DBpia

논문 99-24-7B-5 한국통신학회논문지 '99-7 Vol.24 No.7B

우선 순위를 고려한 HFC 망의 충돌 해소 알고리즘

정회원 김 변 곤*, 박 준 성*, 정 경 택**, 전 병 실*

Priority Collision Resolution Algorithm on HFC Networks

Byeun-Gon Kim*, Jun-Seong Park*, Kyung-Taek Chung**, Byoung-Sil Chon* *Regular Members*

요 약

HFC(Hybrid Fiber Coaxial) 망의 구조는 광케이블 구간과 동축케이블 구간으로 구분되는데 헤드엔드에서 광 노드까지의 주요 트렁크 부분은 광케이블로 설치되고 광 노드에서 가입자까지의 부분은 동축케이블로 구성된다. HFC 망의 형태는 광케이블 전송구간은 성형(Star)구조를 갖으며 동축 전송구간은 수지분기형(Tree and Branch)구조로 되어 있다. HFC 망의 상향 채널에는 구조적인 특성에 따라, 유입잡음, 공통모드 왜곡, 임펄스 노이즈, 백색잡음 등 여러 가지 노이즈가 존재한다.

다양한 서비스의 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위해서는 서비스 특성에 따른 우선순위를 제공할 필요가 있다. 예를들면 화상전화나 VOD와 같은 지연시간에 민감한 서비스에는 높은 우선순위를 제공한다.

본 논문에서는 다수의 가입자가 HFC 망의 상향채널을 공유하기 위한 MAC 프로토콜의 구성 요소들 중 여러 주거형 가입자들이 상향채널을 액세스하고 가입자간에 충돌이 발생하였을 경우 이를 해결하기 위한 서비스별 우선순위를 고려한 충돌 해소 알고리즘을 제안한다. 제안된 충돌 해소 알고리즘은 데이터 슬롯 할당 요구 메시지의 특성에 따른 우선순위를 고려한 알고리즘으로서 구현이 용이하고 채널 사용이 효율적이며 기존 알고리즘의 문제점으로 제기된 HFC 전송망의 상향 채널에 존재하는 유입잡음, 공통모드 왜곡, 임펄스 노이즈 등 여러 가지 잡음으로 발생하는 헤드엔드의 충돌 검출 오류로 인한 상향 채널의 낭비를 줄이며 다중 충돌을 억제하는데 최적화된 알고리즘이다.

ABSTRACT

The HFC network has a architecture of a star topology in fiber optic trunks, and tree and branch topology is used in the part of coaxial cable. It is well known that the HFC upstream channel is noisy. Ingress, common mode distortion and impulse noise exist in the upstream channel.In order to provide Quality of Service(QoS) to users with real-time data such as voice, video and interactive services, the evolving IEEE 802.14 standard for HFC networks must include an effective priority scheme. The scheme separates and resolves collisions between stations in a priority order.

It is important to simulate protocols under a practical environment. The proposed algorithm in this paper is simulated with the assumption that the collision detector made certain mistake due to noises. Simulation results show that the proposed algorithm is more efficient than existing tree-based algorithm under practical environment.

Ⅰ. 서 론

고도 정보화시대에 진입하면서 각국은 국가, 사회 정보화를 촉진하여 국가경쟁력을 제고하고자 정보고속도로를 구축하고 있으며 정보산업의 육성을 도모하고 있다. 따라서 국내에서도 종합유선방송과 위성방송 등 뉴 미디어 서비스의 다매체, 다채널 시대가 시작되어 최근 전화선로를 사용한 VOD(Video-On-Deman-d), CATV나 대화형 오락(Interactive Enter-

* 전북대학교 전자공학과(bschon@moak.chonbuk.ac.kr),
논문번호 : 98461-1020, 접수일자 : 1998년 10월 20일
**군산대학교 전자공학과(eoe604@ks.kunsan.ac.kr)

www.dbpia.co.kr

tain-ment), 화상회의(Video Conferencing) 등 대화형 멀티미디어 서비스를 도입하기 위한 기술개발이 진행되고 있다. 그 방법으로서 기존 시설을 최대한 활용하여 신규 서비스를 제공하기 위한 여러 가지 기술이나 망구조에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있고, 그 중에서 가장 관심을 끌고 있는 망 구조 중의 하나가 CATV 전송망의 일종인 HFC(Hybrid Fiber Coaxial)망이다.

HFC 망에 대한 표준화는 IEEE 802.14 그룹, DAVIC, ATM Forum 등에서 주도하고 있으며 최근에는 인터넷 접속을 위한 IETF(Internet Engineering Task Force)와 CATV 사업체들에서 표준화를 의욕적으로 추진하고 있다. IEEE 802.14 그룹에서는 통합 멀티미디어 서비스 제공을 목표로 하고 있고, DAVIC 및 CATV사업체 그리고 ATM Forum에서는 주로 VOD(Video-on-Demand)류의 디지털 엔터테인먼트 비디오 전달이나 케이블을 통한 N-ISDN 전화 제공 및 데이터 서비스 제공에 초점을 맞추고 있다[1, 2, 3].

HFC 망의 구조는 광케이블 구간과 동축케이블 구간으로 구분되는데, 헤드엔드에서 광 노드까지의 주요 트렁크 부분은 광케이블로 설치되고 광 노드에서 가입자까지의 부분은 동축케이블로 구성된다. 이러한 구조는 여러 가입자들간에 제한된 상향 채널의 효율적인 액세스 및 대역폭을 공평하게 할당해 주고, 또한 여러 가입자단에서 동시에 상향 채널을 액세스 할 때 발생되는 충돌을 해결하기 위해 MAC 프로토콜이 요구된다. MAC의 구성 요소에는 데이터 프레임의 구조, 대역폭 할당, 대역폭 요구, 상위계층 트래픽 클래스의 지원, 충돌 해소 메커니즘 등이 있는데 이들 요소들이 서로 밀접하게 연관되어 있다. 그림 1은 일반적인 HFC 망의 구조를 나타낸다.

