

HFC망에서의 경합중재 알고리즘의 성능평가-분기수에 따른 Tree-based 알고리즘

장 종욱*, 최 세라**

* 동의대학교 컴퓨터공학과, jwjang@hyomin.donggeui.ac.kr

** 동의대학교 전자공학과, serachoi@galaxy.donggeui.ac.kr

요 약

초고속 정보통신의 경제적인 구축을 위해서는 기존 통신망의 적절한 활용이 요구된다. 현재 국내에서는 PSTN, N-ISDN, 기업망등 많은 독자적인 망들이 운용되고 있는데 비하여 이들 망의 점진적인 발전 및 초고속 통신망으로의 효율적인 통합운용이 절실히 요구되는 시점이다. 이러한 상황을 개선하기 위해, 초고속 통신망의 하부망으로서 경제적인 대안으로 관심을 끌고 있는 기존망의 하나가 CATV 전송망의 일종인 HFC(Hybrid Fiber Coax)망 이다. 지금까지 HFC망은 주로 일반 통신 사업자 입장에서 보다는 CATV사업자들이 기 보유한 망을 통해서 통신과 방송의 통합 서비스를 경제적으로 제공하고자 하는 방안으로서 많은 관심을 끌고 있다.

본 논문에서는 HFC 구조에서 상향으로의 데이터 충돌이 발생했을 시 이 문제를 해결하기 위해 IEEE802.14에서 제안하는 MAC Protocol과 HFC망의 MAC프로토콜 구성요소 중 제안된 경합중재 알고리즘의 형태를 알아보고 이중 Tree algorithm을 분기수에 따라 성능을 평가하고자 한다.

1. 서론

전송망 기술의 발전과 디지털 기술의 발전에 따라 대화형 멀티미디어 서비스에 대한 인식이 점점 높아져 가고 있다. 그러나 기존의 공중 전화망, 동축 케이블망, 근거리 통신망 등은 전송속도와 최대 중계기 거리, 대역폭의 한계 등으로 인하여 이에 적합하지 못하다. 따라서 기존의 CBR 위주의 트래픽 뿐만 아니라 VBR, ABR등 ATM기반의 증가하는 대화형 멀티미디어 서비스의 요구에 대처하기 위하여 중계기간의 길이가 길고 상·하향 채널의 대역폭 제한이 없고 누화나 간섭이 없는 광케이블과 기존의 동축케이블의 장점을 결합함으로써 기존의 장치에 최소한의 영향을 미치면서 용량 및 신뢰성 등 여러 요구 조건을 만족시킬 수 있는 HFC망이 각광을 받게 되었다. 광전송 구간은 상·하향 모두 성형(star)구조를 갖는 비대칭 형태로 구성되어 있다. HFC망에서 가입자들은 단일광케이블을 사용하여 대화형 서비스를 제공 받게되는데 가입자들이 상·하향 대역폭을 공유하게 되므로

가입자에서 head-end로 향하는 상향 데이터의 충돌을 방지하고, 제한된 상향 채널의 효율적인 액세스 및 대역폭을 공평하게 할당해 주기 위해서는 MAC protocol이 필요하게 된다. 하향대역에 대한 노이즈는 광케이블을 이용하여 상당히 개선되었으나 상향대역에 대한 충돌문제는 가입자 수가 증가함에 따라 심각한 문제로 남아 있다.[1] 이를 해결하기 위해 IEEE 802.14에서는 MLAP(MAC Level Access Protocol)[2], ADAP (Adaptive Digital Access Protocol)[3], UPSTREAMS (Upstreams Protocol for Sharing Transmission Resources among Entities using an ATM-based Messaging System)[4]들이 알고리즘을 제안하고 있다. 제시되고 있는 MAC 프로토콜들은 상향으로의 데이터 충돌이 발생했을 시 이 문제를 해결하기 위한 경합중재 알고리즘을 가지고 온다. 이중 Tree algorithm이 보편화되어 있는데 이 논문에서는 분기수에 따른 Tree algorithm의 성능을 평가하고자 한다.

