DBpia

논문 00-25-7B-2 한국통신학회논문지 '00-7 Vol.25 No.7B

무선ATM 접속망에서 ATM 트래픽의 CLR과 호손율 성능분석

정회원 이 하 철*, 이 병 섭**

A Study on the Relation of CLR and Blocking Probability for ATM Traffic in the Wireless ATM Access Network

Ha Cheol Lee*, Byung Seub Lee** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 접속노드와 무선채널로 구성되는 무선 ATM(Asynchronous Transfer Mode)접속망의 셀 손실율과 호손율간의 관계를 도출하였다. 이를 위해 우선 무선 ATM 접속망의 트래픽 모델을 셀 레벨, 버스트셀 레벨 및 호 접속레벨로 구분하여 분석하였고 무선접속노드의 CLR(Cell Loss Ratio) 성능을 나타낼 수 있는 수식을 VBR(Variable Bit Rate), CBR(Constant Bit Rate) 및 랜덤 트래픽으로 구분하여 제시하였으며 무선채널에 대해서는 랜덤에러 및 버스트 에러환경으로 구분하여 CLR 성능을 나타낼 수 있는 수식을 유도하였다. 그리고 접속노드와 무선채널의 CLR을 나타내는 수식을 이용하여 무선 ATM 접속망의 CLR성능을 나타내는 수식을 도출한 후 접속망의 트래픽 성능평가를 위해 VBR, CBR 및 랜덤 트래픽 형태별로 CLR과 호손율간의 관계를 분석하였다. 즉 이용도와 CLR간의 관계로 부터 셀 레벨의 접속망 CLR 목표치가 정해지면 이용도 및 접속 회선수를 구할수 있으며 이를 호 접속레벨의 Erlang-B 관계식과 관련시켜서 CLR과 호손율간의 관계를 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper it is focused on the relation between CLR(Cell Loss Ratio) and blocking probability in the wireless ATM(Asynchronous Transfer Mode) access network which consists of access node and wireless channel. Traffic model of wireless ATM access network is based on the cell scale, burst scale and call connection level. The CLR equation due to buffer overflow for wireless access node is derived for VBR(Variable Bit Rate), CBR(Constant Bit Rate) and random traffic. The CLR equation due to random bit errors and burst errors for wireless channel is derived. Using the CLR equation for both access node and wireless channel, the CLR equation of wireless ATM access network is derived. The relation between CLR and blocking probability is analyzed for VBR, CBR and random traffic to evaluate CLR performance of wireless ATM access network.

I. 서 론

현재 유선통신 환경에서는 ATM통신망의 구축으로 음성, 데이터, 영상등 멀티미디어 서비스 제공이 현실화되고 있다. 한편 무선 통신환경에서도 유선계의 ATM통신망과 접속할 수 있고 다양한 형태의 광대역 서비스를 제공할 수 있는 무선 ATM통신망 기술개발을 추진하고 있으며, 궁극적으로 차세대 유무선 통합환경의 광대역 이동통신망으로의 진화를 꾀하고 있다[1,2,3].

* 유한대학 정보통신과
** 한국항공대학교 항공통신정보공학과
논문번호: 00011-0111, 접수일자: 2000년 1월 11일

www.dbpia.co.kr

이러한 배경에서 본 논문에서는 무선ATM 접속망의 트래픽 성능분석을 통해 접속망 설계를 위한 CLR과 호손율간의 관계를 검토하였다. 2장에서는 무선 ATM 접속망의 개념에 대하여 설명하였고 ATM 트래픽 모델을 셀 레벨, 버스트셀 레벨 및 호 접속레벨로 구분하여 설명하였다. 3장에서는 무선접속노드의 CLR 성능을 나타낼 수 있는 수식을 VBR, CBR 및 랜덤 트래픽으로 구분하여 제시하였으며 무선채널에 대해서는 랜덤에러 및 버스트 에러환경으로 구분하여 CLR 성능을 나타낼 수 있는 수식을 유도하였다. 그리고 접속노드와 무선채널의 CLR을 나타내는 수식을 이용하여 무선ATM 접속망의 CLR 성능을 나타내는 수식을 도출하였다. 4장에서는 무선ATM 접속망의 트래픽 성능평가를 위해 3장에서 도출한 수식을 이용하여 VBR, CBR 및 랜덤 트래픽 형태별로 CLR과 호손율간의 관계를 분석하였으며 마지막으로 5장에서는 앞으로의 연구방향에 대하여 언급하였다.

Ⅱ. 무선ATM 접속망과 트래픽 모델

2.1 무선ATM 접속망

무선ATM망은 무선환경에서 유선ATM망과 접속할 수 있고 유선 ATM망에서 제공하는 다양한 광대역 통신서비스를 제공할 수 있는 유선 ATM망의 확장된 개념이다. 그러나 무선전파환경의 열악한 전송특성을 고려할 때 무선ATM망에서 제공할 수 있는 서비스의 질과 양적인 측면에서 유선ATM망과 많은 차이가 예상되며 이들 차이를 극복할 수 있는 기술개발에 따라 무선ATM망의 실현가능성이 구체화될 것이다. 무선ATM망의 기준모델은 그림 1과 같이 ATM 포럼(Forum)의 무선ATM그룹에서 제안하고 있으며 이동단말간의 신호 인터페이스, 무선단말 어댑터, 무선 라디오포트, 이동 및 고정 ATM교환기술에 대하여 취급하고 있고 특히 사용자 및 제어평면 프로토콜 계층구조도 제시하였다[4].

2.2 트래픽모델

가입자가 제한된 자원을 경쟁할 때마다 통신시스템에서는 큐(queue)가 형성되기 때문에 큐잉 프로세스를 분석하는 것은 성능 평가의 필수요소이다. ATM통신망에서도 성능분석을 위해 큐잉이론을 도입하는 것은 예외가 아니며 이를 위해 그림 2와 같은 큐잉 시스템(queueing system)을 이용한다[5]. 가입자가 큐잉시스템에 도착되면 서비스되기를 기다리며 즉시 서비스되지 않으면 버퍼(buffer)라고 불리는 저장영역에서 일정시간동안 기다린 후 서비스되어 시스템을 벗어나게 된다. ATM통신망에서 가입자는 셀, 버스트 또는 접속호가 될 수 있다. 이러한 큐잉 시스템은 가입자의 도착 패턴, 가입자의 서비스 패턴, 서비스 채널수 및 시스템 용량에 의해서 특징되어 진다[6].

가입자의 도착 패턴은 큐잉 시스템의 입력에 해당되며 평균도착율(λ)과 평균 inter-arrival 시간에 의해서 정해진다.