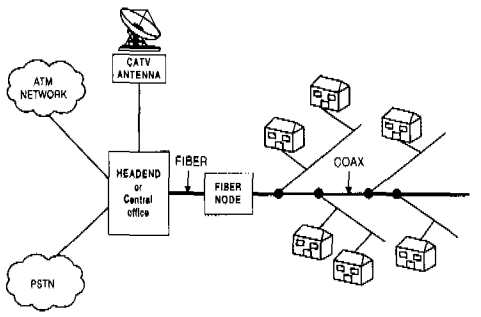

그림 1. HFC 망의 일반적인 구조

HFC 망의 형태는 광케이블 전송구간은 성형(Star)구조를 갖으며 동축 전송구간은 수지분기형(Tree and Branch)구조로 되어 있다. 그리고 동축케이블 구간의 수지분기형 특성으로 인하여 상향채널에 연결된 다수의 가입자 댁내에서 발생한 다양한 노이즈들이 한곳의 헤드엔드로 모아지는 현상이 발생하게 되는데 이런 현상을 깔때기 현상(Funneling)이라고 한다. HFC 망에서 깔때기 현상은 상·하향 채널 간의 전송 속도 차이의 원인이 되며 헤드엔드에 존재하는 충돌 검출기가 노이즈로 인하여 상향 채널에서 발생하는 충돌을 완벽하게 검출할 수 없도록 하는 주요 원인이 된다. HFC 망의 상향 채널에는 유입잡음, 공통모드 왜곡, 임펄스 노이즈, 화이트 노이즈 등 여러 가지 노이즈가 존재한다[4, 5].

본 논문에서는 다수의 가입자가 HFC 망의 상향 채널을 공유하기 위한 MAC 프로토콜의 여러 구성요소 중 여러 주거형 가입자들이 상향채널을 액세스하는 과정에서 발생하는 충돌을 충돌을 해결하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 충돌 해소 알고리즘은 기존 알고리즘의 문제점으로 제기된 HFC 전송망의 상향 채널에 존재하는 유입잡음, 공통모드 왜곡, 임펄스 노이즈 등 여러 가지 잡음으로 인한 헤드엔드의 충돌 검출 오류를 보완하고 데이터 슬롯 할당 요구 메시지의 특성에 따른 우선순위를 고려한 알고리즘으로서 구현이 용이하고, 채널 사용이 효율적이며 다중 충돌을 억제하는데 최적화된 알고리즘이다.

제안된 경합 중재 알고리즘의 성능평가는 충돌검출기의 오류를 0%, 5%, 10%로 가정하고, 서비스별 우선순위는 두 가지의 클래스로 구분하여 시뮬레이션을 실시하였다.

Ⅱ. 트리기반 우선순위 충돌 해소 알고리즘

HFC 망의 MAC 프로토콜 구성요소 중 충돌 해소 알고리즘은 여러 가입자 스테이션들이 상향 채널을 공유함으로 인하여 어느 한 경쟁 슬롯에 여러 가입자 스테이션들이 동시에 액세스함으로써 발생되는 메시지나 데이터의 충돌을 해결하는 메커니즘이다. 충돌 해소 알고리즘 방식에는 새로운 메시지 대책에 따라 크게 세 가지가 있는데, 새로운 메시지를 프레임의 충돌을 해결하기 위한 슬롯과 같이 할당하는 non-blocking 방법과, 충돌된 슬롯이 모두 해결되고 새로운 경쟁을 위한 슬롯이 남았을 때 이 메시지에 대한 슬롯을 할당하는 blocking 방법, 충

www.dbpia.co.kr

돌 해결에 필요한 슬롯을 제외한 나머지 경쟁 슬롯에 엑세스할 수 있는 확률 값을 가지고 새로운 메시지 요구에 대한 슬롯 할당을 조절하는 soft-blocking 방법이 있다.

ms-START(multi-slot n-ary STack AlgoRi-Thm)은 가상 스택의 개념을 사용하여 충돌을 해결하는 알고리즘으로서 헤드엔드로부터 충돌/비충돌에 대한 피드백 정보로 알고리즘이 운영된다. 그리고 충돌이 발생한 경쟁 슬롯에 대해서는 다음 프레임에 n개의 경쟁 슬롯을 할당하고 부족한 슬롯은 가상 스택을 사용하여 그 다음 프레임의 경쟁 슬롯을 할당하는 방식이다[2]. 또한 이 알고리즘은 이전 프레임에서 충돌이 발생한 스테이션에게 우선적으로 경쟁 슬롯을 할당하는 blocking 알고리즘으로 가상의 스택 구조로 인하여 가장 먼저 진입한 스테이션이 가장 늦게 슬롯을 할당받는 단점이 있다. 그리고 충돌이 일어난 스테이션을 우선적으로 할당하기 때문에 새롭게 활성화된 스테이션들은 충돌이 완전히 해소되어 경쟁 슬롯이 유용할 때까지 기다려야 한다. 따라서 지연시간이 길어질 수 있다[6]. 다음 tree-based 알고리즘은 ms-ST-ART 알고리즘과 같은 구조를 가지고 있으나 충돌해소 방법에 있어서 soft-blocking 방법을 사용하고 있다. 마지막으로 트리기반 우선순위 충돌 해소 알고리즘은 서비스 종류에 따른 메시지에 우선순위를 부여한 알고리즘으로서 높은 우선순위의 스테이션들이 대역폭 요구와 할당을 먼저 서비스 받을 수 있도록 하였다[7, 8]. 높은 우선순위의 새로운 요구들이 블로킹으로 인하여 지연되지 않도록 하고 높은 우선순위의 스테이션들이 낮은 우선순위의 스테이션 들과 함께 경쟁하지 않고 높은 우선순위의 요구 전송을 방해받지 않도록 하였다. 이 알고리즘의 프레임 형태는 그림 2-1과 같다.

