

HFC 전송망의 양방향 서비스를 위한 충돌 해소 알고리즘

정희원 김변곤*, 박준성*, 조해성*, 양선희**, 정경택***, 전병실*

Contention Resolution Algorithm for Interactive Services on HFC Networks

Byeun-Gon Kim*, Jun-Seong Park*, Hae-Seong Cho, Sun-Hee Yang**,
Kyung-Taek Chung***, Byoung-Sil Chon* *Regular Members*

*본 논문은 한국 전자통신연구원 HAN/B-ISDN 체계종합 사업의 위탁 연구 수행 결과임

요 약

HFC(Hybrid Fiber Coax) 망에서 양방향 통합서비스를 제공하기 위해서는 물리 계층의 RF(Radio Frequency) 신호 변복조, MAC(Media Access Control) 프로토콜, 응용서비스별 RF 스펙트럼 할당구조, HFC 망의 주요 요소시스템 간의 인터페이스 등에 대한 표준규격이 지원되어야 한다. 일반적으로 HFC 망의 상향 채널은 유입 잡음, 임펄스 잡음, 백색 잡음 등이 존재한다. 그러므로 프로토콜을 실제적인 환경을 고려하는 것은 매우 중요하다. 본 논문에는 상향 채널에 존재하는 여러 가지 잡음으로 인하여 충돌검출기가 충돌오류를 일으킨다는 전제하에서 시뮬레이션을 수행하였다. 본 논문에서는 제안한 충돌 해소 알고리즘은 시뮬레이션을 통해 ms-START, tree-based, 그리고 adaptive p-persistence 알고리즘과 비교 분석 하였다. 시뮬레이션을 통한 성능 분석결과 제안된 충돌 해소 알고리즘이 상향 채널에 잡음이 존재하는 실제적인 환경에서 본 논문에서 제안한 충돌 해소 알고리즘이 효율적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

To provide interactive services in HFC(Hybrid Fiber Coax) networks, there must be supported a modulation and demodulation of RF(Radio Frequency) signal in physical layer, a MAC(Media Access Control) protocol, an allocation structure of RF spectrum of each applicable services, and standard regulation about each primary system interface in HFC network. It is well known that the HFC upstream channel is noisy. Ingress, common mode distortion, and impulse noise exist in the upstream channel. It is important to simulate protocols under an assumption that the collision detector can occur certain mistake due to noise. Simulation results show that the proposed contention resolution algorithm is more efficient than ms-START, tree-based, and adaptive p-persistence algorithm in practical environment.

I. 서 론

* 전북대학교 전자공학과
** 한국전자통신연구원 통신망구조연구실
*** 군산대학교 전자공학과
論文番號: 97462-1218
接受日字: 1998年 12月 18日

초고속 정보 통신망의 경제적인 구축을 위해서는
기존 통신망의 적절한 활용이 요구된다. 현재 국내
에서는 PSTN(Public Switched Telephone Network,)

N-ISDN(Narrow Band- Integrated Services Digital Network), 기업망 등 많은 독자적인 망들이 존재하고 있으며, 이들 망의 점진적인 발전 및 초고속 통신망으로의 효율적인 통합은 저조한 실정이다. 이러한 상황을 개선하기 위한 경제적 대안으로 많은 관심을 끌고 있는 전송망이 기존의 CATV(Cable TV) 전송망의 일종인 HFC(Hybrid Fiber Coax)망을 초고속 통신망의 하부망으로 사용하는 것이다.

HFC 액세스망에 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, CATV사업체 및, 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.

HFC망은 기존의 전송망을 수용하고 설치비용이나 셀의 확장, 광대역폭, 그리고 높은 신뢰성을 가지며 기존의 아날로그 TV 서비스 및 VOD, 인터넷 액세스를 할 수 있다. 하나의 HFC 세그먼트는 현재 500 가입자를 수용할 수 있으며, 가입자 스테이션들은 같은 케이블을 사용하기 때문에 하향 및 상향 대역폭을 공유하고 가입자들로부터 헤드엔드로 전송되는 상향 데이터의 충돌을 방지하기 위한 MAC(Medium Access Control) 프로토콜이 필요하게 된다. 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.

본 논문에서는 HFC망에서의 양방향 멀티미디어 서비스를 위한 MAC 프로토콜의 구성 요소 중 여러 주거형 가입자들의 상향 채널에서 발생하는 충돌을 해결하기 위한 충돌 해소 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 기존의 tree 기반 충돌 해소 알고리즘의 문제로 제기된 상향 채널에 존재하는 여러 가지 노이즈로 인하여 발생하는 헤드엔드의 충돌 검출 오류를 보완한 알고리즘으로써 구현이 매우 간단하고, 채널 사용이 효율적이며 데이터 슬롯의 요청 시 발생

하는 충돌을 최소화하는데 적합하고 보다 실제적인 환경에 적합하다. 그리고 새롭게 활성화된 가입자 스테이션과 이미 경합에 참여한 스테이션들이 액세스할 수 있는 확률이 같아지는 non-blocking 현상을 방지하기 위하여 이미 경합에 참여한 스테이션과 새롭게 활성화된 스테이션들이 파라미터 값에 의해 능동적으로 제어될 수 있도록 제안하였다.