그리고 가입자의 서비스 패턴은 가입자의 서비스율(μ) 또는 가입자를 서비스하는데 소요되는 시간(s)으로 특징지어 질 수 있으며 이는 서버가 비어있지 않다는 데 근거를 두고 있다. 서버 시스템이 비

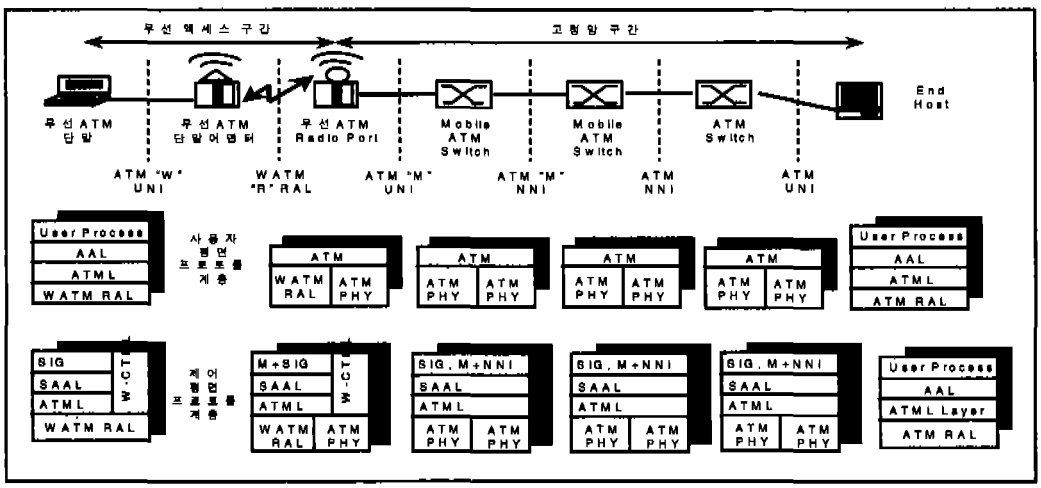
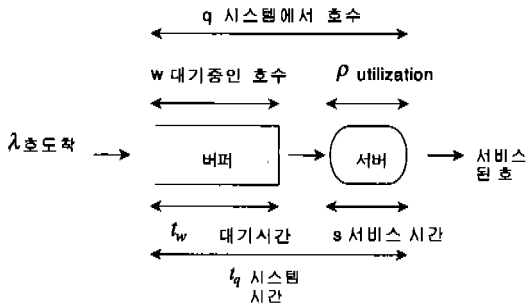


그림 1. 무선ATM 접속망의 기준모델

www.dbpia.co.kr



λ: 단위시간당 평균 호도착 횟수
s : 각 가입자당 평균 서비스시간
ρ: 이용률(서버가 서비스중인 시간 비율)
q : 시스템에 존재하는(기다리고 있거나 서비스중인) 평균 가입자수
t_q : 가입자가 시스템에서 머무르는 평균시간
w : 서비스되기 전에 대기하는 평균 가입자수
t_w : 가입자가 서비스되기 전에 대기하는 평균시간

그림 2. 큐잉 시스템

어있다면 서버 시스템은 idle 상태라고 말하며, ATM셀 버퍼가 비어 있으면 연속적인 공(empty)셀 슬롯이 전송되어 서버는 동기를 맞추게 된다. ATM 버퍼의 수학적인 해석에서 동기는 종종 무시되며 셀이 공 버퍼에 입력되자 마자 즉시 서비스 상태에 진입한다고 가정한다. 결국 ATM 트래픽은 셀 레벨, 버스트셀 레벨, 호 접속레벨로 구분하여 분석되어야 하며 표1은 이들 시간 레벨의 특징을 나타낸다[6].

표 1. 시간 레벨

레벨	Stochastic 현상	Stochastic 모델	트래픽 손실
셀 레벨	다른 source에서 발생되는 셀의 통계적인 다중화	큐 모델	셀 손실
버스트 셀 레벨	패킷 또는 패킷그룹의 통계적인 다중화	큐 및 population 모델	셀 손실
호 접속 레벨	호접속	population모델 (Erlang)	호 접속 손실

2.2.1 셀 레벨 큐잉

CBR 음성 source들이 1개의 버퍼에 셀을 보낼 때, 모든 음성 source로 부터의 셀 도착 프로세스를 모델하는 경우 음성 source의 수가 충분히 크다고 할 때 포아손(poisson) 프로세스를 이용한다. 포아손 프로세스는 하나의 통계적인 모델이며 그림 3에서 와 같이 슬롯당 도착되는 셀 수를 취급한다. 이러한 셀 레벨의 큐잉을 셀 레벨 큐잉이라고 한다.

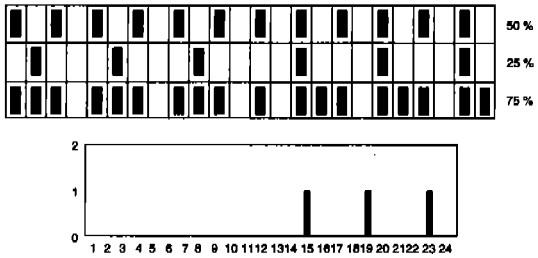


그림 3. 셀 레벨 큐잉

2.2.2 버스트셀 레벨 큐잉

하나의 셀 슬롯이 아닌 여러 셀 슬롯을 고려하면 주어진 기간동안의 셀 버스트를 생각할 수 있다. 즉 동시성 버스트형태로 발생하는 셀의 수가 "동시(simultaneous) 기간"의 셀 슬롯수를 초과할 때 큐잉이 발생한다. 원래 CBR source 트래픽은 하나의 셀이 도착된 후에 일정길이의 비활성(inactive) 상태가 따르는 것으로 특징지어질 수 있으며 VBR source 트래픽은 버스트 셀의 활성(active) 상태와 매우 긴 비활성 상태로서 특징 지울 수 있다. 여기서 버스트는 일정 시간동안의 셀 도착율로 정의된다. 즉 버스트 셀 레벨 큐잉은 동시 버스트의 총입력율이 ATM버퍼의 셀 슬롯율을 초과하는 경우이다. 50%, 25% 및 33%의 셀 발생률을 갖는 source를 생각할 때 총 셀 발생률은 큐의 서비스율을 초과하고 일정기간동안 셀이 지연되게 된다. 그림 4와 같이 장기간의 큐잉을 버스트 셀 레벨 큐잉이라고 한다.