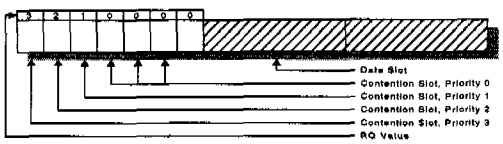

그림 2-1. 트리기반 우선순위 프레임 구조

각각의 경쟁 슬롯은 각 우선순위에 하나씩 할당되는데 그것은 낮은 우선순위가 채널을 접근함으로서 높은 우선순위의 트랙픽이 블록킹되지 않도록 하기 위한 것이며 이것을 PNA(Priority Newcomer Access)라 한다. 충돌 해소는 낮은 우선순위들의 간섭을 막기위해 우선순위에 따라 분리하여 수행하고, 충돌이 발생하면 다음 프레임에서 세개의 슬롯을 할당한다. 각 프레임에서 이용 가능한 경쟁 슬롯들의 개수가 충돌 해소와 새로운 접근(Newcomer)을 위하여 필요로 하는 모든 슬롯들을 충분히 수용할 수 없을경우 스택을 사용하여 다음 프레임에서 슬롯을 할당한다.

그림 2-2는 트리기반 우선순위 충돌해소 알고리즘의 예를 보여주고 있다.

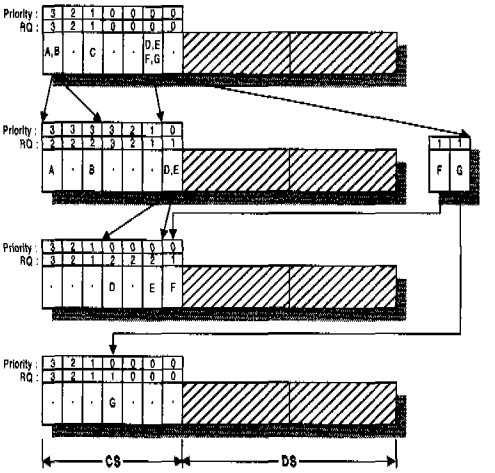

그림 2-2. 트리기반 우선순위 충돌 해소 알고리즘

Ⅲ. 제안된 충돌 해소 알고리즘

제안된 충돌 해소 알고리즘은 HFC 전송망의 상향 채널에 존재하는 유입잡음, 공통모드 왜곡, 임펄스 노이즈 등 여러 가지 잡음으로 인한 헤드엔드의 충돌 검출 오류를 고려한 알고리즘이다. 충돌 검출 오류로 인한 상향 채널의 미니 슬롯의 낭비를 줄임으로서 채널 사용이 효율적이며 다중 충돌을 억제하는데 최적화된 알고리즘이다. 또한 데이터 슬롯 할당 요구 메시지의 특성에 따른 우선순위를 고려한 알고리즘이다. 우선순위는 요구 메시지의 QoS에 따라 주어지는데, 예를들면 화상전화나 VOD와 같은 지연시간에 민감한 서비스에는 높은 우선순위가 주어지고 데이터 통신 같은 손실에 민감한 서비스에는 낮은 우선순위가 주어진다.

현재 IEEE 802.14 초안설계 규격서에서 스테이션들은 상향채널의 CS(Contention Slot)의 일부인 QI(Queue Identifier)를 사용하여 그들의 트래픽 유형을 나타낼 수 있도록 하였으나 아직은 QI에 대하여 정확한 지침이 없고 이것을 일종의 트래픽 우선

www.dbpia.co.kr

순위 레벨로 사용할 수 있도록 할 예정이다. 현재 IEEE 802.14 초안설계에는 다음의 두 가지 문제점을 보안해야 한다.

첫째, 경쟁하는 동안 모든 스테이션들은 그들의 우선순위에 관계없이 동등하게 취급되고 새롭게 접근하는 스테이션들은 확장된 주기 동안 쉽게 블로킹될 수 있기 때문에 높은 우선순위를 갖는 스테이션들은 많은 지연을 초래할 수 있다. 높은 우선순위 요구가 채널을 접근할 때 블로킹되거나 낮은 우선순위의 트래픽에서 많은 수의 충돌이 발생한다면 스케쥴러가 적은 접근 지연을 갖도록 높은 우선순위 요구를 먼저 서비스할 수 없게 된다.

둘째, MAC은 높은 우선순위의 스테이션들에게 즉시 채널을 접근할 수 있는 구조를 제공하지 않고 우선순위의 순서로 구분하거나 충돌을 해결하지 않는다. 따라서 효율적인 우선순위 접근을 실현하기 위하여 헤드엔드는 서로 다른 우선순위들의 스테이션들에게 대역폭을 할당할 때 높은 우선순위 접근을 먼저 서비스할 수 있는 스케쥴러를 사용하고, 높은 우선순위의 스테이션들이 낮은 우선순위들의 간섭 없이 대역폭 요구를 전송할 수 있는 프로토콜이 마련되어야 한다.