제안된 충돌 해소 알고리즘의 성능평가를 위하여 헤드엔드의 충돌검출기가 노이즈로 인하여 얼마간의 충돌검출 오류를 일으킨다는 가정 하에서 헤드엔드의 충돌 검출기의 에러율을 각각 0%, 5%, 10%로 가정하고 시뮬레이션을 실시하였다.

II. HFC 전송망 개요

2.1 HFC 전송망의 구조

HFC 구조는 헤드엔드에서 광노드(Fiber Node)까지의 주요 트렁크 부분은 광케이블로 설치되고 파이버 노드에서 가입자까지의 부분은 동축케이블로 구성되는데 일반적인 HFC 구조는 그림 2.1과 같다.

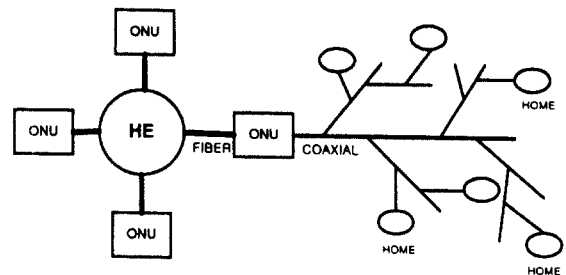


그림 2.1 HFC망 구조
Fig. 2.1 The topology of HFC networks.

HFC 구조에서 각 가입자는 변조된 RF 신호를 헤드엔드로 전송하고 헤드엔드의 수신기는 여러 가입자로부터 전송된 신호를 수신하는데 이때 각 가입자의 송신기와 동기를 맞추어야 하며 가입자간의 간섭을 피하기 위하여 Guard time을 유지시켜야 한다. 또한 헤드엔드로부터 ONU(Optical Network Unit)까지의 구간은 광케이블을 사용함으로써 하향채널에 대한 노이즈를 상당히 감소시켰으나 상향채널에 대한 충돌문제는 가입자의 수가 증가함에 따라 심각한 문제

로 남아있다. 따라서 HFC망에서의 MAC 프로토콜은 이러한 문제를 해결하기 위한 주요 요구사항으로 첫째, 사용기술 및 스펙트럼 할당에 대해 기존의 CATV 아날로그 서비스 및 디지털 비디오 서비스간에 호환성이 있어야 하고 둘째, 전송되는 트래픽 타입은 ABR(Available Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), CBR(Constant Bit Rate)등을 포함하여야 하며 셋째, 제한된 상향채널에 대해 여러 가입자가 서로 공유하므로 이에 대한 충돌을 해결할 수 있는 방법이 필요하다.

2.2 HFC 전송망에서의 잡음 환경

HFC망은 상향 채널에서 사용할 수 있는 주파수 대역이 좁고 또 저주파수 대역에 편중되어 있으므로 상향 채널에 결합되는 협대역 단파신호나 녹슨 커넥터, 손상된 케이블, 접지불량등으로 인한 임펄스 잡음, 그리고 케이블 TV망의 비선형성에 의한 유입잡음(Ingress noise)의 영향을 많이 받는다. 특히 임펄스성 유입 잡음은 비트 오류에 심한 악영향을 끼친다. 그리고 상향채널의 분배기에서는 단순히 들어오는 입력 신호와 노이즈를 합쳐서 출력하게 된다. 따라서 헤드엔드는 한 군데서 신호를 받지만 노이즈는 상향채널에 연결된 모든 가입자로부터 받게 되는 깔때기 현상(Noise Funneling)이 발생한다. 실제적인 HFC망에서는 상향채널에 존재하는 여러 가지 잡음으로 인하여 헤드엔드의 충돌 검출기가 상향채널에서 발생하는 충돌을 완벽하게 검출할 수 없게 되므로 대역폭이 비효율적으로 사용되는 문제점이 발생한다.

2.3 HFC 전송망을 통한 양방향 서비스 구조

일반적으로 HFC망에서는 750MHz의 주파수 스펙트럼을 사용하는데, 5-42MHz 대역은 상향 디지털 신호를 위해서 사용하고 54-450MHz 대역은 하향 아날로그 신호의 전송을 위해서 사용된다. 그리고 450-750MHz 대역은 영상전화, VOD와 같은 앞으로 추가될 하향 디지털 정보 전송을 위해 사용된다.

HFC망을 통한 양방향 서비스 구조는 먼저, 상향채널을 통해 가입자가 대역폭 요구 신호를 전송하고, 이 신호가 헤드엔드에 성공적으로 전송이 되면 헤드엔드에서는 하향채널을 통해 상향채널의 대역폭 할

당에 대한 정보를 가입자에게 전송한다. 가입자는 하향채널의 대역폭 할당 정보를 수신하고 할당된 상향채널의 대역폭을 통해 서비스 요구나 서비스 제어신호를 전송한다. 헤드엔드에서는 이를 근거로 하여 하향채널을 통해 가입자의 요구사항을 서비스하는 방식으로 HFC망에서의 양방향 서비스가 이루어진다.