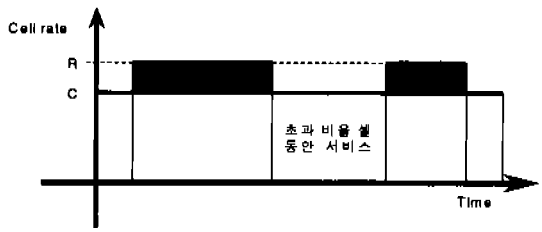


그림 4. 버스트 셀레벨 큐잉

2.2.3 호 접속 레벨

호 폭주(congestion)에 의해 서비스 채널이 모두 사용중일 경우 호 접속을 행하지 않고 곧 바로 접속을 거절하는 방식을 즉시식(loss system)이라 한다[6]. 교환선군중 입력 회선수가 대단히 큰 경우에

www.dbpia.co.kr

는 무한개의 입력 회선수로 가정할 수 있는데, 서비스 채널수가 s가 되는 무한 입선의 즉시식에 대한 트래픽 모델이 적용된다. 이러한 모델은 서비스 채널의 상태(비어있거나 사용중인 상태)가 입력되는 호에 영향을 받지 않기 때문에 가장 간단한 모델이라고 할 수 있으며, 큐잉에 적용시켜 보면 그림 5와 같이 나타낼 수 있고 다음과 같은 가정이 내포된다.

① 입력된 호에 대해서 큐가 할당되지 않으면 손실됨.
② 호의 도착률(λ)은 일정함(포아손 입력).
③ 호의 서비스(보류)시간 분포는 지수분포임.
④ 서비스 채널수는 s개로 한정함.
⑤ k 개의 사용중인 채널에 대해 dt동안 1개의 서비스가 종료될 확률은 $k\mu\, dt$ 임.

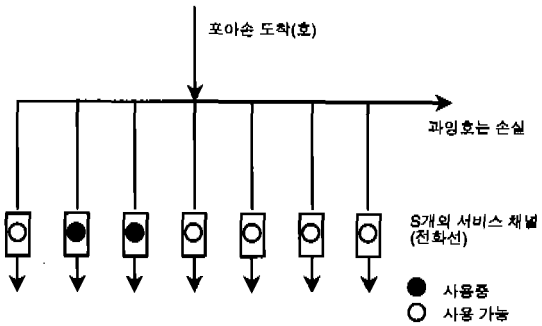


그림 5. 무한 입선의 즉시식 모델

이러한 무한 입선의 즉시식에서 시스템의 상태 천이도는 그림 6과 같다.

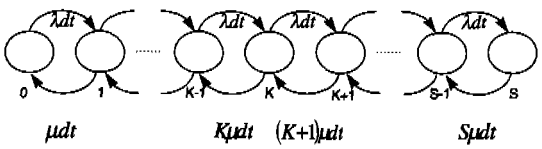


그림 6. 무한 입선의 즉시식에 대한 상태 천이도

$$P_k = \frac{\frac{a^k}{k!}}{\sum_{k=0}^{s}\frac{a^k}{k!}} \qquad (1)$$

랜덤변수 k에 대한 식 (1)의 분포를 큐잉이론에서는 "제 1의 얼랑분포(First Erlang distribution)"라 하며, 가해진 트래픽량이 a인 통신망의 트래픽 측면에서는 식 (1)의 분포를 "얼랑 B 분포(Erlang B distribution)"라 한다. s 개의 채널이 모두 사용중이서 도착된 호가 손실(lost)되는 확률인 호손율은 식 (2)와 같이 주어진다.

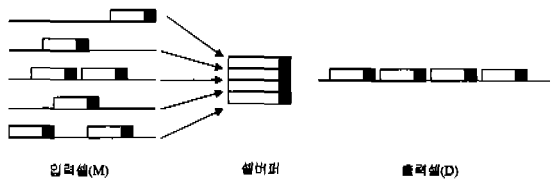
$$B = P_s = \frac{\frac{a^s}{s!}}{\sum_{k=0}^{s}\frac{a^k}{k!}} \qquad (2)$$

식 (2)를 큐잉이론에서는 "얼랑 손실식(Erlang loss formular)"이라 하며, 통신망의 트래픽 측면에서는 "얼랑 B 식(Erlang B formular)"이라고 한다.

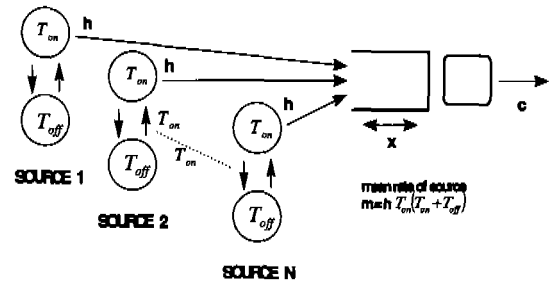
Ⅲ. 무선ATM 접속망의 CLR과 호손율 분석

3.1 무선 접속노드의 CLR분석

유한용량의 버퍼는 여러 종류의 많은 입력 셀 source로부터 다중화된 셀이 일시적으로 저장되는 ATM망의 기본요소이다. 다른 종류의 source로 부터의 셀 흐름, 입력 source의 수, 셀이 서비스되는 서비스율에 따라 버퍼의 점유율이 달라지며 셀 손실 및 셀 지연현상이 발생하게 된다. 따라서 셀의 크기를 얼마로 할 것인지가 관건인데 여기서는 CBR, VBR, 랜덤 트래픽 source로부터 셀이 입력될 때 무선접속 노드에서의 셀 손실율, 버퍼 용량 및 지연시간, 호손율을 계산하기로 한다.



(a) 셀 레벨에 적용하기 위한 큐잉모델



(b) 버스트 셀레벨에 적용하기 위한 다중 ON-OFF source 모델

그림 7. 무선접속노드에 적용하기 위한 트래픽 모델

www.dbpia.co.kr

랜덤 트래픽이나 CBR 트래픽의 경우에는 셀 레벨의 성분만이 존재하며 버스트성의 source가 존재하는 경우에, 즉 활성상태의 수가 셀 슬롯율을 초과하는 경우에 셀 레벨과 버스트 셀레벨이 모두 존재한다. 그림 7은 무선접속노드에 적용하기 위한 트래픽 모델을 나타낸다[5,6].

3.1.1 VBR 트래픽의 CLR

VBR 트래픽인 경우 셀 레벨 큐잉이 존재하게 되며 버스트 셀레벨 큐잉 성분도 있으며 버스트 셀레벨의 손실인자(loss factor)와 버스트 셀레벨의 지연인자(delay factor)가 존재한다. 버스트 셀레벨 큐잉의 경우 과도셀율(excess-rate)에 대하여 분석하면 도착셀이 과도셀율의 셀일 확률과 과도셀율의 셀이 소실될 확률을 생각할 수 있다. 결국 셀이 손실될 확률은 식 (3)과 같다[5].