2. MAC Protocol

HFC 구조의 MAC Protocol은 수지분기형의 네트워크에 맞게 효율적인 자원의 분배와 충돌을 방지하며 충돌이 발생할 경우 이를 해결할 수 있어야 한다.

MAC Protocol은 여러 종류의 서비스를 수용해야 한다. 이 때문에 CBR, VBR/ABR과 같은 다양한 트래픽에 대해 QOS를 만족할 수 있도록 서비스되어야 한다. 이를 위해서는 각 서비스의 지연 및 데이터 발생을 등을 파악하여 이에 적절하게 각 슬롯들을 할당하는 알고리즘이 필요하다.

IEEE802.14에서 제안하는 MAC Protocol은 다음과 같다.

가. MLAP 프로토콜

IBM에서 제안한 MLAP은 다양한 ATM 트래픽을 지원하며 예약 모드와 경쟁 모드에 의한 타임슬롯 할당 기능을 갖는다.

나. ADAPT 프로토콜

AT&T에서 제안한 ADAPT 프로토콜은 HFC망에서 가입자 장비와 헤드엔드 제어기에 존재하며 회선의 혼잡, 셀모드 응용, 버스티한 트래픽과 균일한 트래픽 소스에 대한 상·하향 채널의 효율적인 할당 등의 특징을 갖는다.

다. UPSTREAMS 프로토콜

UPSTREAMS는 COM21사에서 제안한 프로토콜로 single return, combined return 및 separate return 채널을 지원할 수 있다.

다음절에서는 HFC 구조를 위해 제안된 경합중재 알고리즘의 형태를 살펴보기로 한다.

3. 경합중재 알고리즘

HFC망의 MAC프로토콜 구성요소 중 경합중재 알고리즘은 여러 가입자 스테이션들이 상향 channel을 공유함으로써 어느 한 경쟁 슬롯에 여러 가입자 스테이션들이 동시에 액세스함으로써 발생하는 메시지나 데이터의 충돌을 해결하기 위해 필요한 메카니즘이다. 경합중재 알고리즘 방식에는 새로운 가입자 대책에 따라 크게 세 가지가 있다. 첫 번째는 대역폭 요구 메시지를 전송한 후 충돌이 발생했을 때, 다음 프레임에서 충돌된 슬롯을 해결하는데 이 과정에서 새로 활성화된 스테이션이

전송할 메시지가 있으면 이 새로운 메시지를 다음 프레임에 충돌을 해결하기 위한 슬롯과 같이 할당하는 non-blocking방법이 있다. 이것은 MLAP protocol의 경합중재 알고리즘의 개념으로 사용된다.

두 번째는 충돌된 슬롯이 모두 해결되고 새로운 경쟁을 위한 슬롯이 남았을 때 이 메시지에 대한 슬롯을 할당하는 blocking방법이 있다. 가상 스택의 개념을 사용하여 충돌을 해결하는 ms-START(multi-slot n-ary STACK AlgoRiThm)가 여기에 해당된다.

마지막으로 충돌 해결에 필요한 슬롯을 제외한 나머지 경쟁 슬롯에 파라미터 R을 사용하여 새로운 메시지 요구에 대한 슬롯 할당을 조절하는 soft-blocking방법이 있다. Tree 기반 중재 알고리즘이 여기에 속한다.

