

HFC-CATV 망에서의 충돌해결알고리즘에 대한 성능분석

Performance Analysis of an Collision Resolution Algorithm in HFC-CATV Network

이수연
천안외국어대학 컴퓨터정보과

Su-Youn Lee
Professor, Dept. of Computer Information,
Cheonan College of Foreign Studies

안정희
두원공과대학 소프트웨어개발과

Jeong-Hee Ahn
Professor, Dept. of Software Development,
Doowon Technical College

중심어 : HFC-CATV network, Medium Access Control Protocol, Collision Resolution Algorithm

요약

HFC(Hybrid Fiber Coax)기반으로 한 CATV망에서 양방향 서비스를 제공하기 위해서는 매체접근제어(Medium Access Control)프로토콜이 필요하다. 특히, 가입자에서 헤드앤드로 데이터를 전송하는 상향채널은 500가입자 이상이 공유하기 때문에 충돌이 발생하게 된다. 본 논문은 HFC-CATV망에 적합한 충돌해결알고리즘인 이진 스택 알고리즘의 안정성(stability)을 연구하기 위해 분석 모델을 제안하고 기존 모델과의 시스템 처리율(throughput)을 비교·분석하였다

Abstract

To provide interactive service in HFC(Hybrid Fiber Coax)-CATV network, there must be supported a MAC(Medium Access Control) protocol. It is well known that collision can be occurred in the HFC upstream channel because it is shared by up to 500 users. Thus it needs the collision resolution algorithm. Consequently, this paper proposes the analysis model to study stability of binary stack algorithm for adaptive collision resolution algorithm in HFC-CATV. Also, it compares a system throughput between IPP model and D-BMAP model.

1. 서론

충돌해결알고리즘은 1970년 초부터 패킷무선망 사용과 ALOHA 프로젝트의 개발로 관심이 높아졌다. 그 후 많은 연구자들이 LAN, MAN, 위성 망 그리고 무선망에 적합한 효과적인 충돌해결알고리즘의 개발을 연구해왔다.

현재, 사용되고 있는 충돌해결알고리즘은 다음과 같이 분류할 수 있다. 첫째, 이더넷에서 사용되는 충돌감지(Collision detection)기법이 있다. 둘째, DQDB와 같은 충돌회피(Collision Avoidance)기법이 있다. 마지막으로, 토큰패싱(Token passing)을 하는 폴링(polling)기법이 있다. 이러한 기법을 직접 HFC 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 망에 적용된 이 기법은 p-persistence 알고리즘으로 각 슬롯은 헤드앤드 에서 제어하는 전송확률 p 값을 가진다. 여기서, 충돌된 요구들은 확률 p 를 가지고 재전송한다. 이 과정은 요구가 헤드앤드에 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 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 손

실을 줄일 수 있다. 따라서, 충돌은 요구미니슬롯 상에 발생하고 이를 위한 충돌해결알고리즘이 필요하다. 충돌해결 알고리즘의 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 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 해주어야하므로 이 알고리즘에 따라 충돌 발생 확률에 많은 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 첫 번째로 충돌해결알고리즘에 대해 기존 연구의 내용을 알아보고 HFC 망에 적합한 충돌해결알고리즘을 제안하며 이에 적합한 해석모델을 제시하고자 한다.

II. 기존연구

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 충돌해결알고리즘으로 FTR과 RTR에 대해서 여러 가지 방법들이 나오고 있다. 표1. 은 IEEE802.14와 DOCSIS에서 제안한 충돌해결알고리즘이다. 두 기관 이외에 기존 연구내용은 다음과 같다. Lin et al[6]에서는 시간 비례(time-proportional)를 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. 즉, FTR에 블록킹 기법을 적용한 시간비례기법을 사용하였고 RTR에 통계적 요구테이블(MLR)을 사용하였다. 또한, Sriram은 요구 경쟁과정을 단축시키기 위한 요구 미니슬롯 할당 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 처음으로 관찰된 트래픽 양을 기반으로 요구미니슬롯을 측정하였다. 이 알고리즘은 처음 경쟁에서 100% 요구 처리율을 갖기 위해 요구 미니슬롯의 3배를 할당하였다. 이것은 요구 경쟁과정의 단축을 가져왔으나 요구 미니슬롯의 처리

율은 낮았다. Abi-Nassif와 Lee 는 DOCSIS 망에서 요구의 수를 측정하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 그러나, 이 알고리즘은 재 전송되는 요구의 수가 새로운 요구 수에 비해 극히 작다는 가정을 하였기 때문에 현실 상황을 반영하지 못했다.

