Journal of Korea Multimedia Society Vol. 7, No. 5, May 2004(pp. 713-720)

무선 ATM 가입자망에서 VBR 트래픽의 CLR 성능개선

이 하 철†

요 약

본 논문에서는 접속노드와 무선채널로 구성되는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)기반의 무선 ATM 가입자망에서 VBR(Variable Bit Rate) 트래픽의 CLR(Cell Loss Ratio) 성능을 개선하기 위한 기법을 제안하였다. 이를 위해 우선 무선 ATM 가입자망의 트래픽 모델을 cell scale과 burst scale로 구분하여 분석한 후, 무선접속노드에서 VBR 트래픽의 CLR과 무선채널에서 랜덤에러 및 버스트 에러환경의 CLR 관계식을 분석하였다. 그리고 접속노드와 무선채널의 CLR이 서로 독립적인 관계임을 고려하여 무선 ATM가입자망의 CLR 관계식을 유도하였다. 또한 무선 ATM 가입자망의 CLR을 바탕으로 기존의 SR(Selective Repeat) ARQ(Automatic Repeat reQuest) 보다 Type I Hybrid ARQ기법을 적용한 경우에 CLR이 개선됨을 알 수 있었으며 개선정도를 정량적으로 산출하였다.

A Study on the CLR Performance Improvement for VBR Traffic in the Wireless ATM Access Network

Ha Cheol Lee†

ABSTRACT

In this paper we suggest error control scheme to improve CLR performance degradation on wireless ATM access networks which consist of access node and wireless channel. Based on the cell scale and burst scale, traffic model of wireless ATM access network is analyzed. The CLR equation due to buffer overflow for wireless access node is derived for VBR 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, and we evaluate the CLR performance on the wireless ATM access networks with conventional SR ARQ scheme and recommended error control scheme, that is, Type I Hybrid ARQ scheme. It is confirmed that CLR performance of the access networks with recommended error control schemes is superior to that of access networks with conventional error control scheme.

Key words : ATM(비동기 전달모드), CLR(셀손실율), ARQ(자동재전송요청)

1. 서 론

유선통신 환경에서는 ATM통신망의 구축으로 음성, 데이터, 영상등 멀티미디어 서비스제공이 이미 현실화되었다. 무선 통신환경에서도 유선계의 ATM 통신망과 접속할 수 있고 다양한 형태의 광대역 서비스를 제공할 수 있는 무선 ATM통신망 기술개발이 광대역 무선 LAN 분야에서 추진되고 있다. 궁극적으로 차세대 유무선 통합환경의 광대역 이동통신망으로의 진화할 전망이다[1]. 원래 ATM기술은 전송성능이 우수한 광전송을 기반으로 한 유선망에 적용할 수 있도록 개발되었다[2]. 그러나 무선ATM 통신망에서 ATM기술을 무선링크에 적용하는 경우에 페이딩에 따른 Rayleigh 및 Rician 채널특성, 전력제한

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이하철, 주소 : 경기도 부천시 소사구 괴안동 185-34(422-749), 전화 : 02)2610-0846, FAX : 02)2684-4295, E-mail : hclee@yuhan.ac.kr
접수일 : 2003년 8월 4일, 완료일 : 2003년 10월 16일
† 유한대학 정보통신과 부교수

특성을 갖고 있다. 또한 단일 및 버스트 에러로 인해 유선링크에서 보다 상당한 전송성능 열화가 예상되며 이를 보상하여 접속망의 CLR 성능을 개선하기 위한 방안들이 강구되어 왔다[3].

이러한 배경에서 본 논문에서는 ATM기반의 무선 멀티미디어 접속망의 트래픽 성능분석 모델을 정립하여 새로운 에러제어방안을 검토하였다. 검토한 내용을 토대로 VBR 트래픽에 적용되어 왔던 기존의 SR기법보다 접속망의 CLR 성능을 개선할 수 있는 새로운 에러제어 기법을 제시하였다. 그리고 접속망의 CLR 성능분석을 통해 제안한 기법이 기존의 기법보다 성능면에서 우수함을 정량적으로 입증하였다. 2장에서는 ATM 기반의 무선 멀티미디어 접속망의 구조 및 트래픽 모델을 분석한 후 새로운 에러제어 방안을 제시하였고 3장에서는 무선접속노드와 무선채널의 CLR 성능식을 유도한 후 이를 기반으로 접속망의 CLR 성능식을 도출하였다. 4장에서는 3장에서 유도한 접속망의 CLR 성능식을 이용하여 기존의 SR ARQ 기법과 본 논문에서 제안한 Type I Hybrid ARQ기법의 성능을 비교 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 연구결과를 바탕으로 접속망 설계시의 고려사항을 요약하였으며 향후 연구방향에 대하여 언급하였다.

