 보여주고 있다. 프레임 (a)의 전송된 슬롯 중 우선순위가 높은 슬롯 -3번과 -2번 그리고 0번에 충돌이 발생하였다. 따라서, 다음 프레임(b)에 우선순위 3의 충돌을 해결하기 위하여 세 개의 슬롯이 할당이 된다. 또한, 우선순위 2인 C,D 스테이션을 위해서는 우선순위 2의 새로운 스테이션을 위한 PNA(Priority Newcomer Access)를 충돌을 해결하기 위해 사용한다. 물론, -1의 슬롯도 높은 우선순위의 스테이션 충돌을 해결하기 위해 사용한다. 낮은 우선순위의 F,G,H는 다음 프레임에 전송하기 위해 큐에 저장된다. 프레임 (b)에서 -2 우선순위의 충돌이 해결되었기 때문에 프레임 (c)에는 기존의 -3,-2,-1의 PNA를 할당해주고 큐에 있는 낮은 우선순위 스테이션의 충돌을 해결함과 동시에 새로운 스테이션(I,J)의 요구 전송을 한다. 마찬가지로 높은 우선순위의 새로운 요구의 충돌이 발생하였으므로 낮은 우선순위의 PNA를 사용하여 해결하며 충돌해결이 끝난 후 새로운 요구에 대해서 슬롯을 할당한다.

4. 시뮬레이션 결과

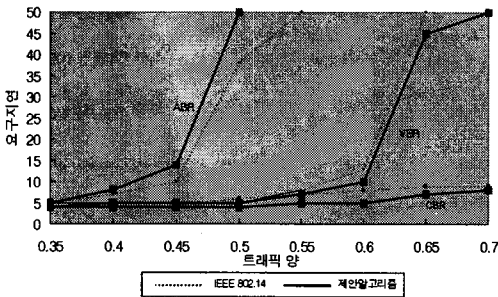
본 논문은 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 위한 트래픽 모델은 256개의 스테이션들이 거리상으로 균일한 분포를 갖고 각 스테이션들이 지수함수적인 분포를 갖는 유니폼한 데이터슬롯 요구 메시지가 발생된다고 가정하였다. 또한, 시뮬레이션 도구로 미국의 NIST(National Institute of Science and Technology)에서 개발하여 공개한 ATM-HFC Simulator Version 4.0을 이용하여 IEEE 802.14의 트리 기반 우선순위 충돌해결알고리즘과 제안 방식의 성능을 비교하였다.

표 1 성능평가를 위한 파라미터

파라미터	값
스테이션 수	256
스테이션간의 분포	균등분포
상향 데이터 전송율	3 Mbits/sec
하향 데이터 전송율	제한없음
데이터슬롯 크기	64 byte
미니슬롯 크기	16byte
DS/MS 비	1/4
프레임크기	52slots
CS	Fixed 18slots
최대요구 크기	32 data slots
헤드엔드	1ms처리지연

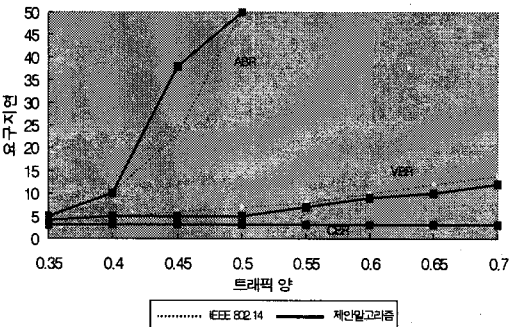
[그림3]은 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출오류가 전혀없는 이상적인 경우에 가장 높은 우선순위의 CBR 트래픽을 10-45% 증가하면서 다른 트래픽의 지연에 미치는 영

향을 나타낸 것이다. 제안된 알고리즘이 트리 기반 알고리즘보다 전송지연이 작게 증가하는 것을 알 수 있다.



[그림 3] CBR 트래픽 변화에 따른 요구지연

이 결과는 CBR 트래픽 양이 증가할수록 충돌 발생빈도가 높으나 CBR 트래픽보다 낮은 우선순위의 새로운 스테이션을 위해 사용되는 PNA 슬롯을 충돌해결을 위해 사용하므로 요구지연이 적어진다. 그러나, ABR은 요구지연이 증가하는 데 이는 soft-blocking 방식으로 처리하기 때문이다.



[그림 4] VBR 트래픽 변화에 따른 요구지연

[그림4]는 VBR 트래픽의 변화에 따른 다른 트래픽의 전송지연에 미치는 영향을 나타낸 것이다. CBR트래픽은 낮은 우선순위의 VBR트래픽의 변화에 영향을 받지 않으나 마찬가지로 ABR 트래픽은 높은 우선순위의 VBR 트래픽에 영향을 받는다. 이는 VBR트래픽의 충돌해결을 위해 ABR 트래픽의 PNA를 사용하므로 전송지연이 증가하게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 여러 가입자가 HFC 망의 상향채널을 공유하기 위해 사용되는 MAC 프로토콜 중 동시 요구

전송 시 발생하는 충돌을 해결하기 위한 충돌해결알고리즘을 보여주었다. 특히, 트래픽의 QoS를 만족시키기 위해 우선순위 별로 요구를 전송하고 해결하기 위해 우선순위 충돌해결 알고리즘을 제안하였다. 그 결과, 제안된 알고리즘은 우선순위가 높은 트래픽의 요구 지연을 줄이는 것을 보여주었다.

향후 연구과제로는 제안된 알고리즘에서 실제 환경과 유사하게 오류가 있는 환경에 적용할 수 있는 알고리즘 연구와 성능분석 방법이 요구된다.

참고문헌

- [1] 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, 1985, pp217~243.
- [2] Richard Citta, David Lin, et. al., "The Tree Based Algorithm with soft blocking," Contr. No. IEEE 802.14/96-244 WG meeting, November 1996
- [3] C. Bisdikian, " A Review of Random Access Algorithm," contr. no. IEEE802.14-96/019, IEEE Working Group(WG) meeting, January 1996.
- [4] Recharad Rabbat, "QoS Support for Integrated Services over CATV," IEEE Communication Magazine, vol.37, no.1,pp 64-68, January 1999.
- [5] W. M. Yin and Y. D. Lin, "Statically Optimized Minislot Allocation for Initial and Collision Resolution in Hybrid Fiber Coaxial Network," IEEE JSAC in communication , vol.18, no. 9, Sep, 2000.
- [6] M.D.Cornier, J.Liebeherr, N.Golmic 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.
- [7] O. Elloumi, N. Golmic, H. Affi, and D. Su, "A Simulation-based Study of TCP Dynamics over HFC Networks," to appear in Computer Networks, Vol. 32, No. 3, pp. 301-317, 2000.
- [8] Ying-Dar Lin, Wei-Ming Yin, Chen-Yu Huang, 2000, "An Investigation on HFC MAC Protocols: Design, Analysis, and Implementation Issues", IEEE Communications Surveys, Thrid Quarter 2000.