2.4 HFC 전송망에서의 MAC 프로토콜

MAC 프로토콜에 대해서는 동적 채널 할당, 새로운 변복조 기술의 지원, 물리계층과의 독립성, 하나 이상의 상향 채널의 변복조 기술의 동시 지원 등이 가능한 MAC 프로토콜 규격을 목표로 하고 있다.

MAC 프로토콜 안의 대표적인 예로는 AT&T에서 제안한 ADAPt(Adaptive Digital Access Protocol), IBM의 MLAP(MAC Level Access Protocol), Com21사의 UPSTREAMS(Upstreams Protocol for Sharing Transmission Resources among Entities using an ATM-based Messaging System)등이 있다. ADAPt 프로토콜은 N*DS0의 STM 트래픽, CBR, VBR, ABR의 ATM 트래픽에 대해 타임슬롯 할당을 동적으로 제어할 수 있으며, 다양한 물리계층 규격을 지원한다. 상향 채널에 대한 액세스는 예약과 경쟁 모드를 지원한다. MLAP는 다양한 ATM 트래픽과 물리계층을 지원하며 ADAPt 처럼 예약과 경쟁 모드에 의한 타임 슬롯 할당 기능을 갖는다. 그림 2.2는 MLAP의 전송상태도를 나타내고 있다.

UPSTREAMS는 single return, combined return 및 separated return channel을 지원하며, 64-QAM 하향, 16-QAM/QPSK 상향 물리계층 프로토콜을 지원한다. 가입자 스테이션에서 전원이 on 될 때 헤드엔드의 제어기와 주요 동작 변수를 서로 주고 받아 동작 환경을 설정할 수 있도록 되어 있다. 주요 동작 변수는 상향채널에 대한 power rate등이다. 상향채널에 대한 타임슬롯 할당은 예약과 경쟁 모드 두가지를 지원하도록 되어 있다.

DAVIC은 디지털 오디오/비디오 관련 국제 표준을 선도하는 표준화 단체로 VOD, 디지털 방송, 텔레쇼핑, 대화형 서비스들과 같은 다양한 응용 서비스들을 지원하는 기술 규격을 작성하기 위한 작업을 하고 있

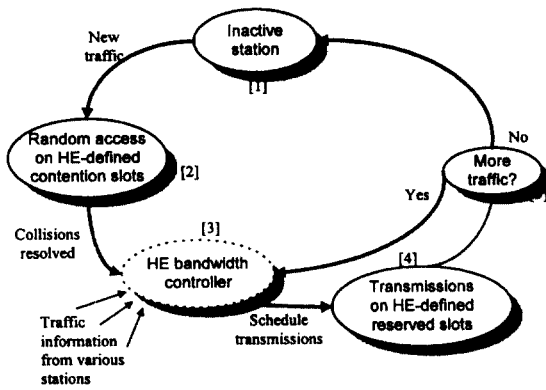


그림 2.2 MLAP의 전송 상태도
Fig. 2.2 MLAP transmission scheme.

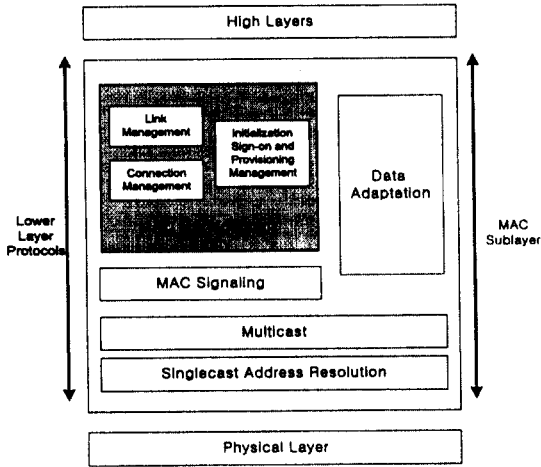


그림 2.3 MAC 참조모델
Fig. 2.3 MAC reference model.

다. DAVIC에서도 최종 사용자와 서비스 제공자간에 서비스 정보전달과 다중화의 구조로 HFC를 위한 표준안을 제공하고 있다. DAVIC에서 HFC MAC 프로토콜은 그림 2.3과 같은 MAC 참조모델을 기반으로 하여 가입자의 셋탑박스에서 헤드엔드 제어기간에 요구되는 메시지 흐름을 규정한다.

III. 충돌 해소 알고리즘

HFC망의 MAC 프로토콜 구성요소 중 충돌 해소

알고리즘은 여러 가입자 스테이션들이 상향 채널을 공유함으로써 어느 한 경쟁 슬롯에 여러 가입자 스테이션들이 동시에 액세스 함으로써 발생하는 메시지나 데이터의 충돌을 해결하는 메커니즘이다. 충돌 해소 알고리즘의 방식에는 새로운 가입자 대책에 따라 크게 세 가지가 있는데 첫 번째 대역폭 요구 메시지를 전송한 후 충돌이 발생하였을 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-blocking 방법과, 충돌된 슬롯이 모두 해결되고 새로운 경쟁을 위한 슬롯이 남았을 때 이 메시지에 대한 슬롯을 할당하는 blocking 방법, 충돌 해결에 필요한 슬롯을 제외한 나머지 경쟁 슬롯에 액세스할 수 있는 확률 값을 가지고 새로운 메시지 요구에 대한 슬롯 할당을 조절하는 soft-blocking 방법이 있다.