Tree Algorithm의 운영 원리는 충돌이 발생했을 때 이 충돌에 관련된 모든 스테이션들이 n개의 하위 그룹으로 나누어지고 각 하위 그룹은 1에서 n 사이의 수 중 하나의 random변수를 선택한다. 그리고 첫 번째 하위 그룹에 속한 스테이션이 제일 처음 재전송을 시도하고 2에서 n까지의 하위 그룹에 속한 스테이션들은 그들의 차례를 기다린다. 여기에서 자신의 순서를 기다리는 하위 그룹을 stack으로 볼 수 있는데 stack에서의 위치는 그 스테이션이 재전송을 요구하기까지 기다려야 할 슬롯의 수를 나타낸다. 만약 첫 번째 전송한 슬롯에서 다시 충돌이 발생하면 첫 번째 하위 그룹은 다시 n개의 하위 그룹으로 나누어진다. 그리고 stack에서 기다리고 있던 하위 그룹들은 충돌이 발생한 스테이션에 자리를 내어주기 위해 위치를 n-1만큼 이동하여야 한다. 만약 충돌이 발생하지 않았다면 stack의 제일 아래에 위치한 스테이션의 전송을 할 수 있다. 만약 n이 3이라면 그림1.과 같이 설명되어진다.

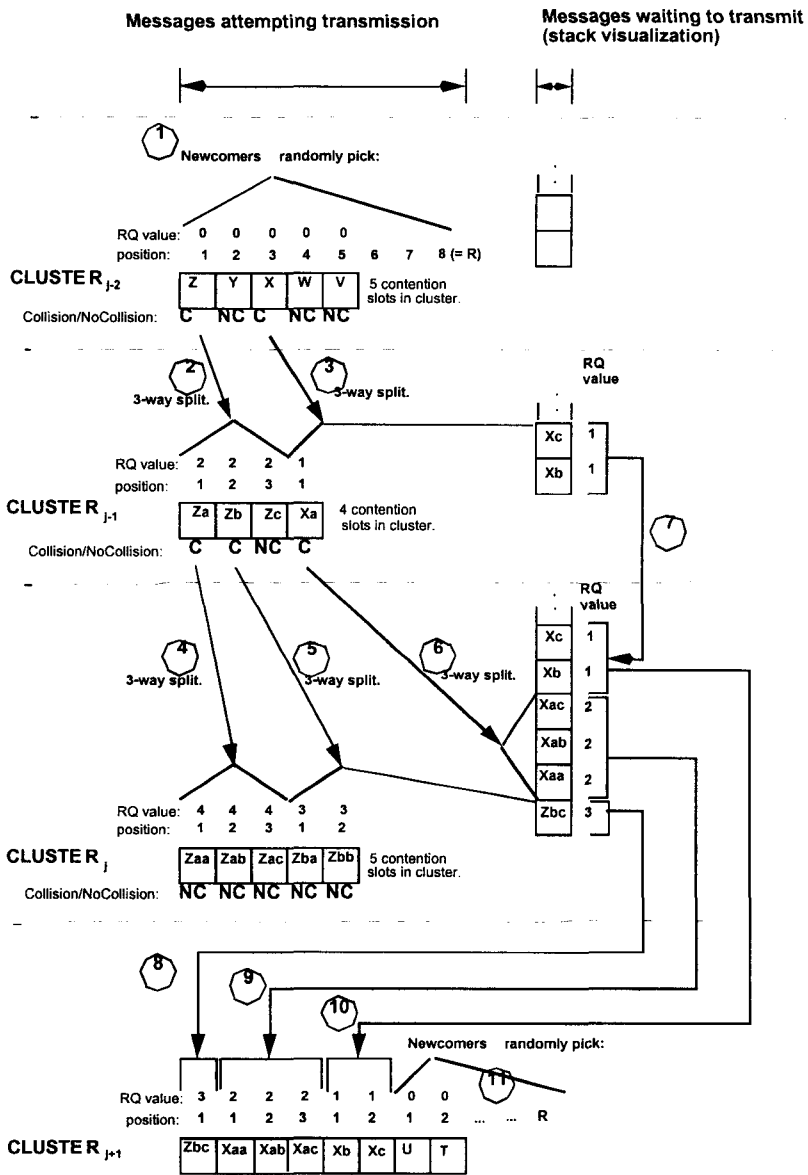


그림 1. Temery Tree Algorithm 운영도

위의 그림에서 볼때, cluster에서의 각 contention slot은 같은 시간, 같은 contention slot을 전송할 모든 subscriber들로부터의 message를 포함한다.