2. 트래픽 모델과 에러제어방안

2.1 무선 ATM 가입자망

무선 ATM 가입자망은 무선환경에서 유선계의 ATM 백본망과 접속할 수 있고 유선 ATM 백본망에서 제공하는 다양한 광대역 통신서비스를 제공할 수 있는 유선 ATM망의 확장된 개념이다. 그러나 전파환경의 열악한 전송특성을 고려할 때 무선 ATM 가입자망에서 제공할 수 있는 서비스의 질과 양적인 측면에서 유선 ATM망과 많은 차이가 예상되며 이들 차이를 극복할 수 있는 기술개발에 따라 무선 ATM 가입자망의 실현가능성이 구체화될 것이다. 무선 ATM 가입자망의 기준모델은 그림 1과 같이 ATM Forum의 무선ATM그룹에서 제안하였다. 무선 ATM 통신은 유선과 달리 이동단말간의 신호 인터페이스, 무선단말 어댑터, 무선 라디오포트, 이동 ATM교환기술에 대하여 사용자 및 제어평면 프로토콜 계층구조도 제시하였다[1].

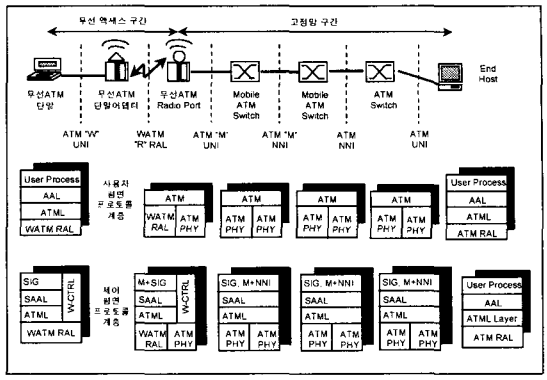
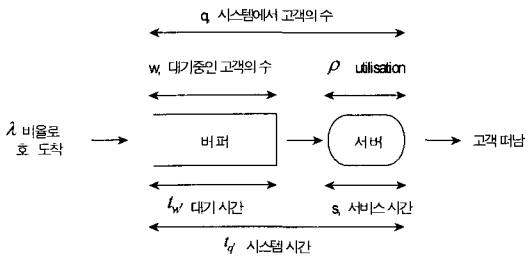


그림 1. 무선ATM 가입자망의 기준모델

2.2 트래픽 모델

가입자가 제한된 자원을 경쟁할 때마다 통신시스템에서는 큐가 형성되기 때문에 큐잉 프로세스를 분석하는 것은 성능 평가의 필수요소이다. ATM 통신망에서도 성능분석을 위해 큐잉이론을 도입하는 것은 예외가 아니며 이를 위해 그림 2와 같은 큐잉 시스템을 이용한다[2].

가입자가 큐잉시스템에 도착되면 서비스되기를 기다리며 즉시 서비스되지 않으면 버퍼(큐)라고 불리는 저장영역에서 일정시간동안 기다린 후 서비스되어 시스템을 벗어나게 된다. ATM 통신망에서 가입자의 트래픽은 셀, 버스트 또는 접속호가 될 수 있다. 이러한 큐잉 시스템은 가입자의 도착 패턴, 가입자의 서비스 패턴, 서비스 채널수 및 시스템 용량에



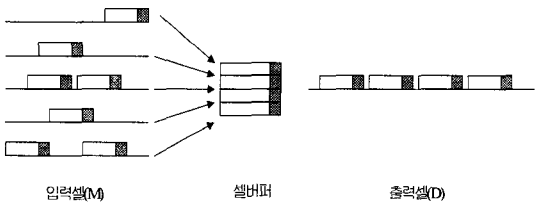
λ : 단위시간당 평균 호도착 횟수
s : 각 가입자당 평균 서비스시간
ρ : 이용률(서버가 busy인 시간 비율)
q : 시스템에 존재하는(기다리고 있거나 서비스중인) 평균 가입자수
t_q : 가입자가 시스템에서 머무르는 평균시간
w : 서비스되기 전에 대기하는 평균 가입자수
t_w : 가입자가 서비스되기 전에 대기하는 평균시간