표 1. IEEE802.14와 DOCSIS에서 제안한 충돌해결 알고리즘

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)

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

1. p-persistent 알고리즘

이 알고리즘은 프레임에 다수의 경쟁슬롯을 할당하여 ALOHA 알고리즘의 안정성을 높인 것이다. 새로 추가된 스테이션과 충돌해결이 필요한 스테이션은 프레임내의 경쟁 슬롯에 동일한 확률 p로 접속하게 된다. p는 헤드앤드에서 순서를 기다리는 스테이션의 수를 계산하여 결정한 후 하향 채널을 통해 방송된다.

$$\eta_{persist} = P_S = N_a * P * (1 - p)^{(N_a - 1)} \quad (1)$$

N_a 는 경쟁미니슬롯에 있는 사용자의 수이다. 최대 처리율 p는 $\frac{1}{N_a}$ 과 같고 그것은 경쟁 중인 사용자가 증가하므로 $\frac{1}{e}$ (=36.7%)에 다다르게 된다. 충돌은 p 값이 부하가 시스템의 안정된 처리율보다 작은 값이 되는 최적 값과 같아지면 해결된다. 그러므로, 최대 처리율과 안정성은 p 값에 동적으로 적용될 때 이루어진다. 구현(implementation)이 단순하다는 장점을 가지고 있다.

2. 트리 알고리즘

트리 알고리즘은 p-persistent보다 구현에서 복잡하나 성능 면에서 높은 처리율(throughput)을 보여준다. 이 트리 알

고리즘은 처음 연구한 저자의 이름을 사용하여 CTM(Capetanakis- Tsybakov-Mikhailov) 알고리즘이라고도 한다. FTR(First Transmission Rule)에 따라 트리 검색(tree search) 알고리즘과 스택(stack) 알고리즘으로 분류된다. 새로 생성된 스테이션이 기존 스테이션의 충돌이 발생한 후 이 충돌이 해결될 때까지 기다렸다가 전송이 허용되는 블로킹(blocking) 방식을 사용한 것은 트리 검색 알고리즘이고, 스테이션이 생성된 후 바로 다음 슬롯에 전송을 허용하므로 충돌이 발생한 스테이션과 함께 전송할 수 있는 자유 접근(free) 방식을 사용한 것은 스택 알고리즘이다.

따라서, 트리 알고리즘은 구현의 복잡성은 있으나 성능 측면에 우수하고 p-persistent 알고리즘으로 단순성을 가진다.

III. 충돌해결알고리즘

본 논문에서는 충돌해결알고리즘으로 FTR 방식으로 우선 순위와 FIFO 기법을 사용하였고 충돌을 해결하기 위해서는 2진 피드백을 갖는 3진 트리(ternary tree) 알고리즘을 사용하였다.

1. 초기할당(First Transmission Rule): 우선순위, FIFO

새롭게 활성화되어 경쟁에 참여하고자 하는 스테이션은 유지하고 있는 큐에 트래픽의 우선순위(priority)에 따라 저장되어진다. 새로 도착한 요구는 단지 RQ의 값이 0을 가진 그룹의 요구미니슬롯을 사용할 수 있다. 또한, 요구는 그들의 우선순위가 새로 도착한 요구와 같은 경우에만 사용할 수 있다. 만약, 이와 같은 요구사항이 맞지 않으면 요구는 블로킹되고 다음 할당 맵이 도착할 때 재시도 할 수 있다.