실례는 Cluster(j-2)에서는 모든 slot이 전송될 다중 subscriber들에서 contention slot은 RQ=0이고 위치 = 1인 messages의 어떤 number를 포함하는 Z. message Y, X, W그리고 V는 각각 2,3,4그리고 5의 위치에서 전송될 것이다. 하나의 cluster에 각 contention slot은 RQ의 결합에 의한 유일한 주소와 위치 값이 된다. "RQ: position"표기는 slot을 유일하게 명기하기 위해 사용될 것이다.(예를 들면 0:1은 RQ=0 이고 position=1인 slot에 귀착시킨다)

message가 Z라고 가정하면 1보다 크고, collision이 발생했을 그때 subscribers는 message "Z"를 보낸다.(또한 Y=W=V=1로 가정하면, slot은 0:2,0:4, 또는 0:5로 collision은 발생하지 않는다. 이것이 의미하는 것은 Y, W, 그리고 V가 성공적으로 전송되었고 그들 message는 "출구"collision resolution process이다). 따라서 Cluster (j-2)에서 전송이 시도되는 각각의 subscriber는 slot 0:1, cluster(j-1)의 처음 3개 slot중 임의적으로 하나를 "splits"하고 step2에서 보여지는 것과 같이 선택되어진 slot이 message영역이 된다.

Cluster(j-1)에서 이동되기 위한 slot2:1을 선택하는 subscriber들의 number는 그림에서 "Za"로 나타낸다. slot 2:2에서 이동되기 위해 선택된 number이므로 "Zb"로 표시된다.

step3에서 보여지는 것처럼 "X"collision 이후에는 Cluster(j-2)에서 발생되는 것이 두 번째이고, Cluster(j-1)에서 그 다음 세 번째 slot이 발생하는 것을 시도하기 위해 나눈다. 그런 다음 Cluster(j-1)에는 단지 하나의 slot만 남는다. 분열시키는 것은 남은 slot(1:1)의 조합에 의해 형성된 3개의 위치로 한다. 그리고 앞선 두 개의 위치에서 stack에 시각화한다. 앞선 두 stack 위치는 제각기 "Xb"와 "Xc"로 나뉜다. stack 시각화의 각 위치는 전송할 때까지 "기다리는 시간(wait time)"을 똑같이 나눈 모든 subscribers로부터의 message를 나타낸다. Cluster(j-1)에서 "Xb"로 표시되는 이들 message들은 이후 cluster로 사용 가능케 될 경쟁 slot 일 때 전송되기 위한 line에서의 다음이다. "Xc"로 표시된 message들은 이후

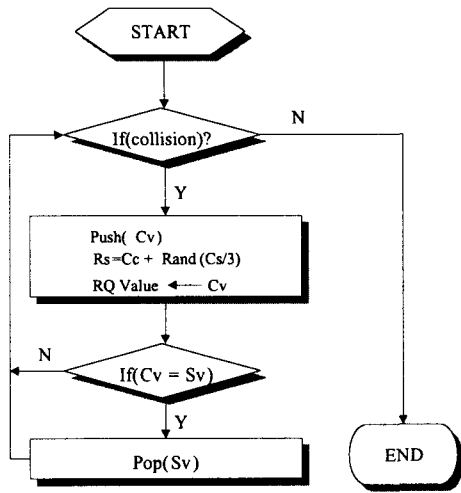
line에서 "Xb"로 표시된다. step 7에서 보여지는 바와 같이 stack message를 "up"으로 이동한다. 만약 그것이 임의의 "분열한"message들의 필요를 충족하기 위해 필요한 것보다도 cluster에서 slot이 더 필요하다면 step 8,9, 그리고 10에서 보여지는 것처럼 stack message를 "down"으로 이동한다. 이때 그것은 cluster에 충분한 공간이다. step 8,9, 그리고 10에서 보여지는 것과 같이 contention slot에서 stack의 밖으로 message를 이동한다.