Pr{셀 손실}=Pr{셀이 손실됨/셀이 버퍼를 필요로 함}

$$\times \Pr\{\text{셀이 버퍼를 필요로 함}\} \qquad (3)$$

결국 CLR은 셀 레벨과 버스트 셀레벨 성분으로 구분하여 식 (4)와 같이 계산된다[5].

$$CLR_{cs} = \exp\left[-2x\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)\right]$$

$$CLR_{bsl}CLR_{bsd} = \exp\left[-N_0\frac{x}{b}\frac{(1-\rho)^3}{4\rho+1}\right] \times \frac{1}{(1-\rho)^2 N_0}\frac{(\rho N_0)^{\lfloor N_0 \rfloor}}{\lfloor N_0 \rfloor !}e^{-\rho N_0} \qquad (4)$$

CLR_{cs}은 셀 레벨 큐잉환경에서의 셀 손실율, CLR_{bsl}은 버스트 셀레벨 큐잉환경에서의 손실성분(loss option), CLR_{bsd}은 버스트 셀레벨 큐잉환경에서의 지연성분, ρ 는 이용률, x는 버퍼의 크기, N_o는 셀 슬롯율과 1개 source가 발생하는 최대 셀율의 비($\frac{C}{h}$), $\lfloor N_o \rfloor$는 N_o이하의 첫 번째 정수값, b 는 버스트당 평균 셀수를 말한다.

3.1.2 CBR 트래픽의 CLR

CBR 트래픽인 경우에 *ND/D/1* 큐를 이용하여 모델링될 수 있으며 입력 프로세스는 *N*개의 독립적인 주기성 source를 가지며 각 source는 동일주기 *D*를 갖는다. 버퍼용량은 무한대라고 가정하며 CLR은 큐가 임의의 버퍼크기 *x*를 초과할 확률에 의해서 근사될 수 있으며 식 (5)와 같이 된다[53].

$$CLR = Q(x) = \sum_{n=x+1}^{N}\left\{\frac{N!}{n!(N-n)!}\left(\frac{n-x}{D}\right)^n \left[1-\left(\frac{n-x}{D}\right)\right]^{N-n}\frac{D-N+x}{D-n+x}\right\} \qquad (5)$$

*ND/D/1*에서 CLR값은 셀 입력률이 서비스율에 근접할 때 근사값으로 구할 수 있으며 이러한 경우를 과부하 트래픽(heavy traffic) 상태라고 한다. 즉 *ND/D/1* 큐의 과부하 트래픽조건에서의 CLR은 $CLR = Q(x) = \exp\left[-2x\left(\frac{x}{N}+\frac{1-\rho}{\rho}\right)\right]$ 이다. 과부하 트래픽상태인 경우에 *ND/D/1* 큐의 CLR은 *M/D/1* 큐의 CLR과 유사하며 *x*값이 작은 경우에는 *ND/D/1*이 *M/D/1* 큐와 유사하게 동작하나, *x*가 큰 경우는 *ND/D/1* 큐의 CLR 수식에서 x^2항 성분을 무시할 수 없으므로 다른 성능을 나타낸다. 따라서 *N*값이 매우 큰 경우에 포아손 프로세스(poisson process)는 *N* CBR source에 대해 매우 적절한 근사치이며 $N\to\infty$인 경우에 *ND/D/1* 과 *M/D/1*은 일치하게 된다.

3.1.3 랜덤 트래픽의 CLR

랜덤 트래픽인 경우에 CLR는 M/D/1 큐 시스템을 이용할 수 있으며 M/D/1시스템의 경우에 식 (6)과 같다[5].

$$CLR = Q(x) = \exp\left[-2x\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)\right] \qquad (6)$$

이때 $\frac{\rho}{2(1-\rho)}$는 M/D/1 시스템의 평균 큐 길이가 되며 $\frac{2(1-\rho)}{\rho}$는 큐 길이가 감소하는 율을 나타낸다. 그리고 Q(x)는 큐 크기가 x를 초과할 확률을 나타내는데 이는 유한한 버퍼크기 x에 대한 CLR의 근사식이 된다.

3.2 무선 채널의 CLR분석

3.2.1 랜덤 비트에러 환경

독립적이고 동일하게 분포된 랜덤 단일 비트에러가 일정한 BER값 p로 전송링크에서 발생하는 경우 식 (7)과 같이 이항 분포식를 따른다[55]. 이는 길이 h의 블록에 n비트 에러가 발생하는 확률로서 CLR 산출의 기본식이 된다. s는 단일 랜덤비트 에러를 의미하고 P_c 및 P_d는 각각 수신측이 정정 및 검출 모드에 있을 확률을 말한다. CLR(Cell Loss Ratio)

www.dbpia.co.kr

은 셀이 폐기되는 확률로서 HEC가 단일비트 에러를 정정할 수 있으므로 2개 이상의 에러가 발생하는 확률, 즉 $1-P_s(0)-P_s(1)$로 계산된다.

$$P_s(n) = {}_hC_n p^n (1-p)^{h-n} \quad (7)$$

CLR은 셀이 폐기되는 확률로서 HEC가 단일 비트에러를 정정할 수 있으므로 2개 이상의 에러가 발생하는 확률, 즉 $1-P_s(0)-P_s(1)$로 계산된다. 그러나 버스트 에러에 대한 취약성을 해소하기 위해서 그림8과 같이 HEC의 이중모드(dual-mode)상태가 채택된다.

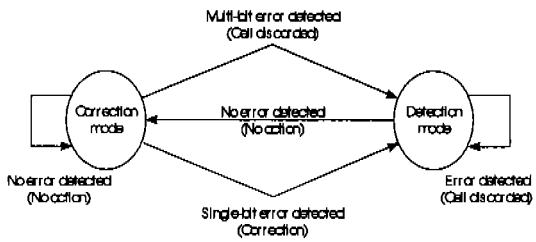


그림 8. HEC 알고리즘의 이중모드 상태

정상 동작 조건하에서 수신측은 단일비트에러 정정모드에 있게되며 단일비트에러가 감지되면 에러는 정정되고 수신측은 검출모드로 전환된다. 그리고 다중비트에러가 검출되는 경우에 셀은 폐기되며 수신측은 검출모드로 전환된다. 검출모드에서는 셀에 에러가 발생한 경우에(단일 에러검출인 경우에도 포함) 셀은 폐기된다. 그리고 검출모드에서 헤더의 에러가 검출되지 않으면 수신측은 정정모드상태로 전환된다. 그러므로 2개의 연속적인 셀 헤더에 단일비트에러가 발생된다면 셀 헤더의 에러가 모두 정정되었을 지라도 두 번째 셀은 무조건 폐기된다. 다시 말하면 셀이 폐기되는 경우는 수신측이 정정모드이고 에러가 2개 이상 발생하는 경우이거나 수신측이 검출모드이고 최소한 1개 이상의 에러가 발생하는 경우이다. 그러므로 셀 손실율은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} CLR &= P(\text{정정모드}) \cdot P(\text{헤더에 2개이상 에러 발생}) \\ &\quad + P(\text{검출모드}) \cdot P(\text{헤더에 1개이상 에러 발생}) \\ &= P_c[1-P_s(0)-P_s(1)] + P_d[1-P_s(0)] \end{aligned} \quad (8)$$