HFC 망의 구조는 동축케이블 구간이 수지 분기형 구조로 되어있기 때문에 잡음이 한곳에 집중하는 깔때기 현상이 발생하고 여러 가지 유입잡음으로 인해 잡음이 많이 존재하는 구조를 가지고 있다. IEEE 802.14 규격서에는 데이터 슬롯의 FEC(Forward Error Correction) 에 대한 표준화 방안이 마련 되어있으나 미니 슬롯에 대한 에러 대책은 아직 마련 되어있지 않은 실정이다. 실제의 HFC 망 환경에서는 유입 잡음, 백색 잡음, 임펄스 잡음 등 여러 가지 잡음들이 상향 채널에 존재하게 되는데 이러한 잡음들로 인하여 헤드엔드의 충돌 검출기가 검출 오류를 일으킬 수 있다. 헤드엔드의 충돌 검출기가 검출 오류를 발생하면 다음 프레임에서 미니 슬롯을 할당함으로서 미니슬롯의 낭비를 초래할 수 있다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 충돌 검출기가 검출 오류를 일으킬 가능성이 있는 실제적 환경을 고려하여 n개의 슬롯에서 충돌이 검출될 경우 다음 프레임에서 $3\times n$ 개의 슬롯을 할당하지 않고, $2.4\times n$ 개의 슬롯을 할당함으로써 상향 채널에서 미니슬롯의 낭비를 줄일 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 또한 높은 우선순위의 스테이션들에게 즉시 채널을 접근할 수 있는 구조를 제공하기 위한 충돌 해소 알고리즘이다.

1. 헤드엔드 제어 알고리즘

헤드엔드는 높은 우선 순위 메시지의 지연 시간을 작게하고 모든 스테이션이 공평하게 대역을 할당 받을 수 있도록 데이터 슬롯과 미니 슬롯을 할당한다. 데이터 슬롯은 다른 스테이션의 간섭없이 데이터를 전송하기 위해 예약되는 슬롯이고, 미니 슬롯은 모든 스테이션에서 대역폭 요구 메시지를 전송하기 위해 경쟁하는 슬롯이다. 헤드엔드는 충돌없이 수신된 대역폭 요구 메시지의 우선 순위에 따라 데이터 슬롯을 할당하고, 미니 슬롯을 액세스 하기 위한 제어 파라미터를 계산하여 모든 스테이션에게 하향 채널을 통해서 전송한다. 수신된 상향 프레임의 미니 슬롯으로부터 얻은 정보(ColHNew, ColHCen, ColLNew, ColLCen)를 기반으로 하여 $R0_H$, $R0_L$, $R1_H$, $R1_L$, $R0N_L$, StackNum 등의 제어 파라미터를 다음과 같이 구한다. $R1_H$는 높은 우선순위 메시지의 충돌을 해소하기 위해 다음 프레임에서 최우선적으로 할당되고 크기는 $3\times$ColNumH 이다. 높은 우선순위 메시지를 위한 영역은 전체적으로 작은 영역을 차지하고 있으므로, 충돌 검출기의 오류로 인해서 정상 슬롯을 충돌 슬롯으로 잘못 인식할 확률이 매우 적다. 따라서 충돌이 발생하면 3개의 슬롯을 할당한다. 그러나 낮은 우선순위 메시지를 위한 영역은 충돌 검출기가 오류를 발생할 확률이 크기 때문에 충돌 슬롯에 3개의 슬롯을 할당하면 대역폭의 낭비하게 되므로 충돌 슬롯에 $(e\text{-}1)/(e\text{-}2)$ 개의 슬롯을 할당한다. StackNum은 높은 우선순위의 새로운 메시지를 위한 슬롯과 충돌을 해소 하기 위한 슬롯을 다음 프레임에 모두 할당할 수 없을 경우 다다음 프레임에 할당하기 위한 슬롯의 개수이다. 마지막으로 낮은 우선순위의 새로운 메시지를 위한 슬롯은 다음 프레임의 미니 슬롯에 여분이 있을경우에 할당된다. 그림 3-1은 제안된 충돌 해소 알고리즘의 상향 프레임 구조와 제어 파라미터를 나타낸다.

$R1_H = 3 \times$ ColNumH(ColHNew+ColHCen)
if $R1_H >=$ MS(n+1)
    $R0_H = 0$
else
    $R0_H =$ PNA
$R1_L=(e\text{-}1)/(e\text{-}2)\times$ColNumL(ColLNew+ColLCen)
StackNum = $(R1_H+R0_H+R1_L)$ - MS(n+1)
if StackNum < 0
    StackNum = 0

www.dbpia.co.kr

$R0_L$ = MS(n+1) - ($R1_H$+$R0_H$+Rl_L+stackNum)
if $R0_L$ < 0
$R0_L$ = 0

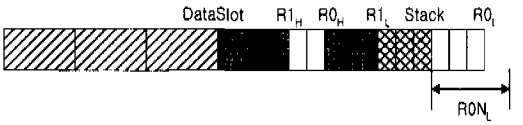

그림 3-1. 상향 프레임의 구조와 파라미터

헤드엔드에서는 대역폭의 효율적인 사용을 위하여 ColLNew와 $R0_L$로부터 얻은 정보를 기반으로 하여 레인지 파라미터 $R0N_L$를 다음 식에 의해 계산한다. 레인지 파라미터는 새로운 메시지의 전송확률을 계산하는 곳에 사용되고 전송 확률은 $R0_L$/R0 N_L이 된다. 레인지 파라미터는 한꺼번에 많은 메시지 전송으로 인한 충돌을 방지하기 위한 것으로서 soft-blocking 방법이 된다.

$$R0N_L(n+1) = \max\{\min\{N,\ R0N_L(n) - R0_L(n) + \frac{e-1}{e-2} \times ColLNew(n) + \frac{R0_L(n)}{e}\},\ R0_L(n+1)\}$$

N : 스테이션의 최대 수

$R0_L$: 낮은 우선순위를 가진 스테이션에서 새롭게 활성 화된 스테이션을 위해 할당된 미니 슬롯의 갯수

ColLNew : 낮은 우선순위를 가진 새로운 메시지 영역에서 충돌된 미니 슬롯의 수

PNA : 높은우선순위의 새로운 요구를 위한 경쟁슬롯 수.