이후 이것은 "soft blocking" algorithm으로 하나의 subscriber로부터 new message (newcomer) 전송 전에 전송 시도를 허가하는 message들이 모두 존재할 때까지 기다려야 한다. 만약 RQ=0인 위치가 선택된 하나의 slot이 존재한다면, newcomer는 slot 전송을 허락한다. 만약 RQ=0이 아닌 slot이 존재한다거나 slot 위치가 존재하지 않는다면, newcomer는 진입하는 것이 봉쇄된다. Head-end는 이 방법에 부합하는 RQ=0이고 parameter "R"영역을 계산하여 slot의 할당하는 것을 처리할 수 있다.

algorithm의 실행은 subscriber가 한번에 동시에 발생하는 contention 전송 slot의 register 표시 위치를 일반적으로 지속하는 것을 요구한다. 이 표시는 Cluster 이내의 subscriber의 전송 slot 식별자를 위한 head-end에 의해 보내는 RQ value와 결합된다.[5]

4. 분기수에 따른 성능평가

분기수에 따른 Tree algorithm의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 이때 분기수는 1부터 10까지로 하고, 그림2.의 순서도에 의한 프로그램들 각각의 분기수에 의해 랜덤하게 500번씩 처리한다. 그 처리 값의 평균으로 결과를 나타낸다.



- Cv : Collision이 발생된 위치의 값
- Rs : RQ Value의 Length
- Cc : Collision 개수
- Cs : Cluster의 Length
- Sv : Stack에 있는 값

그림2. 성능평가를 위한 순서도

아래의 표1은 분기수에 따른 Tree algorithm의 성능평가를 위한 parameter이다.

표 1. 성능평가를 위한 Parameter

Cluster 개수	32 (0-31)
분기수	입력받아 처리
RQ Value Size	분기수 + random(Cluster 개수/3) (여기서 "Cluster/3"은 3:1의 경쟁)

이때 Cluster 개수로 가입자망 표준화 기구에서 일반적으로 16 혹은 32 분기율로 채택하고 있기때문에 여기에서는 32를 선정하였다. 그리고 경쟁률은 3배로 가정하였다.

다음 그림들은 분기수에 따른 처리시간과 스택에 남아 있는 slot개수로 성능평가한 결과들이다.

그림3.는 분기수를 1부터 10까지를 받아들여 각각에 대한 시뮬레이션을 한 후, 그것에 대한 Depth를 표시하였다. Depth라는 것은 Cluster가 다 처리 될 때까지의 시간을 의미한다. 위의 그림에서도 알 수 있듯이 분기수가 3 또는 4에서 처리 시간이 가장 짧다는 것을 확인할 수 있었다.

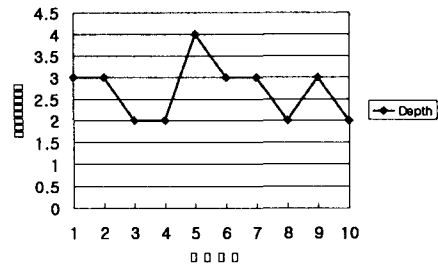


그림 3. 분기수에 따른 평균지연 시간

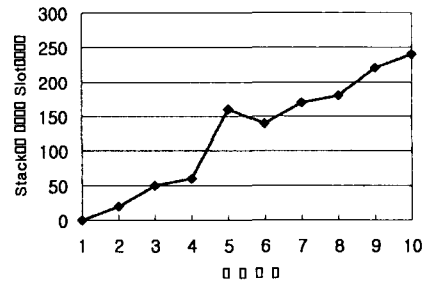


그림 4. 분기수에 따라 Stack에 남아 있는 Slot의 수

그림 4.는 분기수에 따라 처리된 후, Stack에 남은 Slot의 개수이다. Stack에서의 위치는 그 스테이션이 재전송을 요구하기까지 기다려야 할 Slot의 수를 나타낸다. 이 Slot 개수는 다음의 Cluster 처리에 영향을 미치게 된다. 그러므로 Stack에 남아 있는 Slot개수가 적을수록 효율이 큰 것이다. 그림4.에서 보듯이 분기수가 커질수록 Stack에 남아 있는 Slot개수도 많아지게 된다. 따라서 위의 두 그림을 참조할 때 시뮬레이션 결과로 분기수가 3일 때 최대 효율을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