이 식에서 S는 단일 랜덤비트에러를 의미하고 P_c 및 P_d는 각각 수신측이 정정 및 검출모드에 있을 확률을 말한다. P_c 및 P_d는 이중모드 상태를 갖는 HEC를 2개의 상태를 갖는 Markov chain으로 모델링하여 계산될 수 있다. 상태방정식을 이용하면 $P_c = P_s(0)$이고 $P_d = 1-P_s(0)$가 되며 $hp \ll 1$인 경우에 $(1-p)^h \approx 1 - ph + p^2 \frac{h(h-1)}{2}$ 이 된다.

결국

$$\begin{aligned} CLR &= P_s(0)[1-P_s(0) - P_s(1)] + [1-P_s(0)][1-P_s(0)] \\ &= 1 - P_s(0) - P_s(0)P_s(1) \\ &= 2{,}380p^2 - 123{,}240p^3 \end{aligned} \quad (9)$$

3.2.2 버스트 에러 환경

무선 시스템에서는 전력효율을 향상시키기 위해서 FEC 기법을 사용하며 콘벌루션(convolution) 코드와 비터비 복호기(viterbi decoder)를 이용한다. 이때 FEC가 정상적으로 동작하지 못하는 경우에 버스트 에러가 발생할 수 있으며 이때 복호기 출력에서 버스트 에러모델이 주요연구대상이다[60]. 즉, 평균 버스트 길이와 버스트에서의 에러가 포아손 분포를 따른다고 하면 Neyman-A contagious 모델을 적용할 수 있다[55]. 이 경우에 평균에러 버스트 길이가 b이고 h비트의 간격에 n 비트의 에러가 발생할 확률 $P_B(n)$은 식(10)과 같다. 여기서 p는 복호기 출력에서 BER이며 b는 6 정도의 값이 적용된다

$$P_B(n) = \frac{b^n}{n!} \exp\left(\frac{-hp}{b}\right) \sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{hp}{b} \exp(-b)\right)^j \frac{j^n}{n!} \quad (10)$$

CLR은 2개이상의 에러가 발생하는 확률로 모델링할 수 있고 이 경우 HEC의 이중모드 동작상태와 에러가 검출되지 않는 경우는 무시하기로 한다. P(2개 이상의 에러 발생)는 $1 - P_B(0) - P_B(1)$가 되며 $x \ll 1$인 경우에 $1 - \exp(-x) \approx x$ 이고 헤더(h)의 비트수는 40비트이므로 CLR은 식(11)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} &1 - P_B(0) - P_B(1) \\ &= 1 - \frac{b^0}{0!} \exp\left(-\frac{hp}{b}\right) \sum_{j=0}^{\infty} \left[\frac{hp}{b} \exp(-b)\right]^j \frac{j^0}{0!} \\ &\quad - \frac{b^1}{1!} \exp\left(-\frac{hp}{b}\right) \sum_{j=0}^{\infty} \left[\frac{hp}{b} \exp(-b)\right]^j \frac{j^1}{1!} \\ &= 1 - \exp\left(-\frac{40p}{b}\right)\left[1 + \frac{(1+b)40p}{b} \exp(-b)\right] \end{aligned} \quad (11)$$

3.2.3 수식결과 분석

광전송시스템의 경우에서와 같이 단일비트에러가

www.dbpia.co.kr

발생하는 경우는 이항분포식을, 무선통신시스템의 경우와 같이 burst 에러가 발생하는 경우에는 포아손 분포를 따른다고 가정하여 단일 에러와 버스트 에러의 두가지 전송환경을 고려하였다. 변조방식은 QPSK를 이용하고 콘벌루션 코드(코드율: r=1/2, 구속장: ν=7)와 비터비 복호기를 이용한다. 여기서 p는 비터비 복호기 출력에서 BER이며 p_e는 복조기의 출력 비트에러, γ는 비트당 에너지 대 잡음전력 밀도비를 말하고 D는 Bhattachayya의 상한식, M은 신호의 상태수를 말한다. 그리고 페이딩 환경은 지상 무선통신에 적용할 수 있는 레일리(Rayleigh) 페이딩을 가정하였다.

$$p \le 1/2(7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10}) \qquad (12)$$

$$D = \sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{M-1}} + \left[\frac{M-2}{M-1}\right]p_e$$

$$p_e = \frac{1}{2}\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1+\frac{2}{\gamma}}}\right]$$

본 분석에서 버스트의 길이는 6, 40으로 가정하였다. 그림 9는 랜덤에러 환경에서의 결과인 R(γ)와 버스트 에러환경에서의 결과인 B(γ, b)를 나타내며 CLR의 경우 버스트 에러환경이 랜덤에러환경보다 성능이 저하됨을 알 수 있다. 버스트에러환경인 경우 버스트 길이가 6이고 γ=5, 10, 15, 20, 25, 30 일 때 CLR값은 각각 0.481, 9.257×10^{-3}, 9.596×10^{-5}, 1.097×10^{-6}, 1.468×10^{-8}, 2.204×10^{-10} 이며 랜덤 에러환경에서는 γ=5, 10, 15, 20, 25, 30 일 때 0.984, 4.484×10^{-3}, 5.103×10^{-7}, 6.673×10^{-11}, 1.553×10^{-14}, 4.951×10^{-15}이 된다. γ값이 거의 10 dB 이상인 경우 랜덤에러 환경보다 버스트 에러환경에서의 성능이 저하됨을 알 수 있다.