2. 스테이션 제어 알고리즘

스테이션 제어 알고리즘은 헤드엔드로부터 하향 프레임의 제어 파라미터 정보를 이용하여 미니 슬롯을 액세스 하기 위한 알고리즘이다. 스테이션에서 새로운 메시지가 발생하면 우선순위가 높은 메시지는 $R0_H$ 영역에 데이터 슬롯 요구 메시지를 전송하고, 우선순위가 낮은 메시지는 1에서 $R0N_L$ 사이의 랜덤 넘버 $N0_L$를 선택해서 이 값이 $R0_L$의 영역내에 있으면 대역폭 요구 메시지를 $N0_L$번째 미니 슬롯에 실어 전송하고 선택한 값이 $R0_L$의 영역 밖에 존재하는 경우는 현재의 사이클에 전송하지 못하고 이 처리과정을 되풀이 한다. 즉, 우선 순위가 낮은 메시지는 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 soft-blocking 방법으로 새로운 메시지를 전송한다.

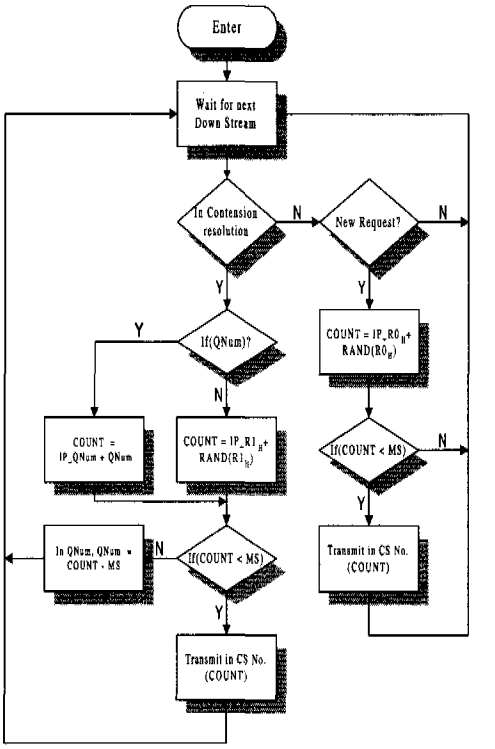

그림 3-2. 제안된 알고리즘의 흐름도(높은 우선순위)

스테이션에서 상향 프레임의 미니 슬롯을 액세스 하여 데이터 슬롯 요구 메시지 전송이 성공하면 헤드엔드는 하향 프레임을 통해 해당 스테이션에게 긍정의 승인 신호를 전송한다. 긍정의 승인신호를 받은 스테이션은 해당 데이터 슬롯을 기다린 다음 데이터를 전송한다. 그리고 스테이션이 데이터슬롯 요구 메시지를 전송하였으나 헤드엔드로부터 긍정의 승인 신호를 받지 못한 경우는 충돌 해소 과정에 진입한다. 충돌 해소 과정은 다음과 같다. 우선순위가 높은 메시지는 1에서 $R1_H$ 사이의 랜덤 넘버 $N1_H$을 선택해서 이 값이 MS의 영역 내에 있으면 $N1_H$번째 미니 슬롯에 대역폭 요구 메시지를 전송하고 선택한 값이 MS의 영역 밖에 존재하는 경우에는 스택에 저장한 후 다음 슬롯에 데이터슬롯 요구 메시지를 전송하게 된다. 우선순위가 낮은 메시지의 경우도 우선순위가 높은 메시지의 경우와 같은데 다만 그 영역은 $R1_L$이 된다.

그림 3-2는 제안된 알고리즘의 높은 우선 순위 스테이션의 전송 흐름도를 나타낸다. 낮은 우선 순위 스테이션의 경우도 영역 파라미터 값이 다를 뿐

www.dbpia.co.kr

같은 방식을 통해서 메시지 전송을 수행한다.