그림 2. 무선 ATM 가입자망의 큐잉 모델

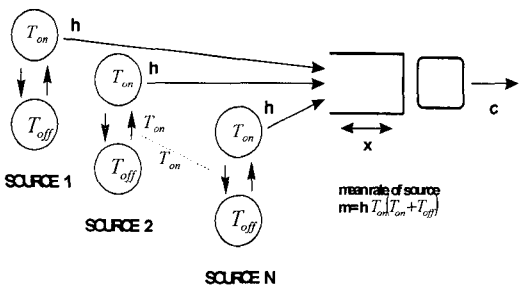
의해서 특징되어 진다[2].

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

가입자의 서비스 패턴은 가입자의 서비스율(μ) 또는 가입자를 서비스하는데 소요되는 시간(s)으로 정해 질 수 있다. 서버 시스템이 비어있다면 서버 시스템은 idle 상태라고 말하며, ATM셀 버퍼가 비어 있으면 연속적인 empty 셀 슬롯이 전송되어 서버는 동기를 맞추게 된다. ATM 버퍼의 수학적인 해석에서 동기는 종종 무시되며 셀이 empty 버퍼에 입력됨과 동시에 서비스 상태에 진입한다고 가정한다. 결국 ATM 트래픽은 셀 레벨 큐잉, 버스트 레벨 큐잉, 호 접속 레벨로 구분하여 분석되어야 한다. 그림 3은 트래픽 레벨에 따른 트래픽 모델을 나타낸다.



(a) 셀 레벨에 적용하기 위한 큐잉 모델



(b) 버스트 레벨에 적용하기 위한 다중 ON-OFF 소스 모델

그림 3. 트래픽 레벨에 따른 큐잉 모델

2.3 에러제어방안

무선 ATM 가입자망에서는 에러제어기술이 필요하며 ATM 데이터의 전송성능을 개선하기 위해 본 논문에서 제안하는 에러제어 구조는 그림 4와 같다. 인터리빙은 채널의 버스트 에러를 랜덤하게 하여 성능저하현상을 최소화 시킬수 있는 채널 인터리빙을

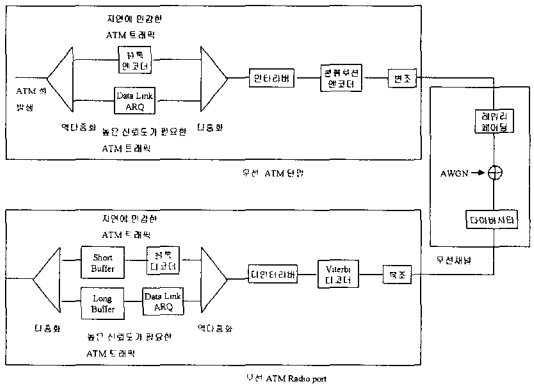


그림 4. 무선 ATM 가입자망의 에러제어구조

고려할 수 있으나 여기서는 FEC 디코딩의 버스트 에러를 랜덤하게 하여 에러율을 최소화 시킨다. 그리고 FEC는 채널의 에러율과 소요되는 E_b/N_o를 감소시키며 데이터 링크 ARQ는 매우 높은 신뢰성을 필요로 하는 데이터 트래픽에 적용하여 열악한 전송링크로 인한 TCP응용의 성능저하 현상을 감소시킨다. ATM 셀의 VPI/VCI에 근거한 다중화/역다중화 기능은 지연에 민감한 ATM 트래픽과는 달리 높은 신뢰도를 필요로 하는 ATM 트래픽에 데이터 링크 ARQ 프로토콜을 적용하기 위한 것이다[3].

링크레벨에서 ARQ 프로토콜을 적용하는 것은 특정링크에 대한 재전송절차를 부분적으로 처리하여 TCP의 단-대-단 프로토콜 동작으로 인한 재전송부하를 감소시키기 위한 것이다. 결국 무선링크에서 에러로 인한 TCP의 폭주제어 절차를 피하게 된다.