3.1 기존의 충돌 해소 알고리즘

ms-START(multi-slot n-ary STACK AlgoRiThm)은 가상 스택의 개념을 사용하여 충돌을 해결하는 알고리즘으로서 헤드엔드로부터 충돌/비충돌에 대한 피드백 정보로서 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.[6] ms-START 알고리즘은 이전 프레임에서 충돌이 발생한 스테이션에게 우선적으로 경쟁 슬롯을 할당하는 blocking 알고리즘으로서, 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.

그리고 tree-based 알고리즘은 ms-START 알고리즘과 같은 구조를 가지고 있으나, 오류가 없는 이상적인 상황을 가정하였고, 이로 인한 슬롯의 낭비를 초래한다. 새롭게 활성화된 스테이션들의 경쟁 슬롯 할당 방법에 있어서, ms-START 알고리즘은 blocking

방법을 사용하고, tree-based 알고리즘은 soft-blocking 방법을 사용하고 있다.[6]

adaptive p-persistence 알고리즘은 상향 채널에 존재하는 여러 가지 잡음으로 인하여 발생하는 헤드엔드의 충돌 검출 오류에 의한 상향 채널의 비효율적인 사용을 줄이기 위한 알고리즘이다.[7] 상향 프레임은 충돌을 해결하기 위한 영역과 새롭게 활성화된 스테이션들을 위한 영역으로 구분된다. 헤드엔드는 상향 프레임의 경합 과정에서 발생한 충돌을 감지하고, 다음 프레임의 충돌을 해결하기 위한 영역의 범위와 액세스할 수 있는 확률 값, 그리고 새롭게 활성화된 스테이션들을 위한 영역의 범위와 확률 값을 계산하여 전송한다. 그러나 adaptive p-persistence 알고리즘은 충돌이 일어났을 경우 해결하기 위한 액세스 우선 순위가 없기 때문에 재충돌의 가능성이 높고 지연이 길어질 수 있다.[7]

3.2 제안된 충돌 해소 알고리즘

제안된 충돌 해소 알고리즘은 기존의 가상 스택의 개념을 사용한 알고리즘보다 큐에 대기 중인 스테이션들이 경쟁 슬롯에 참여할 기회가 균등하도록 가상 큐의 개념을 도입하여 한번 충돌이 일어나서 충돌 해소 알고리즘의 과정에 들어간 슬롯들 중에서 큐에 대기하고 있는 스테이션들이 다음 블록에서 우선적으로 먼저 경쟁 슬롯을 할당받고 나머지 경쟁 슬롯에 이전 블록의 충돌 슬롯을 할당하는 알고리즘이다. 그리고 비 활성화 상태에 있다가 새롭게 활성화된 스테이션들이 경쟁 슬롯에 액세스할 때 랜덤 변수를 선택하고 그 카운터 값이 파라미터 값의 범위 내에 있을 때 액세스하도록 하는 soft-blocking 방식의 충돌 해소 알고리즘이다. 실제의 HFC망 환경에서는 유입 잡음, 백색 잡음, 임펄스 잡음 등 여러 가지 잡음들이 상향 채널에 존재하게 되는데 이 잡음들로 인하여 헤드엔드의 충돌 검출기가 검출 오류를 일으킬 수 있다. 본문에서 제안된 알고리즘은 충돌 검출기가 검출 오류를 일으킬 가능성이 있는 실제적 환경을 고려하였고, 이전 블록에서 충돌이 한번 이상 발생한 슬롯과 새롭게 활성화된 스테이션들을 위한 영역에서 발생한 충돌을 해결하기 위한 슬롯이 다음 블록의 각각 다른 영역에서 할당되고, 파라미터 값을 조절하여

슬롯의 수를 할당함으로써 채널을 보다 효율적으로 사용하고 지연시간을 단축시킬 수 있다는 특성을 갖는다. 잡음으로 인하여 충돌 검출기가 충돌이 발생하지 않았는데도 불구하고, 충돌로 인식하는 오류를 범할 수 있다. 충돌이 발생하면 다음 슬롯에서 이를 해결하기 위한 슬롯을 할당하는데, 실제로 메시지를 전송한 스테이션이 없는데도, 충돌 검출기 오류로 인해 슬롯이 할당되므로 슬롯의 낭비가 발생한다. 이를 줄이기 위해 슬롯 할당의 수를 충돌 슬롯 당하지 않고, 충돌 슬롯 전체에 대해서 할당함으로써, 슬롯의 낭비를 줄일 수 있는 방식의 알고리즘이다.