2. 재충돌할당(ReTransmission Rule): 3진 트리

충돌 해결 할당은 여러 스테이션이 보낸 요구가 같은 슬롯에 전송되므로 충돌이 발생하여 충돌 해결을 위한 정확한 슬롯을 할당해주므로 재전송의 확률을 줄이는 알고리즘이다. 즉, 재 전송 확률을 줄이는 것이다. 본 프로토콜에서는 2개의 피드백(Collision/NonCollision)을 가지는 3진 트리 알고리즘을 사용하며 충돌을 일으킨 슬롯을 3개의 부 그룹으로 분리한다. 즉, 동일한 미니 슬롯에 충돌된 스테이션들은 임의의 부 그룹들로 나누어지고 충돌을 일으키지 않은 미니 슬롯에 포함된 사용자들은 충돌이 해소될 때까지 기다리게 된다. 다음은 자유접근 알고리즘의 의사 코드

(pseudo code)에이다.

```

if ( collision ) then
  if( station transmitted ) then
    counter = random[0,1, ..., n-1]
  else counter = counter + (n-1)
else if( no collision )
  if( no transmitted ) then
    done.
  else counter = counter -1
endif
if( counter = 0 ) transmit in the next slot
    
```

그림 1. 자유접근 알고리즘의 의사 코드

그림 1은 트리 구조와 스택의 예를 보여준다.

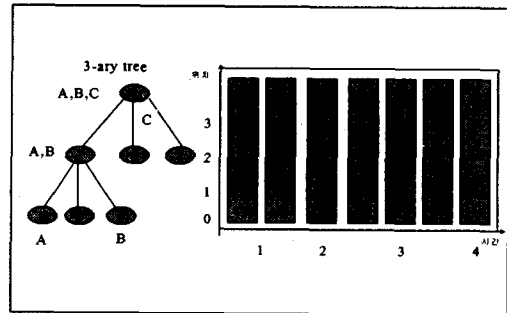


그림 2. 3진 트리 알고리즘의 동작: 트리와 스택, n=3

표2는 각 스테이션에서 슬롯에 대한 카운터의 변화를 보여주고 있다.

표 2 n-ary 트리 알고리즘에서 사용한 스택의 카운터 변화

	A의 카운터 값	B의 카운터 값	C의 카운터 값
슬롯 1	0	0	0
슬롯 2	random[0,2]=0	random[0,2]=0	random[0,2]=1
슬롯 3	random[0,2]=0	random[0,2]=2	counter+2 =3
슬롯 4	done	counter -1 =1	counter-1 =2
슬롯 5		counter -1 =0	counter-1 =1
슬롯 6		done	counter-1 =0
슬롯 7			done

여기서, 새로운 스테이션이 슬롯 2에 요구를 전송하고자 하면 슬롯 3에 재전송 요구와 함께 경쟁을 하게 된다. 블로킹 접근 방식에서는 슬롯 8까지 대기하여야한다.

IV. 해석모델 및 성능분석

일반적으로 HFC MAC(Medium Access Control) 프로토콜을 분석하기 위해 사용되어진 해석모델은 IPP(Interrupted Poisson Process)로 입력 트래픽이 포아송 분포인 경우만을 분석하였다. 즉, 시간이 연속적이며 사건은 이산적인 것이다. 그러나, 서로 다른 QoS를 요구하는 트래픽을 가지고 있는 HFC MAC은 다중 사용자를 가지고 LCFS(Last Come First Service) 큐잉 시스템을 평가하기 위해 사용되어진 트리 구조의 마코프 체인 기법 즉, 시간과 사건이 모두 이산적인 경우가 더 적합하다는 연구 결과가 나왔다[4]. 따라서, 본 논문에서는 제안된 알고리즘을 마코프 체인 기법을 이용한 해석모델을 기반으로 성능분석을 하였다.

1. 해석모델

본 알고리즘의 해석모델은 [5]가 제시한 D-BMAP(Discrete time Batch Markovian Access Process)로 입력 메시지가 마코프 도착 과정을 가지며 분석은 트리 구조의 QBD(Quasi-Birth-Death) 마코프 체인으로부터 얻어진 결과를 기반으로 하였다. 해석의 편의상 전송 지연이 없는 이상적인 경우를 생각하였고 채널상의 에러는 오직 충돌에 의해 일어났다고 가정한다. 또한, 사용자들은 오직 비어있는 미니슬롯과 사용 중인 미니슬롯으로 구분할 수 있다. 2진 피드백을 가지는 자유접근 알고리즘을 사용하였고 오직 자신이 전송할 패킷이 있을 때만 채널을 감지하는 제한 감지(Limited Sensing)를 적용한다. 그림 3은 상태 전이도를 보여준다.