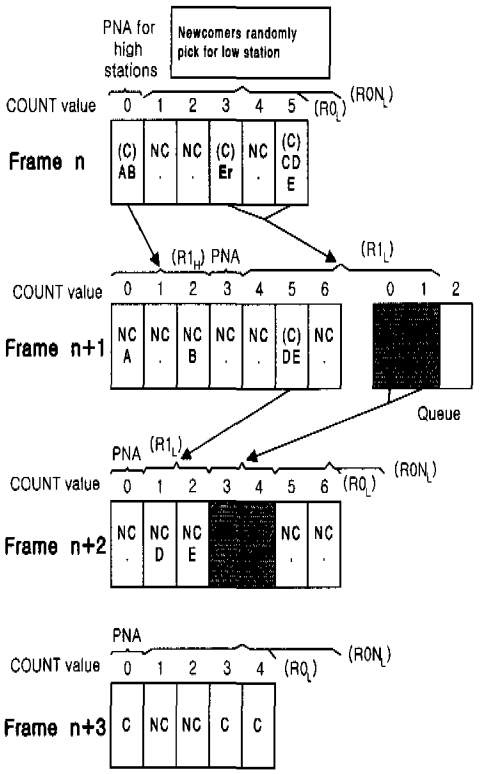

그림 3-3. 제안된 알고리즘의 예

그림 3-3는 제안된 알고리즘의 운영 예를 보여주고 있다. 프레임 n의 전송된 슬롯 중 우선순위가 높은 슬롯 0번 그리고 우선순위가 낮은 슬롯 3번과 5번에서 충돌이 발생했다. 따라서 프레임 n+1에서는 충돌을 해결하기 위한 영역이 각각의 우선순위에 따라 ($R1_H$, $R1_L$)으로 할당되었으며, 이들 영역을 할당하기 위한 슬롯 수가 부족하기 때문에 다음 프레임에 전송하기 위해 큐에 저장된다. 메시지 A를 전송한 스테이션은 1에서 R1H(3) 사이의 랜덤 넘버 1을 선택하였고, 메시지 B를 전송한 스테이션은 랜덤 넘버 3를 선택한 경우를 보여주고 있다. 슬롯 3번은 헤드엔드의 충돌 검출기의 오류로 인해 충돌로 잘못인식하는 경우를 보여주고 있으며, 메시지 C, D, E를 전송한 스테이션들은 1에서 R1L(5) 사이의 랜덤 넘버중 5, 2, 2를 선택한 경우를 보여주고 있으며, 메시지를 전송하기 위한 슬롯 넘버는 8(3+1), 5(3+2), 5(3+2)이 된다. 메시지 C를 전송하기 위한 슬롯 넘버(8)가 MS(6) 보다 크기 때문에 메시지 C의 스택 넘버는 2(8-6)가 되고, 다음 프레임(n+2)에서 전송하게 된다. 프레임 n+2도 같은 방식으로 미니 슬롯을 액세스 하며 모든 슬롯에서 충돌이 발생하지 않았다. 마지막으로 낮은 우선순위의 새로운 메시지는 상향 채널의 효율적인 사용을 위하여 soft-blocking 방법으로 미니 슬롯을 액세스 한다.

Ⅳ. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 위한 트래픽 모델은 256개의 스테이션들이 거리상으로 균일한 분포를 갖고 각 스테이션들은 지수함수적인 분포를 갖는 유니폼한 데이터 슬롯 요구 메시지가 발생된다고 가정하였다. 만약 어떤 스테이션에서 데이터 슬롯 요구 메시지가 발생하면, 미니 슬롯을 액세스하여 메시지를 헤드엔드에 정송하는 경쟁에 참여한다. 이때 충돌이 발생하지 않으면, 헤드엔드는 긍정의 승인 신호와 데이터 슬롯 할당 정보를 하향 채널을 통해 전송한다. 스테이션은 승인 신호와 데이터 슬롯 할당 정보를 수신받아 데이터 슬롯에 정보를 전송한다. 스테이션은 승인 신호를 수신받지 못하면 충돌을 해소 하기위한 충돌 해소 처리 과정에 참여한다. 성능평가를 위한 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 성능평가를 위한 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
스테이션 수	256
스테이션간의 분포	균일하게 분포됨
상향 데이터 전송률	3 Mbit/s
하향 데이터 전송률	제한 없음
데이터슬롯 크기	64 byte
미니슬롯 크기	16 byte
DS/MS 비	1/4
표준 사이클 크기	18 DS/3.072 ms
헤드엔드 처리지연	0
충돌 검출 에러 비율	0% / 5% / 10%
PNA Number	1 / 3 / 5
우선순위 비율(H : L)	0.2 : 0.8

제안된 충돌해소 알고리즘은 헤드엔드의 충돌 검출기의 에러가 0%, 5%, 10% 일 때 데이터 슬롯 요구 메시지의 우선순위에 따른 스테이션의 경쟁 참여 및 헤드엔드의 충돌해소 알고리즘을 수행하였다. 우선순위가 높은 메시지는 헤드엔드의 충돌 검

www.dbpia.co.kr

출기의 에러가 있는 상황이나 없는 상황이 거의 유사하고, High PNA 숫자에 따라 영향을 받는다.

그림 4-1은 PNA 개수에 따른 메시지의 평균지연 시간을 나타내는데 PNA가 적으면 우선순위가 높은 메시지의 평균 지연이 커지나 PNA를 크게하면 우선순위가 낮은 메시지의 평균 지연이 커지므로 High PNA는 1개나 3개가 적당하다는 것을 알 수 있다.

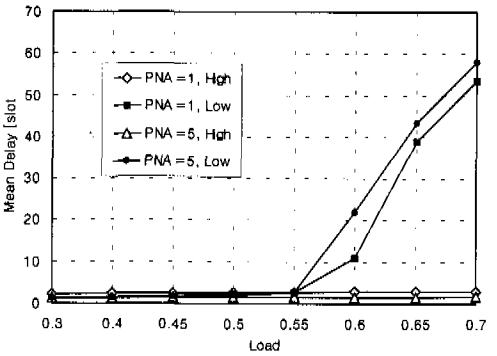

그림 4-1. 평균 지연 시간 : PNA = 1 and 5

그림 4-2는 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출 오류가 전혀 없는 이상적인 경우인데 제안된 알고리즘이 트리 기반 알고리즘 보다 전송지연이 커질 수 있으나, 입력 부하가 62% 이상에서 평균지연이 트리 기반 보다 적어짐을 알 수 있었다. 그림 4-3은 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출 오류가 5%일 경우인데 제안된 알고리즘이 입력 부하가 55% 이상부터 평균지연이 상당히 개선됨을 보여주고 있다. 그림 4-4는 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출 오류가 10%일 경우인데 제안된 알고리즘이 입력 부하가 50% 이상부터 역시 평균지연이 상당히 개선됨을 보여주고 있다.