3.2.1 헤드엔드 제어 알고리즘

헤드엔드에서는 슬롯 할당과 충돌 해소 제어를 한다. 먼저 한 블록에서의 데이터 슬롯(DS)과 경쟁 슬롯(MS)의 적절한 수를 할당한다. 그리고 경쟁 슬롯으로부터 얻은 정보를 기반으로 하여 R_1 , R_0 , P_1 , P_0 , R , \max_COUNT 등의 레인지 파라미터 값을 계산한다. 그리고 이 값들을 하향 채널을 통하여 모든 스테이션들에게 전송된다.

헤드엔드에서 슬롯 할당을 위해 계산되는 파라미터들은 다음과 같다.

$$R_1(n+1) = K_1 \times col_1(n), \quad K_1 = \frac{e-1}{e-2} \quad (1)$$

$$R_0(n+1) = K_0 \times col_0(n), \quad K_0 \approx 3or4 \quad (2)$$

$$P_1(n+1) = \max_COUNT(n) \quad (3)$$

$$P_0(n+1) = P_1(n+1) + R_1(n+1) \quad (4)$$

$$\max_COUNT(n+1) = \max\{0, P_1(n+1) + R_1(n+1) + R_0(n+1) - MS(n+1)\} \quad (5)$$

$$R(n+1) = \max\{\min\{N, R(n) - MS_n(n) + \frac{e-1}{e-2} \times col_0 + \frac{MS_n(n)}{e}\}, MS_n(n+1)\} \quad (6)$$

$MS(n)$: 프레임 n에서 경쟁 슬롯의 갯수

$MSn(n)$: 프레임 n에서 새롭게 활성화된 스테이션을 위한 경쟁 슬롯의 갯수

$P1(n+1)$: $R1(n+1)$ 영역이 시작되는 경쟁 슬롯의 카운터 값

$R1(n+1)$: $col1(n)$ 영역에서 충돌된 슬롯을 해결하

- 기 위해 필요한 경쟁 슬롯의 갯수
- $P_0(n+1)$: $R_0(n+1)$ 영역이 시작되는 경쟁 슬롯의 카운터 값
- $R_0(n+1)$: $col_0(n)$ 영역에서 충돌된 슬롯을 해결하기 위해 필요한 경쟁 슬롯의 갯수
- R : 새롭게 활성화된 스테이션들이 데이터 슬롯을 요구하기 위하여 필요한 경쟁 슬롯의 갯수
- max_COUNT : 큐에 존재하는 슬롯의 갯수
- e : 2.71828...
- N : 스테이션의 최대 수
- coll : 새롭게 활성화된 스테이션의 메시지 전송영역에서 충돌이 발생한 슬롯의 갯수
- col0 : 충돌 해소 처리과정에서 충돌이 발생한 슬롯의 갯수

그림 3.1는 제안된 충돌 해소 알고리즘의 각 제어 파라미터들과 상향 프레임과의 관계를 나타내고 있다.

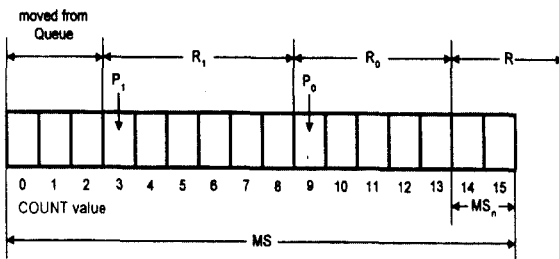


그림 3.1 상향 프레임에서의 제어 파라미터
Fig. 3.1 Control parameter in upstream frame.

3.2.2 스테이션의 전송 알고리즘

스테이션의 전송 알고리즘에는 비활성 상태에서 활성화 상태로 된 스테이션의 슬롯할당에 대한 알고리즘과 충돌된 슬롯에 대한 충돌 해소 알고리즘을 포함하는데 "충돌"되었다 말은 어떤 스테이션에서 경쟁 슬롯 영역의 어느 한 슬롯에 데이터 슬롯 요청을 하였을 경우 헤드엔드에서 전송하는 하향 채널 블록으로부터 긍정의 승인신호를 받지 못한 경우를 말한다. 다음은 새롭게 진입하는 스테이션에 대한 알고리즘을 의사코드로 나타내었다.

Slot Allocation Algorithm for Newcomers

- When an inactive station become active, initialize
 - COUNT = $P_1 + R_1 + R_0 + \text{random}(0, \dots, R-1)$
- if (COUNT < MS) then
 - station transmits in CS number COUNT;
 - upon receiving feedback information:
 - * if (did_not_collide) then
 - done;
 - * elseif (collide)
 - go contention resolution algorithm;
- elseif (COUNT ≥ MS) then
 - station does not transmit in current block;
 - go newcomers algorithm;

어떤 스테이션이 비활성 상태로 있다가 활성화 상태가 되면 $P_1 + R_1 + R_0 + \text{random}(0, \dots, R-1)$ 의 카운트 값으로 초기화 된다. 만약 카운트 값이 전체 경쟁 슬롯의 갯수인 MS보다 작으면 스테이션은 자신의 카운트 값에 해당하는 경쟁 슬롯을 사용하여 데이터 슬롯 요구 메시지를 전송하게 된다. 그리고 헤드엔드로부터 피드백 정보를 기다려 만약 그 경쟁 슬롯이 충돌되지 않고 성공적으로 전송되었다면 알고리즘을 탈출하고, 충돌되었다면 충돌 해소 알고리즘으로 진입하게 된다. 스테이션의 카운트 값이 MS보다 더 큰 값을 갖는다면 경쟁 슬롯의 범위를 벗어나기 때문에 현재의 블록에서 데이터 슬롯 요구 메시지를 전송하지 못하고 다시 알고리즘의 처음으로 들어가게 된다.