무선채널환경은 변화의 폭이 매우 크기때문에 전송성능을 최적화하기 위해서 에러제어 기법들을 선택하는 것은 무선채널 특성에 의해서 결정되며 기법들간에 trade-off가 따르게된다. 그러므로 서로 다른 채널환경에 대해서 적절한 파라메터를 선택하는 것은 매우 다양하며 에러제어 구조는 채널환경에 따라 달라진다. 인터리버/디인터리버는 버스트성 잡음채널에서만 필요하고 지연에 민감하지 않은 신뢰성있는 트래픽 전달을 필요로 하는 경우에 주로 적용되며 지연에 민감한 트래픽에 대해서는 적합치 않다. 이를 위해서 트래픽을 형태별로 구분하여 적합한 에러제어 기법을 적용하기 위한 다중화/역다중화 기능을 도입한다. CBR 트래픽과 같이 지연에 민감한 실시간성 트래픽에 대해서는 가급적 작은 인터리버 길이를 사용하고 블록코드와 콘벌루션코드를 직렬 결합한

concatenated FEC 기법을 적용한다. 그리고 VBR 트래픽과 같이 지연에 민감하지 않고 높은 신뢰도를 필요로 하는 ATM 트래픽에 대해서는 길이가 더 큰 인터리버를 사용함과 동시에 콘벌루션코드와 데이터링크 ARQ 프로토콜을 이용하는 적응형 Type I Hybrid ARQ 기법을 적용한다. 결국 각 에러제어 기법들이 무선 ATM망의 트래픽 속성에 따라 인터리빙 기법과 함께 그림 4의 통합 에러제어 구조하에서 융통성 있게 적용되어야 한다.

많은 트래픽이 통합될 때 셀 레벨 요소는 항상 존재하므로 버퍼는 이러한 요소를 처리할 수 있어야 하며 버스트 레벨이 존재할 때는 다음 두 가지 요소를 고려해야 된다. 하나는 총 입력률이 셀 슬롯율을 초과하지 않도록 버스트 트래픽 소스의 수를 제한하는 것이며 이 경우에 과도한 셀은 소실되며 비 버퍼 또는 burst scale loss option(rate envelope multiplexing)이라고 한다. 다른 하나는 과도한 셀을 처리할 수 있도록 충분히 큰 버퍼를 가정하는 것이며 일부 셀만 손실되고 나머지 셀들은 버퍼에서 지연된다. 이것은 burst scale delay option(rate sharing statistical multiplexing)이라고 한다. 따라서 버퍼의 크기를 정하는 것은 중요한 사항이며 통신망으로 유입되는 트래픽량에 관련된다.

3. 셀 손실율 평가모델

3.1 무선 접속노드의 셀 손실율

유한용량의 버퍼는 여러 종류의 많은 입력 셀 소스로 부터 다중화된 셀이 일시적으로 저장되는 ATM망의 기본요소이다. 다른 종류의 소스로 부터의 셀 흐름, 입력 소스의 수, 셀이 서비스되는 서비스율에 따라 버퍼의 점유율이 달라지며 셀 손실 및 셀 지연 현상이 발생하게 된다. 따라서 셀의 크기를 얼마로 할 것인지가 관건인데 여기서는 VBR 트래픽 소스로 부터 셀이 입력될 때 무선접속 노드에서의 셀 손실율을 계산하기로 한다.

VBR 트래픽인 경우 셀 레벨 큐잉외에 버스트 레벨 큐잉 성분도 있으며 burst scale loss factor와 burst scale delay factor가 존재한다. 버스트 레벨 큐잉의 경우 excess-rate에 대하여 분석하면 도착셀이 excess-rate cell일 확률과 excess-rate 셀이 소실될 확률을 생각할 수 있다. 결국 셀이 손실될 확률은 (1)식과 같다[2].

$$\Pr\{\text{cell 손실}\} = \Pr\{\text{셀이 손실됨 / 셀이 버퍼를 필요로 함}\} \times \Pr\{\text{셀이 버퍼를 필요로 함}\} \quad (1)$$

결국 접속 노드의 CLR은 셀 레벨과 버스트 레벨 성분으로 구분하여 식 (2)와 같이 계산된다[2].