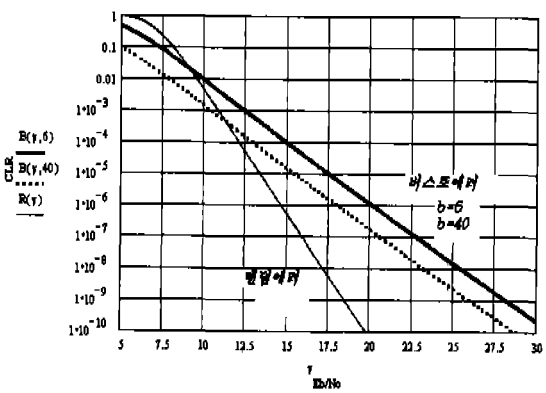


그림 9. E_b/N_o에 따른 CLR 파라메터 분석

3.3 접속망의 CLR과 호손율 분석

무선 ATM접속망의 성능은 무선 접속노드 및 무선채널을 모두 고려하여 CLR과 호손율간의 트래픽 성능을 평가한다. 무선접속노드의 버퍼 오버플로로 인한 CLR과 무선채널의 BER에 따른 CLR은 서로 독립적인 프로세스라고 가정한다. 그리고 이 CLR를 이용하여 VBR, CBR, 랜덤트래픽이 발생되어 버스트성 채널에 전송되는 경우 호손율을 계산할 수 있다. 통합 CLR은 $CLR_T = CLR_O + (1-CLR_O)CLR_C$이 되며 여기서 CLR_O는 무선접속노드의 CLR이며 CLR_C는 무선채널의 CLR을 의미한다[7]. CAC(Connection Admission Control)는 많은 다른 알고리즘에 근거를 두고 있으며 셀 손실과 셀 지연외에 중요한 서비스 파라메터는 식 (13)에서 보여준 접속호의 호손율이며 CAC 알고리즘과 제공되는 트래픽 특성에 의존한다. 그러나 호손율을 평가하는 것은 어려운 일이지만 CAC 알고리즘을 허용가능한 접속회선수를 제한하는 것에 근거를 둔다면 Erlang의 호손실 공식을 이용할 수 있다. ATM 링크의 서비스 용량을 N개의 회선으로 나눈다고 할 때 모든 회선이 점유되는 경우 CAC 알고리즘은 어떠한 호 접속도 거절할 것이다. 셀 손실 및 셀 지연에 관한 성능은 허용 가능한 최대 접속회선수를 결정한다.

$$B(N,a) = \frac{\frac{a^N}{N!}}{\sum_{k=0}^{N}\frac{a^k}{k!}} \qquad (13)$$

3.3.1 VBR 트래픽

N개의 VBR source에서 ATM 데이터가 발생되어 버스트채널을 통하여 전송되는 경우에 무선 접속노드에서 발생되는 호손율을 계산하기 위해 셀 손실율과 트래픽량(a)별 source의 수(N)에 따른 호손율 B(N, a)를 이용한다. VBR source인 경우에 rate sharing이 아닌 rate envelope 다중화(multiplexing)인 경우만을 고려하기로 한다. 즉 짧은(short) 버퍼로부터의 CLR이 상이한 피이크 셀율(peak cell rate)의 VBR source에 대해 이용도(utilization)에 따라 어떻게 변하는지를 보여줄 수 있다. 이런 관계를 규정하는 주요변수는 $N_0\left(=\frac{C}{h}\right)$이며 N_0와 CLR이 주어지면 이용도를 구할 수 있고 통합 CLR은 식 (14)와 같다.

www.dbpia.co.kr

$$CLR_T = CLR_O + (1-CLR_O)CLR_C \quad (14)$$

$$CLRc = 1 - \exp(-\frac{40p}{b})[1+\frac{(1+b)40p}{b}\exp(-b)]$$

$$CLRo = CLR_{bsl} = \frac{1}{(1-\rho)^2 N_0}\frac{(\rho N_0)^{\lfloor N_0 \rfloor}}{\lfloor N_0 \rfloor !}e^{-\rho N_0}$$

3.3.2 CBR 트래픽

N개의 CBR source에서 ATM 데이터가 발생되어 버스트채널을 통하여 전송되는 경우에 무선 접속노드에서 발생되는 호손율을 계산하기 위해 셀 도착사이의 슬롯 수(D)별 source의 수(N)에 따른 셀 손실율 CLR(N, D)과 트래픽량(a)별 source의 수(N)에 따른 호손율 B(N, a)를 이용한다. 버퍼용량은 x, 셀 도착사이의 슬롯 수는 D, 일정한 셀율(h)는 $\frac{C}{D}$, 셀 슬롯 율은 C, 평균 셀율은 m, 링크 속도는 2.048 Mbps(4,528 cell/sec)이다.

$$CLR_T = CLR_O + (1-CLR_O)CLR_C \quad (15)$$

$$CLRc = 1 - \exp(-\frac{40p}{b})[1+\frac{(1+b)40p}{b}\exp(-b)]$$

$$CLR_0 = \sum_{n=x+1}^{N}\left\{\frac{N!}{n!(N-n)!}\left(\frac{n-x}{D}\right)^n \left[1-\left(\frac{n-x}{D}\right)\right]^{N-n}\frac{D-N+x}{D-n+x}\right\}$$

3.3.3 랜덤트래픽

랜덤 트래픽의 경우에도 셀손실율과 버퍼의 크기(x)가 정해지는 경우에 이용도(ρ)를 구할 수 있으며, 이용도로부터 최대 접속회선수를 알 수 있으므로 총 트래픽량이 주어지는 경우에 폐쇄(blocking) 확률인 호손율을 구할 수 있다.

$$CLR_T = CLR_O + (1-CLR_O)CLR_C \quad (16)$$

$$CLRc = 1 - \exp(-\frac{40p}{b})[1+\frac{(1+b)40p}{b}\exp(-b)]$$

$$CLR_o = Q(x) = \exp\left[-2x\left(\frac{1-\rho}{\rho}\right)\right]$$

Ⅳ. 무선ATM 접속망의 CLR 및 호손율평가

각각의 트래픽 source에서 ATM 데이터가 발생되어 버스트채널을 통하여 전송되는 경우에 무선 접속노드에서 발생되는 호손율을 구하기 위해 무선채널은 레일리 페이딩환경이라고 하고 버스트 에러(b=6)의 경우만 고려하며 변조방식은 QPSK를 이용한다. 이러한 환경에서 식 (14), 식(15), 식 (16)의 디코더 출력에서의 비트에러율 p는 식 (17)로 대체할 수 있다. p_e는 복조기 출력에서의 비트 에러율이며 M은 4가 적용된다.

$$p \le 1/2(7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10}) \quad (17)$$

$$D = \sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{M-1}} + \left[\frac{M-2}{M-1}\right]p_e$$

$$p_e = \frac{1}{2}\left[1-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{2}{\gamma}}}\right]$$

4.1 VBR 트래픽 source인 경우 접속망의 CLR과 호손율

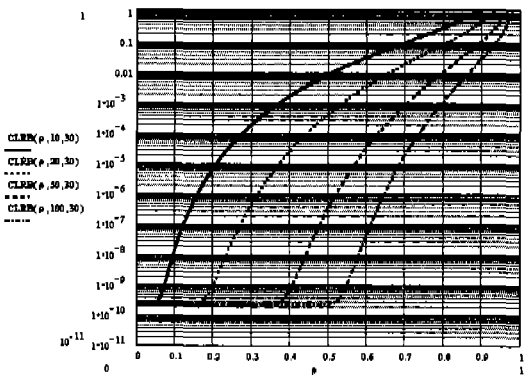
VBR Source의 경우 접속노드의 버퍼용량(x)을 10, 무선채널의 버스트 에러의 길이(b)를 6이라고 할 때 N_0 및 γ 별 부하량(ρ)에 따른 셀 손실율 CLRB(ρ, N_0, γ)은 그림 10과 같다. γ=10, 20 dB에서는 어떠한 부하량에서도 CLR값이 10^{-7}이상으로 서비스 목표치를 만족시키지 못한다. 여기서는 γ=30 dB인 경우를 해석하기로 한다.