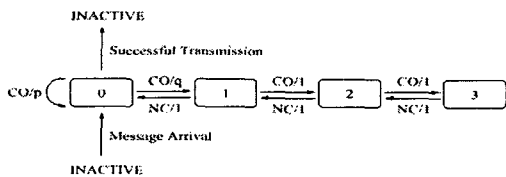


그림 3. 상태 전이도: CO = 충돌, NC = 미충돌

1.1 D-BMAP(Discrete time Batch Markovian Arrival Process)

전이행렬 B 를 가진 상태공간 $\{1, \dots, l\}$ 상에서 이산 마코프체인을 고려해보면 이 체인은 k 시간에 i ($1 \leq i \leq l$) 상태에 있다. 다음 $k+1$ 시간에 같은 상태나 다른 상태로의

전이가 발생하고 일괄 도착이 일어나거나 일어나지 않는다. 즉, 확률 $(b_0)_{i,j}$, ($1 \leq i \leq l$)는 도착 없이 상태 j 로 전이가 있고 확률 $(b_n)_{i,j}$, ($1 \leq i \leq l, n \geq 1$)는 크기 n 의 일괄도착을 가지고 상태 j 로 전이가 있다. D-BMAP는 요소 $(b_n)_{i,j}$ 를 가진 행렬 $B_n, n \geq 0$,의 연속성에 의해 기술된다.

1.2 트리 구조의 QBD(Quasi-Birth-Death)마코프 체인

트리 구조의 QBD(Quasi-Birth-Death)마코프 체인은 Takine[4]와 Yeung[4]에 의해서 처음 소개되었다.

이산 마코프 체인은 $\{(X_n, N_n), n \geq 0\}$ 로 X_n 은 Q-ary 트리의 노드로 표현되고 N_n 은 시간 n 에 마코프 체인의 보조 변수로 1과 m 사이의 정수 값을 나타낸다. 마코프 체인의 전이는 다음과 같다.

Q-ary 트리에서 각 노드는 Q개의 부 트리를 가지고 루트는 \emptyset 로 표기한다. 남아있는 노드는 1에서 Q 사이의 정수 값을 가지는 정수열로 표기한다. 예를 들어, 루트의 k번째 부 트리는 k로 표기하고 k 노드의 번째 부 트리는 k로 표기한다.

마코프 체인 (X_n, N_n) 은 각 단계에서 체인이 단지 그것의 부모(parent)로 전이하고 부모의 자식(children) 또는 그 자식으로 전이를 한다면 트리 구조를 가진 QBD(Quasi-Birth-Death)마코프 체인이다. 더욱이, 체인이 시간 n 에 $(J+k, i)$ 상태에 있으면 시간 $n+1$ 에 상태는 다음과 같이 결정된다.

- ① 확률 $d_k^{i,j}$ 을 가진 (J, j) , $k=1, 2, \dots, Q$
- ② 확률 $a_{k,s}^{i,j}$ 을 가진 $(J+s, i)$, $k, s=1, 2, \dots, Q$
- ③ 확률 $u_s^{i,j}$ 을 가진 $(J+ks, j)$, $k, s=1, 2, \dots, Q$

여기서, 상태 $(J+k, i)$ 로의 전이는 J 와 무관하며 상태 $(J+ks, j)$ 로의 전이 또한 k 와 독립적이다. 마코프 체인이 시간 n 에 루트 상태($J = \emptyset$)에 있으면 시간 $n+1$ 에 상태는 다음과 같다.

- ① 확률 $b_{(0)}^{i,j}$ 을 가진 (\emptyset, j)
- ② 확률 $u_k^{i,j}$ 을 가진 (k, j) , $k=1, 2, \dots, Q$

1.3 충돌해결알고리즘의 해석 모델

본 프로토콜은 RTR로 3진 트리 알고리즘을 사용하였고 FTR로 자유접근 방식을 사용하였으므로 새로 도착한 스테이션은 이전에 충돌이 발생한 스테이션과 함께 같은 CRI(Collision Resolution Interval)에 메시지를 전송할 수 있다.