다음은 이전 블록에서 충돌이 발생한 스테이션들에 대한 충돌 해소 알고리즘의 의사코드를 나타낸다. 만약 이전 블록의 새로운 스테이션 영역에서 충돌이 발생하였다면 다음 블록에서의 카운트 값은 $P_0 + \text{random}(0, \dots, R_0-1)$ 으로 갱신된다. 그리고 이전 블록의 충돌해결을 위한 영역에서 다시 충돌이 발생하면 다음 블록의 카운트 값은 $P_1 + \text{random}(0, \dots, R_1-1)$ 으로 갱신된다.

Contention Resolution Algorithm for collisions

```

■ if (not Queue) then
  if (newcomer_collide) then
    * set : COUNT ← P0 + random{0, ..., R0 - 1};
  elseif (contention_collide) then
    * set : COUNT ← P1 + random{0, ..., R1 - 1};
■ if (COUNT < MS) then
  - station transmits in CS number COUNT;
  - upon receiving feedback information:
    * if (did_not_collide) then
      done;
    * elseif (collide)
      go contention resolution algorithm;
■ elseif (COUNT ≥ MS) then
  - station does not transmit in current block;
  - upon receiving feedback information:
    * set : COUNT ← COUNT - MS;
    
```

그림 3.2는 제안된 충돌 해소 알고리즘의 흐름도를 나타내고 있다.

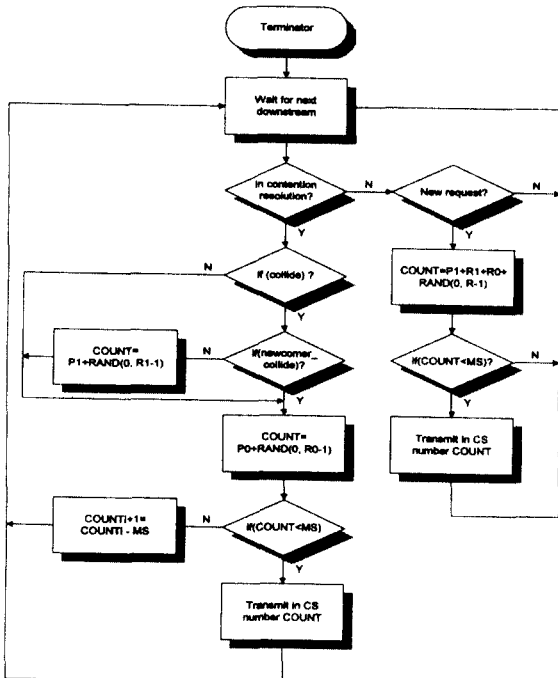


그림 3.2 스테이션 알고리즘의 흐름도
Fig. 3.2 Flow chart of station algorithm.

스테이션의 카운트 값이 전체 경쟁 슬롯의 갯수인 MS보다 작으면 스테이션은 자신의 카운트 값에 해당하는 슬롯을 사용하여 데이터 슬롯 요구 메시지를 전송한다. 그리고 헤드엔드로부터 피드백 정보를 기다려 충돌되지 않았다면 충돌 해소 알고리즘을 벗어나고, 충돌되었다면 이 알고리즘을 반복한다. 만약 카운트 값이 MS의 범위를 초과하면 스테이션은 현재의 블록에서 메시지를 전송하지 못하고, 헤드엔드로부터 피드백 정보를 기다려서 COUNT - MS 값에 해당하는 스테이션들은 큐에 들어가게 된다.

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 요구메시지가 발생하면, 미니슬롯을 사용하여 메시지를 헤드엔드에 전송하는 경쟁에 참여한다. 이때 충돌이 발생하지 않으면, 헤드엔드는 긍정적인 승인 신호와 데이터 슬롯 할당 정보를 하향 채널을 통해 전송한다. 스테이션은 승인 신호와 데이터 슬롯 할당 정보를 수신 받아 데이터 슬롯에 정보를 전송한다. 데이터 슬롯 요구 메시지가 헤드엔드에 성공적으로 전송되면 한 개의 데이터 슬롯이 할당된다고 가정

표 1. 성능평가를 위한 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
스테이션 수	256
스테이션간의 분포	균일하게 분포됨
상향 데이터 전송률	3Mbit/s
하향 데이터 전송률	제한 없음
데이터 슬롯 크기	64 byte
미니슬롯 크기	16 byte
DS/MS 비	1/4
표준 사이클 크기	18 DS/3.072ms
헤드엔드 처리 지연	0
충돌 검출 에러 비율	0% / 5% / 10%

하였다. 한 블록 사이클의 크기는 18 DS/3.072ms, 즉 1 초에 325개의 프레임이 전송되는데, 전송 프레임은 미니 슬롯과 데이터 슬롯으로 구성되어있다. 스테이션이 만약 사이클 n에서 충돌된다면 사이클 n+1에서 충돌 해결을 위한 충돌 해소 처리과정에 참여한다.