$\rho = \frac{Nm}{C}$ 식을 이용하면 $N = \rho\frac{C}{m}$이므로 링크에 수용될 수 있는 최대 접속호수를 구할 수 있다. 예를 들어 피이크 셀율이 226 cell/sec이고 평균 셀율이 20 cell/sec이며 2.048 Mbps 링크에 다중화된다면 $N_0 = \frac{4,528}{226} \cong 20$이고 CLR이 10^{-7}인 경우에 이용도(ρ)는 0.27이다. 그리고 $\frac{C}{m} = \frac{4,528}{20} \cong 226$이므로 $N = \rho\frac{C}{m} = 0.27 \times 226 \cong 61$이 된다.

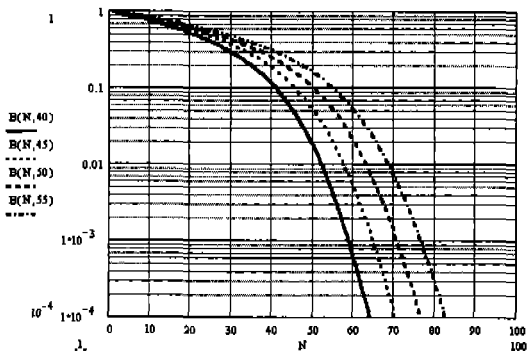
결국 Erlang-B 관계식을 이용하면 50 Erlang의 제공 트래픽은 최대 61회선에 대해서 0.02이하의 호손율을 나타낸다. 이때 진행중인 평균 접속회선수는 50이고 평균부하량 $\rho = \frac{Nm}{C} = \frac{50 \times 20}{4,528} = 0.22$가 된다. N_0=20이라고 하였으므로 ρ =0.22일 때 CLR값은 10^{-7}이하가 된다. 종합적으로 말하면 VBR 트래픽에 대해서 호손율이 고려될 때 실제의 CLR은 최대의 허용가능한 접속회선수에 대해서 보다 더 낮다.

즉 접속망의 CLR목표치가 정해지면 이용도와 CLR간의 관계로부터 이용도 및 호 접속회선수를 구할 수 있으며 호 접속회선수는 호 접속레벨의 Erlang-B 관계식과 관련되어 있으므로 셀 레벨의 CLR과 호 접속레벨의 호손율간의 관계를 정량적으로 분석할 수 있다.

www.dbpia.co.kr



(a) CLR



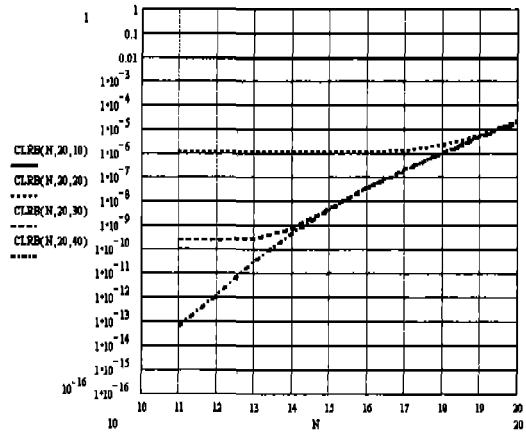
(b) 호손율

그림 10. 통합모델에서 VBR source인 경우의 CLR과 호손율

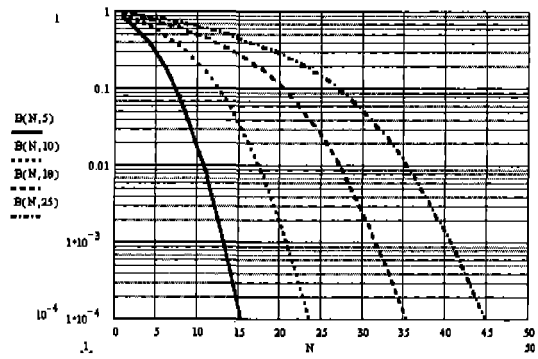
4.2 CBR 트래픽 source인 경우 접속망의 CLR과 호손율

CBR Source의 경우 접속노드의 버퍼용량(x)을 10, 고정 셀율(h)은 113 cell/sec, 평균 셀율(m)은 20 cell/sec, 링크속도는 2.048 Mbps(4,528 cell/sec)을 적용한다. 무선채널의 버스트 에러의 길이(b)를 6이라고 할 때 D 및 γ 별 최대 접속회선수(N)에 따른 셀 손실율 CLRB(N, D, γ)은 그림 11과 같다. γ=10, 20 dB에서는 어떠한 셀 도착사이의 슬롯수(D)에서도 CLR값이 10^{-7}이상으로 서비스 목표치를 만족시키지 못한다. 여기서는 γ=30 dB이고 D=20인 경우를 해석하기로 한다

이때 $D=\frac{C}{h}=\frac{4528}{113}\cong 40$ 이므로 CLR=10^{-7}이라고 할 때 N=25가 된다. 그리고 최대접속호수(N)를 알고 있으므로 호손율이 주어지는 경우 접속레벨에서 제공되는 트래픽량을 계산할 수 있다. 즉, Erlang-B 공식을 이용하면 된다. 최대 접속 호수(N)가 25일 때 18 Erlang의 트래픽량은 호손율이 0.02 이하가 된다. 그리고 진행중인 평균 접속 호수는 제공되는 트래픽량과 같으므로 18회선이 되며 18회선일때 셀 손실율은 1×10^{-7}이하가 된다. 이것은 트래픽 contract에서의 CLR 요구조건보다 낮은 값을 나타낸다. 즉 접속망의 CLR목표치가 정해지면 이용도와 CLR간의 관계로부터 이용도 및 호 접속회선수를 구할 수 있으며 호 접속회선수는 호 접속레벨의 Erlang-B 관계식과 관련되어 있으므로 셀 레벨의 CLR과 호 접속레벨의 호손율간의 관계를 정량적으로 분석할 수 있다.