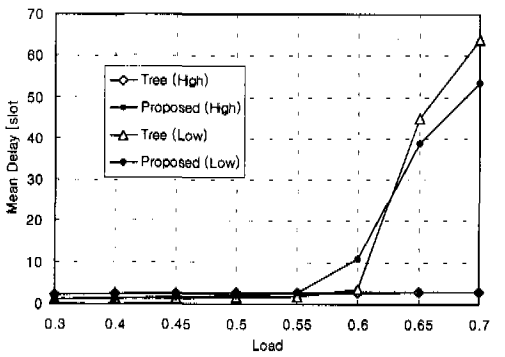

그림 4-2. 평균 지연 시간 : Error rate 0%

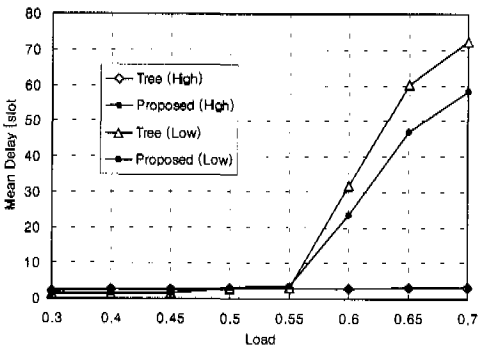

그림 4-3. 평균 지연 시간 : Error rate 5%

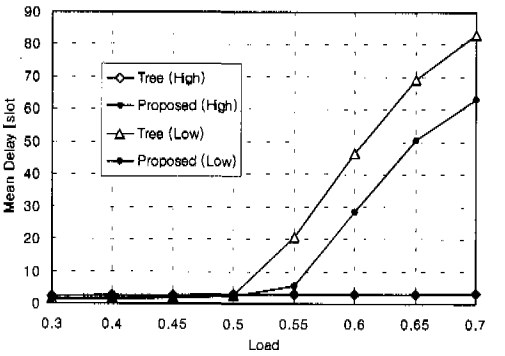

그림 4-4. 평균 지연 시간 : Error rate 10%

제안된 알고리즘은 충돌이 발생한 매 슬롯에 충돌을 해소 하기 위한 슬롯을 독립적으로 3개의 슬롯을 할당하지 않고, 전체 충돌 슬롯에 대해 (e-1)/(e-2) 배의 슬롯을 충돌을 해소 하기 위해 할당 하였다. 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출 오류가 0%일 경우는 충돌을 해소 하기위한 전체 슬롯이 적게 할당되므로 재 충돌 발생 확률이 증가하여 평균 지연 시간이 커질 수 있으며, 입력 부하가 62% 이상에서 평균 지연 시간이 트리 기반 보다 적게 나타난 것은 soft-blocking 방법을 이용하여 상향 채널을 효율적으로 사용하였기 때문이다. 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출 오류가 증가하면, 충돌을 해소 하기 위한 슬롯을 독립적으로 할당할 경우에는 어떤 슬롯이 검출 오류에 의한 충돌 슬롯인지를 알 수 없기 때문에 미니 슬롯의 낭비를 줄일 수 없다. 그러나 전체 충돌 슬롯에 대해 충돌을 해소 하기위한 슬롯을 할당할 경우에는 충돌을 해소 하기위한 슬롯 수를 검출 오류로 인한 충돌 슬롯을 감안하여 적은 슬롯을 할당 할 수 있다. 헤드엔드의 충돌 검출기의 검출 오류가 증가하면 실재로 충돌이 발생

www.dbpia.co.kr

한 슬롯 수는 검출된 슬롯 수 보다 작게되기 때문에, 제안된 알고리즘은 충돌을 해소 하기위한 슬롯을 줄이고 데이터 슬롯과 새로운 메시지의 액세스를 위한 슬롯을 보다 많이 할당하여 전송 지연을 줄이고 상향 채널을 효율적으로 이용할 수 있다.

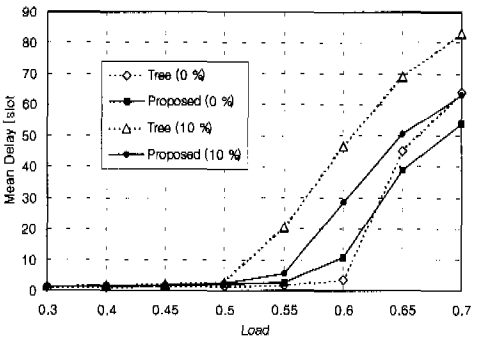

그림 4-5. 평균 지연 시간 : Error rate 0% and 10%

그림 4-5는 검출 오류가 0%, 10% 일 때를 낮은 우선순위 요구에 대한 부하와 평균지연을 나타낸 것이다. 따라서 제안된 알고리즘의 낮은 우선순위 메시지의 평균 지연은 트리 기반 알고리즘에 비해 에러가 존재하지 않는 상황에서는 클 수 있으나 에러가 존재하는 상황에서는 제안된 알고리즘의 평균 지연이 트리 기반 알고리즘 보다 작아짐을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 다수의 가입자가 HFC 망의 상향 채널을 공유하기 위한 MAC 프로토콜의 여러 구성 요소 중 여러 주거형 가입자들이 상향채널을 액세스하고 가입자간에 충돌이 발생하였을 경우 이를 해결하기 위한 서비스별 우선순위를 고려한 충돌 해소 알고리즘을 제안하였다. 또한 기존 알고리즘의 문제점으로 제기된 HFC 전송망의 상향 채널에 존재하는 유입잡음, 공통모드 왜곡, 임펄스 노이즈 등 여러 가지 잡음으로 인한 헤드엔드의 충돌 검출 오류를 보완하고 데이터 슬롯 할당 요구 메시지의 특성에 따른 우선순위를 고려한 알고리즘으로서 구현이 용이하고 채널 사용이 효율적이며 다중 충돌을 억제하는데 최적화된 알고리즘이다.