마코프 체인 $\{(X_n, N_n), n \geq 0\}$ 을 고려해보자. 여기서, X_n 은 시간 n 에 충돌에 의해 재전송을 기다리는 스테이션의 상태로 이루어진 backlogged string이다. 예를 들어, $X_n = nk \dots n2n1$ 개의 재전송 스테이션이 있다면 $n1 \geq 0$ 은 현재 스택 레벨이 1인 재전송 스테이션들이고 $n2 \geq 0$ 은 현재 스택 레벨이 2인 재전송 스테이션이다. 확률 변수 X_n 의 표본 공간 $\Omega_1 = \{\emptyset\} \cup \{J : J = nk \dots n2n1, nj \geq 0, 1 \leq j \leq k, k \geq 1\}$ 이다. Y_n 은 슬롯 n 의 시간 n 에 전송되어진 스테이션의 수이다. 확률 변수 Y_n 의 표본공간 $\Omega_2 = \{n, n \geq 0\}$ 이다. Z_n 은 시간 $n+1$ 에 도착과정의 상태이고 여기서, 확률 변수 Z_n 의 표본공간 $\Omega_3 = \{n, 1 \leq n \leq l\}$ 이다. 즉, $((X_n, N_n) = (Y_n, Z_n))$ 인 마코프 체인임을 알 수 있다. 마코프 체인의 상태 공간은 $\Omega_1 \times (\Omega_2 \times \Omega_3)$ 이다. 이제, d 단계의 추이 확률 (X^d, N^d) 를 통해 요구의 drop을 결정할 수 있다. 여기서, d 는 현재 스택 레벨 0을 가진 스테이션의 최대 수이다.

예를 들어, 마코프 체인의 전이 블록은 다음과 같이 진행된다. 슬롯 n 의 시간 n 에 충돌이 발생하지 않는다면 행렬 D_k 는 상태 $(J+K, (i,j))$ 로부터 상태 $(J, (i',j'))$ 로 가는 체인 (X^d, N^d) 의 전이확률로서 다음과 같다.

$$D_k((i,j), (i',j')) = \begin{cases} (B_{i-k})_{i,j} & i \leq 1, i' \geq k, i' < d, \\ \sum_{n \geq d-k} (B_n)_{i,j} & i \leq 1, i' \geq k, i' = d, \\ 0 & otherwise, \end{cases}$$

여기서, $(B_n)_{i,j}$ 는 n 개의 새로운 도착이 생기고 입력 D-BMAP가 j 에서 i 로 상태가 전이되어지는 확률을 가진다. 또한, 충돌이 발생했다면 행렬 U_s 는 상태 $(J+K, (i,j))$ 로부터 상태 $(J+ks, (i',j'))$ 로 가는 체인 (X^d, N^d) 의 전이확률로서 다음과 같다.

$$U_s((i,j), (i',j')) = \begin{cases} C_{i,j}^{i'-s} q^s (B_{i-(i-s)})_{i,j} & i > 1, i \geq s, i' \geq i-s, i' < d, \\ C_{i,j}^{i'-s} q^s \sum_{n \geq d-(i-s)} (B_n)_{i,j} & i > 1, i \geq s, i' \geq i-s, i' = d, \\ 0 & otherwise, \end{cases}$$

2. 성능분석

두 개의 해석모델 IPP와 D-BMAP에 대한 처리율을 분석하였다. 각 알고리즘은 해석으로 유도하기 쉬운 능력평가 지수인 시스템의 처리율을 대상으로 하였다. 시스템 처리율 τ 은

$$\tau \leq \lambda e^{-\lambda} (1 - p_r) + p_r e^{-\lambda} \quad (2)$$

이다. 여기서, p_r 은 재 전송을 위한 슬롯의 비율이다.