HFC구조의 CATV망이 광대역 통신망의 하부구조로 발전하기 위해서는 기존 서비스 및 신규 서비스를 통합적으로 제공할 수 있도록 수 Mbps에서 수십 Mbps의 양방향 대역을 제공할 수 있는 기술이 필요하다. 또한 서비스 유형에 따라 달라지는 다양한 QOS를 지원할 수 있어야 하고, 기존 액세스 링크의 구성 및 가입자 분포, 서비스 수요에 따른 융통성, 적기성을 가져야 하며, 초고속 통신망으로 진화할 수 있도록 점진적인 망 진화가 가능한 구조로 발전해야 한다. 이를 위해서는 HFC구조에 맞는 MAC 프로토콜이 필수적이다. 필요로 되어서는 MAC 프로토콜은 가입자들이 상·하향 대역을 공유하게 되므로 가입자의 데이터 충돌을 방지하고, 제한된 상향 채널의 효율적인 액세스 및 대역폭을 공평하게 할당해 줄 수 있어야 한다. 특히 MAC 프로토콜은 HFC구조의 특성 때문에 하향전송은 방송인 반면에 상향 전송은 대역할당 요구에 대한 중재가 필요하고 이는 충돌 방지를 의미한다.[1]

HFC망의 MAC 프로토콜 구성요소 중 경합중재 알고리즘이 있다. 이 중 상향 채널에 잡음이 없는 이상적인 상황에서 우수한 soft-blocking방법 중의 하나인 Tree-Algorithm을 알고 있다. 여기에서도 Ternary-based Tree Algorithm을 이상적으로 보고 있다.

본 논문에서는 Tree Algorithm을 분기수에 따른 성능평가 해보았다. 실제로 분기수가 3에서 처리 시간이 짧았고, Stack에 남아 있는 처리될 Slot의 수도 적어서 이상적임이 증명되었다.

앞으로는 이 결과를 이용하여 HFC망이 아닌 ATM-PON(Passive Optical Network)망에 적합한 경합중재 알고리즘을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 조해성, 정광일, 양선희, 정경택, 진병실, "Data Slot Allocation Algorithm for MAC protocol on HFC networks," December 12, 1997.
- [2] Chatschik Bisdikian, "MLAP: A MAC Level Access Protocol for the HFC 802.14 Network," IEEE Commun. Mag., March 1996, pp. 114~120.

- [3] James E. Dail, Miguel A. Dajer et al., "Adaptive Digital Access Protocol: A MAC Protocol for Multiservice Broadband Access Network," IEEE Commun Mag., March 1996, pp. 104~111.
- [4] "The UPSTREAMS Protocol for HFC Networks Revision 2," contr. no. IEEE802.14-95/152R2
- [5] SCTE Data Standards Subcommittee Working Group E Contribution, "The Current of Converged 802.14 MAC Protocol," December 2, 1996.
- [6] L. Merakos, C. Bisdikian, "Delay analysis of the n-ary stack random-access algorithm," in IEEE trans. on Information Theory, vol IT-34, pp 931-942, 1988.
- [7] Philippe Jacquet, Paul Muhlethaler, Philippe Robert, "Performance implementation of tree collision resolution on CATV network," April 19, 1996.
- [8] P. Mathys, P. Flajolet, "Q-ary collision resolution algorithm in random-access system with or blocked channel access," in IEEE Trans. on Information Theory, vol IT-31, pp 217-245, 1985.