성능평가를 위한 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

상향채널에 제공된 부하에 따른 지연을 측정하였는데 헤드엔드의 충돌 검출기의 에러율을 각각 0%, 5%, 10%로 가정하고, ms-START, tree-based, 그리고 adaptive p-persistence 알고리즘과 제안된 알고리즘을 비교하여 시뮬레이션 하였다. 그림 4.1, 4.2, 4.3은 시

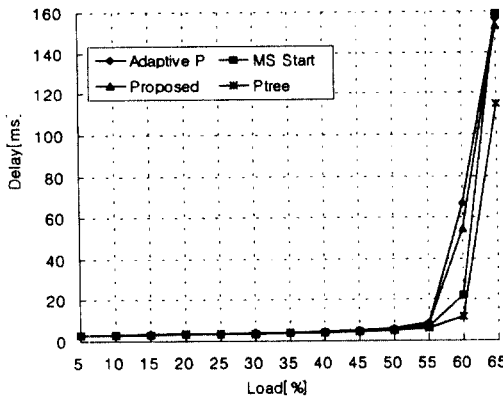


그림 4.1 평균지연 시간(검출오류 0%)
Fig. 4.1 Mean delay with 0% mistake in collision detector

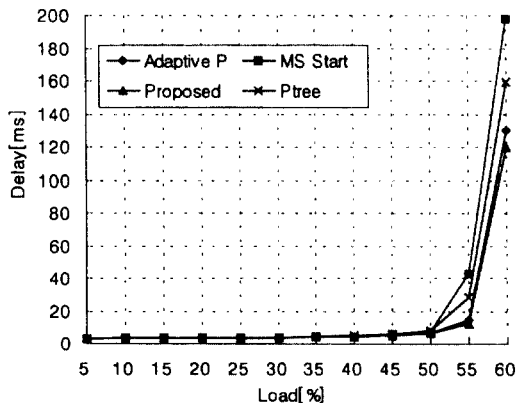


그림 4.2 평균지연 시간(검출오류 5%)
Fig. 4.2 Mean delay with 5% mistake in collision detector

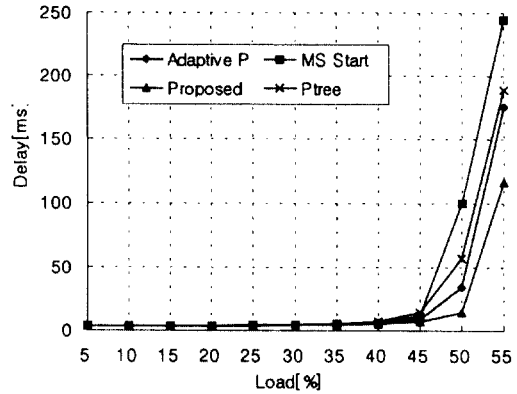


그림 4.3 평균지연 시간(검출오류 10%)
Fig. 4.3 Mean delay with 10% mistake in collision detector

뮬레이션의 결과를 각각 나타내었다.

그림 4.1은, 헤드엔드의 충돌 검출기가 완벽한 검출을 한다고 가정한 경우로, 제공 부하가 55% 이상에서 지연시간이 급격히 증가하고, 제안된 알고리즘이 ms-START, tree 기반 알고리즘보다 지연 시간 충돌 해소 알고리즘의 평균 액세스 지연이 증가되고 있음을 보여준다. 이는 충돌 검출기가 완벽하게 검출을 수행하는 이상적인 경우에는 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 충돌을 해결하기 위해 할당된 슬롯의 수가 적음으로, 슬롯을 할당받지 못한 스테이션들이 많아져서 지연 시간이 증가하기 때문이다.

그림 4.2은, 충돌검출기가 5%의 에러를 발생한다고 가정한 경우인데, 전반적으로 제안된 충돌 해소 알고리즘은 adaptive p-persistence 알고리즘과 성능이 비슷하다는 것을 알 수 있고 제공 부하가 55% 이상에서는 지연이 급격하게 증가함을 보여준다. 충돌 검출 오류가 5%이므로 기존의 알고리즘들은 충돌을 해결하기 위해 할당된 슬롯에 대한 낭비가 있을 수 있다. 그러나 제안된 알고리즘은 이에 대한 제어 파라미터 값으로 슬롯 할당을 조절하기 때문에 기존의 알고리즘보다 지연 특성이 더 좋음을 알 수 있다.