IPP 성능 모델에서 도착율은 $\frac{\lambda^i}{i! e^{-\lambda}}$ 로 이는 슬롯 수 $i > 0$ 이다. D-BMAP 성능 모델에서 D-BMAP는 ER (λ_e, k) 를 사용하였으므로 $k \times k$ 행렬 (B_n) 은 $(B_n)_{i,j} = \gamma_{nk+j-1}, nk \geq j$, 이고 $(B_n)_{i,j} = 0, nk < j$ 이다. 여기서, $\gamma_n = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}, n \geq 0$ 이다.

위와 같이 두 해석모델을 비교하기 위해서 $\lambda = .4492$ 를 $p_r = 1$ 을 적용하였다. 즉, 도착율은 이진 피드백을 사용하였을 때 시스템의 안정성을 가져올 수 있는 값을 사용하였고 재전송 비율은 자유접근방식이므로 1로 하였다.

표 3과 표 4는 위의 모델을 이용한 성능분석 결과이다.

표 3. IPP 해석모델 성능분석 결과

임의접근 알고리즘	처리율	비고
START-n(n=2)	0.3602	자유접근 방식
START-n(n=3)	0.4016	자유접근 방식
START-n(n=4)	0.3992	자유접근 방식

표 4. D-BMAP 해석모델 성능분석 결과

임의접근 알고리즘	처리율	비고
START-n(n=2)	0.3670	자유접근 방식
START-n(n=3)	0.4270	자유접근 방식
START-n(n=4)	0.4410	자유접근 방식

위 표에서 입력 트래픽이 IPP(Interrupt Poisson Process)인 경우에 처리율은 0.4016이고 D-BMAP(Discrete Batch Markove Arrival Process)를 적용할 경우에는 처리율은 0.4270이다. 따라서, IPP 해석모델은 도착과정의 발생과 미발생(ON/OFF)에 의한 것이고 D-BMAP는 발생과 미발생 뿐만 아니라 전이확률을 가진 행렬을 생성하므로 발생되어 지는 요구에 대해 drop 여부를 결정하므로 시스템의 처리율을 증가시켰다.

V. 결론

본 논문에서는 HFC 망의 성능을 향상시키는데 중요한 역할을 하는 상향채널에서 발생하는 충돌을 해결하기 위해 적합한 충돌해결알고리즘을 제안하였다. 먼저, 표준 기관에서 제시한 알고리즘을 살펴보고 이를 개선하기 위해 FTR 기법으로 우선순위와 FIFO 기법을 사용하였고 RTR로 자유점 방식의 3진 트리 기법을 이용하였다. 또한, 기존의 해석모델인 IPP와 새로 제시한 D-BMAP 모델의 성능 비교를 통해 D-BMAP 해석모델이 HFC MAC 프로토콜 해석에 더 적합하다는 결론을 얻었다.

향후 연구과제로는 시스템 처리율뿐만 아니라 다른 성능 파라미터에 대한 비교·분석이 요구된다.

참고 문헌

- [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, pp.217-243, 1985.
- [2] C. Bisdikian, "A Review of Random Access Algorithm," contr. no. IEEE802.14-96/019, IEEE Working Group (WG) meeting, January 1996.
- [3] M.D.Corer, 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*, Vol.8, No.2, April 2000.
- [4] B.V.Houdt, C.Blondia, "Stability and Performance of Stack Algorithms for Random Multiple Access Communication modeled as a Tree Structured QDB

- Markov Chain", *Stochastic Models*, Vol.17, No.3, 2001.
- [5] T.Daniels. *Asymptotic Behaviour of Queueing Systems*. PhD thesis, University of ANtwerp(UA), 1999.
 - [6] 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.

이 수 연(Su-Youn Lee)

정회원



1991년 2월 : 단국대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
 1994년 2월 : 단국대학교 전산통계학과 졸업(이학석사)
 1997년 2월: 성균관대학교 정보공학과 수료(박사수료)
 1997년 3월 ~ 현재: 천안외국어대학

컴퓨터정보과 교수

안 정 희(Jeong-Hee Ahn)

정회원



1988년 2월 : 성균관대학교 정보공학과 졸업(공학사)
 1993년 2월 : 성균관대학교 정보공학과 졸업(공학석사)
 2000년 2월 : 성균관대학교 정보공학과 졸업(공학박사)

1996년 ~ 현재 : 두원공과대학 소프트웨어개발과 교수