(a) CLR



(b) 호손율

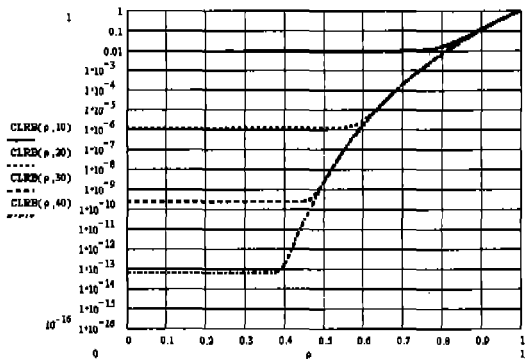
그림 11. 통합모델에서 CBR source인 경우의 CLR과 호손율

4.3 랜덤 트래픽 source인 경우 접속망의 CLR과 호손율

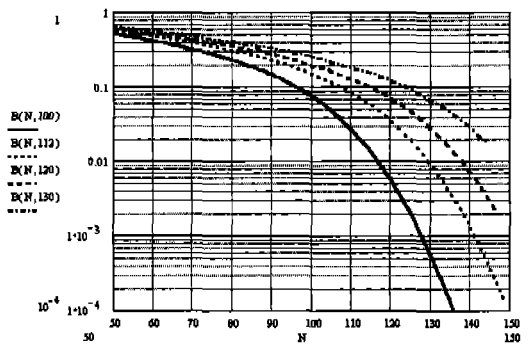
버퍼용량이 10, 무선채널의 버스트 에러의 길이(b)를 6 이라고 할 때 랜덤 source의 경우 부하량(ρ)에 따른 셀 손실율 CLRB(ρ, γ)은 그림 12와 같다. 그림 12에서 보듯이 γ=10, 20 dB에서는 어떠한 이용

www.dbpia.co.kr

도에서도 CLR값이 10^{-7}이상으로 서비스 목표치를 만족시키지 못한다. 여기서는 γ=30 dB 인 경우를 분석키로 한다. CLR이 10^{-7} 일때의 이용도(ρ)는 0.55이다. $\rho=\frac{Nm}{C}$ 식을 이용하면 $N=\rho\frac{C}{m}$ 이므로 링크에 수용될 수 있는 최대 접속회선수(N)를 구할 수 있다. 예를 들어 평균 cell rate가 20 cell/sec이고 2.048 Mbps 링크에 다중화되는 경우 최대 접속회선수(N)는 125이다. 그리고 112 Erlang의 제공 트래픽은 최대 125회선에 대해서 0.02이하의 호손율을 갖는다. 그리고 진행 중인 평균 접속 호수는 제공되는 트래픽량과 같다. 결국 112 회선인 경우의 평균 부하량은 $\rho=\frac{Nm}{C}$=0.5이며 이때의 셀손실율은 1×10^{-7} 보다 작다. 이것은 트래픽 contract에서의 CLR 요구조건보다 낮은 값을 나타낸다. 즉 접속망의 CLR목표치가 정해지면 이용도와 CLR간의 관계로부터 이용도 및 호 접속회선수를 구할 수 있으며 호 접속회선수는 호 접속레벨의 Erlang-B 관계식과 관련되어 있으므로 셀 레벨의 CLR과 호 접속레벨의 호손율간의 관계를 정량적으로 분석할 수 있다.



(a) CLR



(b) 호손율

그림 12. 통합모델에서 랜덤 source인 경우의 CLR과 호손율

V. 맺음말

본 논문에서는 무선접속노드와 무선채널로 구성되는 무선 ATM접속망에서 셀 손실율과 호손율간의 관계를 분석함으로서 QoS(Quality of Service)를 고려한 무선ATM 접속망의 트래픽 설계방안을 제시하였다. 무선ATM 접속망의 CLR은 VBR, CBR 및 랜덤 트래픽별로 변수들이 다소 차이는 있지만 일반적으로 채널의 비트 에러율, 이용도 및 버퍼용량에 좌우된다. 그리고 서비스 목표치인 접속망의 CLR값이 정해지면 접속망에 수용 가능한 최대 접속회선수를 구할 수 있으며 최대 접속 회선수와 관련하여 서비스 목표치인 접속망의 호손율이 정해지면 Erlang-B 곡선으로 부터 접속망의 트래픽량을 계산할 수 있다. 결국 셀 레벨 및 버스트 셀레벨로 평가되는 ATM 트래픽의 CLR을 호접속 레벨과 관련시켜서 접속망의 총 트래픽량을 계산할 수 있으며 CLR과 호손율간의 관계를 분석한 내용은 무선 ATM 접속망 설계에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] Dipankar Raychaudhuri, "ATM-based Transport Architecture for Multiservices wireless Personal Communication Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 8, October 1994

[2] B. Jafarian and A. H. Aghvami, "Performance of Multiservice Dynamic Reservation (MDR) TDMA for Multimedia Wireless Networks," IEEE ICUPC'96, pp. 291-294, 1996

[3] Dipankar Raychaudhuri, "Wireless ATM Networks : Architecture, System Design and Prototyping," IEEE Personal Communications, pp. 42-49, Aug. 1996

[4] C-K Toh, "Wireless ATM and AD-Hoc Networks," Kluwer Academic Publishers, pp. 27-28, 1997

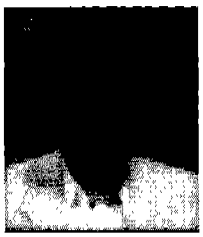
[5] J. M. Pitts and J. A. Schormans, "Introduction to ATM Design and Performance," John Wiley & Sons, 1996

[6] Mike Sexton, Andy Reid, Broadband Networking, Artech House, Boston, 1997

www.dbpia.co.kr

[7] Abbas Mohammadi, David Klymyshyn and Surinder Kumar, "Characterization of Effective Bandwidth as a Metric of Quality of Service for Wired and Wireless ATM Networks," IEEE '97, pp. 1019-1024, 1997

이 하 철(Ha Cheol Lee) 정회원



1983년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)
1990년 8월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학석사)
1999년 8월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학박사)
1993년 12월 : 정보통신기술사
1999년 3월 : 특급감리원(정보통신)
1983년 3월~1985년 6월 : 한국전자통신연구소 연구원
1985년 6월~1995년 8월 : 한국통신 연구개발원 연구실장
1995년 9월~현재 : 유한대학 정보통신과 조교수
<주관심 분야> 무선 데이터통신, ATM통신, 트래픽 이론, 통신 프로토콜

이 병 섭(Byung Seub Lee) 정회원

1979년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업 (공학사)
1981년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
1990년 5월 : New Jersey Institute of Technology (공학박사)
1981년 3월~1992년 9월 : 한국전자통신연구소 연구실장
1992년 9월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 부교수
<주관심 분야> 위성통신, 신호처리, Adaptive array 안테나, 무선ATM망

www.dbpia.co.kr