제안된 알고리즘은 우선순위가 높은 요구의 평균 지연 시간을 줄이고, 우선순위가 낮은 요구의 평균 지연 시간은 상향채널의 유입잡음으로 헤드엔드의 충돌 검출기의 오류와 슬롯의 낭비로 인하여 커지게 되는데 이를 보완하기 위한 알고리즘이다. 유입잡음으로 인한 에러환경은 우선순위가 낮은 요구가 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다. 본 논문에서 제안된 충돌 해소 알고리즘은 우선순위가 높은 요구의 평균지연 시간을 작게하고, 에러가 있는 환경에서 우선순위가 낮은 메시지의 평균지연 시간을 줄일 수 있는 상향 채널 제어 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

그 결과 충돌 검출기의 검출 오류 비율이 증가할수록 더 낮은 부하에서부터 평균지연이 증가하는 반면 이상적인 경우의 평균지연 차가 적어지면서 근사하게 접근함을 알 수 있었고 상향 채널에 존재하는 여러 가지 잡음으로 인하여 충돌 검출기가 이상적으로 수행할 수 없는 실제 환경을 고려한 상태에서 지연 특성이 트리기반 우선순위 알고리즘보다 우수함을 알 수 있었다

참 고 문 헌

[1] C. Bisdikian, B. McNeil, and R. Zeisz, "MLAP: A MAC Level Access Protocol for the HFC 802.14 Network," *IEEE Communications Magazine*, 34(3):114~121, March 1996.

[2] N. Golmie, M. Corner, J. Liebeherr, and D. Su., "Improvising the Effectiveness of ATM Traffic Control Over Hybrid Fiber-Coax Networks", *Proceedings of IEEE Globecom '97*, November 1997.

[3] IEEE 802.14 Working Group. Media Access and Control. *IEEE Std 802.14, Draft 2 Revision 2*, IEEE 802.14 Working Group, October 1997.

[4] 최정우, 박준성, 김변곤, 도경주, 정경택, 전병실, "HFC 망의 멀티미디어 서비스를 위한 우선순위 기법", *'98 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집*, vol. 17, no. 2, pp. 963~966.

[5] 박준성, 김변곤, 양선희, 정경택, 전병실, "HFC 전송망에서의 양방향 CATV 서비스를 위한 경합 중재 알고리즘", *'97 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집(下)*, vol. 16, no. 2, pp. 1059~1062.

[6] Dr. Chatschik Bisdikian, "Performance Analysis of the Multi-slot n-ary Stack Random Access Algorithm(msSTART)," *contribution to the IEEE 802.14 WG* no. IEEE 802.14-96/117, May

www.dbpia.co.kr

1996.

[7] Mark D. Corner, Nada Golmie, et al., "A Priority Scheme for the IEEE 802.14 MAC Protocol for Hybrid Fiber-Coax Networks," *IEEE INFOCOM* '98 Vol. 3, April 1998. pp. 1400~1407.

[8] B. McNeil. Implementation Overview of Tree-Based Algorithm. *Contribution No. IEEE 802.14/96-246*, IEEE 802.14 Working Group, November 1996.

[9] 김변곤, 박준성, 조해성, 양선희, 정경택, 전병실,"HFC 전송망의 양방향 서비스를 위한 충돌 해소 알고리즘", *한국통신학회 논문지*, Vol. 23, No. 9B, pp. 2461~2470, 1998.

김 변 곤(Byeun Gon Kim) 정회원
1990년 2월:한국 항공대학교 전자공학과(공학사)
1997년 2월:전북대학교 전자공학과(공학석사)
1997년~현재:전북대학교 전자공학과 박사과정
<주관심 분야> MAC 프로토콜, ATM 트래픽 제어

박 준 성(Jun Seong Park) 정회원
1996년 2월:군산대학교 전자공학과(공학사)
1998년 2월:전북대학교 전자공학과(공학석사)
1998년~현재:전북대학교 전자공학과 박사과정
<주관심 분야> MAC 프로토콜, ATM 교환기 구조

정 경 택(Kyung Taek Chung) 정회원
1982년 2월:전북대학교 전자공학과(공학사)
1984년 2월:전북대학교 전자공학과(공학석사)
1994년 2월:전북대학교 전자공학과(공학박사)
1995년~1996년:영국 Loughborough University Visiting Academics
1990년~현재:군산대학교 전자공학과 부교수
<주관심 분야> 병렬처리 컴퓨터, ATM 교환기술

전 병 실(Byoung Sil Chon) 정회원
1967년 2월:전북대학교 전자공학과(공학사)
1969년 2월:전북대학교 전자공학과(공학석사)
1974년 2월:전북대학교 전자공학과(공학박사)
1979년~1980년:미국 University Nortre Dame 객원교수
1974년~현재:전북대학교 전자공학과 교수
1998년 4월~9월:전북대학교 전기전자회로합성연구소 연구원 및 소장
1998년 9월~현재:전북대학교 학생처장
<주관심 분야>:병렬처리 컴퓨터, Interconnection Network, ATM 교환기술

www.dbpia.co.kr