그림 4.3은, 충돌검출기가 10%의 에러를 발생한다고 가정한 경우로, 제안된 충돌 해소 알고리즘의 평균 액세스 지연 특성이 기존의 알고리즘들 보다 더 좋다는 것을 보여준다. 이는 충돌이 발생하지 않은

경우에도 검출 오류로 인해 이를 해결하기 위한 슬롯을 할당하기 때문에 슬롯의 낭비가 발생하게 된다. 따라서, 충돌 검출 오류 비율이 높아질수록 기존의 알고리즘들은 충돌을 해결하기 위해 할당된 슬롯에 대한 낭비가 심해지는 반면 제안된 알고리즘은 오류 상황을 감안한 슬롯을 할당하기 때문에 지연 시간을 줄일 수 있다.

시뮬레이션의 결과에 따라 노이즈가 없는 이상적인 경우에는 tree기반 알고리즘의 성능이 우수하나 노이즈를 고려한 실제 환경 하에서는 충돌검출기의 에러율이 증가할수록 제안된 충돌 해소 알고리즘의 성능이 더 우수하다는 것을 보여주고 있다. IEEE 802.14에서는 데이터 슬롯에 대한 FEC(Forward Error Correction)에 대한 표준화 방안이 마련 되어 있으나, 미니 슬롯에 대한 에러 대책은 되어 있지 않은 실정이다[7]. HFC 망의 잠음 환경에서 충돌 검출기의 에러 오율은 10% 정도가 될 것이다[7].

따라서, 시뮬레이션의 결과 잠음으로 인하여 헤드엔드의 충돌 검출기가 에러를 일으키는 경우 채널 이용 측면에서 더 효율적이고 충돌을 최소화하는데 적합하다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 이 요소들 중에서 상향프레임에서 충돌이 발생했을 때 이를 해결하기 위한 충돌 해소 알고리즘에 대하여 기존의 알고리즘들을 먼저 살펴보고, 기존 알고리즘들의 문제점을 개선하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 기존의 알고리즘들은 잠음을 고려하지 않은 이상적인 상황에서 운영되기 때문에 잠음으로 인하여 헤드엔드의 충돌 검출기가 오류를 일으켰을 경우 슬롯이 낭비되는 결과를 초래했다. 제안된 알고리즘에서는 이러한 단점을 개선하기 위하여 HFC망의 상향채널에 여러 가지 종류의 잠음이 존재하고, 이 잠음으로 인하여 헤드엔드의 충돌 검출기가 어느 정도 충돌 검출 오류를 일으킨다는 가정 하에서 슬롯 할당이 최적화 되도록 설계하였다. 그리고 가상의 큐를 사용함으로써 현재의 블록에서 슬롯을 할당받지 못하고 큐에서 대기하고 있는 스테이션들이 다음 블록에서 우선적으로 경쟁 슬롯을 할당받

음으로써 모든 스테이션들의 지연 시간이 고르게 분포되도록 하였다. 그리고 새롭게 활성화된 스테이션들이 랜덤 하게 카운트 값을 선택하여 액세스하는 soft-blocking의 특성을 갖고, 새롭게 활성화된 스테이션에서 전송한 해당 슬롯이 충돌한 경우와 이미 충돌이 발생하여 이를 해결하기 위해 할당된 슬롯이 다시 충돌한 경우, 이들을 해결하기 위한 슬롯의 영역을 한 블록 안에서 분리하여 서로 다르게 할당함으로써 전체적인 지연시간을 줄일 수 있었다.

균일한 트래픽 하에서 실시한 시뮬레이션의 결과, 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 지연시간이 단축되었음을 알 수 있었다.

제안된 알고리즘은 충돌을 해결하기 위하여 헤드엔드에서 여러 파라미터 값들이 계산되고 이 파라미터 값들이 하향채널을 통하여 모든 스테이션에 전송되는데, 향후 연구과제로서 제안된 알고리즘에서 사용되는 파라미터 값들의 수를 줄임으로써 하향채널의 효율을 높이는 방법이 연구되어야 하겠으며, 실제 환경과 더욱 유사한 환경에 적용할 수 있는 알고리즘의 연구와 그에 상응하는 성능평가 방법이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 양선희, 김봉태, 김재근, 김수형, "양방향 HFC구조 액세스망 표준화동향분석", 정보통신동향분석 제11권 4호.
2. 양선희, 노장래, 김봉태, "HFC구조 액세스망-양방향 통합 서비스 제공을 위한 기술적 고찰", 한국통신학회지 13권 11호.
3. 박준성, 김변근, 양선희, 정경택, 전병실, "HFC 전송망에서의 양방향 CATV 서비스를 위한 결합중재 알고리즘", 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, 제 16 권, 2 호, pp.1059-1062, 1997.
4. 조해성, 정광일, 양선희, 정경택, 전병실, "HFC망의 MAC 프로토콜을 위한 데이터 슬롯 할당 알고리즘", 한국통신학회 추계종합학술발표회 논문집, 제 16 권, 2 호, pp.1063-1066, 1997.
5. John M. Ulm, "Standard Protocol for Cable-TV