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

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

CLR_{cs}은 셀 레벨 큐잉 환경에서의 셀 손실율, CLR_{bsl}은 버스트 레벨 큐잉 환경에서의 burst scale loss option, CLR_{bsd}은 버스트 레벨 큐잉 환경에서의 burst scale delay option, ρ는 이용률, x는 버퍼의 크기, N_o는 셀 슬롯율과 1개 소스가 발생하는 최대 셀율의 비 ($\frac{C}{h}$), $\lfloor N_o \rfloor$는 N_o이하의 첫 번째 정수값, b는 버스트당 평균 셀수를 말한다.

3.2 무선 채널의 셀 손실율

ATM계층의 성능은 물리계층의 BER등 비트에러 특성에 따른다. ITU-T에서 ESR(Error Second Ratio), SESR(Severely Errored Second Ratio), BBER(Background Block Error Ratio) 등을 전송성능 파라메터(G.826)로 권고하고 있다. ATM셀 손실의 정도인 셀 손실율은 CLR로 나타내어지고 셀에서 에러가 감지되지 못한 경우에 셀이 다른 VC/VP로 잘못 전송될 수 있으며 이는 CIR(Cell misInsertion Rate) 파라메터로 평가된다. 결국 ATM계층에서는 헤더만 보호되며 페이로드에서 발생하는 에러는 AAL에서 감지되어 CER(Cell Error Ratio), SECR (Severely Errored Cell Ratio) 등으로 평가된다. 표 1은 에러발생에 따른 ATM계층의 QoS 파라메터를 나타낸다.

독립적이고 동일하게 분포된 랜덤 단일 비트에러가 일정한 BER값 p로 전송링크에서 발생하는 경우 식 (3)과 같이 이항 분포식를 따른다. 이는 길이 h의 블록에 n 비트에러가 발생하는 확률로서 CLR 산출의 기본식이 된다. s는 단일 랜덤비트 에러를 의미하

표 1. ATM계층의 QoS 파라메터

에러발생위치	에러발생내용	에러발생결과	관련 QoS 파라메터
헤더	정정(right)	정상셀	-
헤더	정정(false)	비정상셀	CIR
헤더	검출	셀손실	CLR
페이로드	최소한 1비트발생	셀에러	CER
페이로드	다중비트발생	심각한 셀에러	SECR

고 P_c 및 P_d는 각각 수신측이 정정 및 검출모드에 있을 확률을 말한다. CLR은 셀이 폐기되는 확률로서 HEC가 단일비트에러를 정정할 수 있으므로 2개 이상의 에러가 발생하는 확률, 즉 $1-P_s(0)-P_s(1)$로 계산된다[4].

$$P_s(n) = {}_hC_n p^n (1-p)^{h-n} \tag{3}$$

무선 시스템에서는 전력효율을 향상시키기 위해서 FEC 기법을 사용하며 콘벌루션 코드와 비터비 디코더를 이용한다. 이 때 FEC가 정상적으로 동작하지 못하는 경우에 버스트 에러가 발생할 수 있으며 이때 디코더 출력에서 버스트 에러모델이 주요 연구대상이다. 즉, 평균 버스트 길이와 버스트에서의 에러가 Poisson 분포를 따른다고 하면 Neyman-A contagious 모델을 적용할 수 있다. 이 경우에 평균에러 버스트 길이가 b이고 h 비트의 간격에 n 비트의 에러가 발생할 확률 $P_B(n)$은 식 (4)와 같다[4]. 여기서 p는 디코더 출력에서 BER이며 b는 6 정도의 값이 적용된다.

$$P_B(n) = \frac{b^n}{n!} \exp\left(\frac{-hp}{b}\right) \sum_{i=0}^{\infty} \left(\frac{hp}{b} \exp(-b)\right)^i \frac{j^n}{n!} \tag{4}$$

셀 손실율은 2개이상의 에러가 발생하는 확률로 모델링할 수 있고 이 경우 HEC의 dual-mode 동작상태와 에러가 검출되지 않는 경우는 무시하기로 한다.

광전송시스템의 경우에서와 같이 단일비트 에러가 발생하는 경우는 이항분포식을, 위성시스템의 경우와 같이 버스트 에러가 발생하는 경우에는 Poisson 분포를 따른다고 가정하여 단일 에러와 버스트 에러의 두가지 전송환경에서 ATM계층의 QoS 파라메타의 산출 결과식은 표 2와 같다. 변조방식은 QPSK를 이용하고 콘벌루션 코드(코드율: r=1/2, 구속장: v=7)와 비터비 디코더를 이용한다. 여기서 p는 비터비 디코더 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 Rayleigh 페이딩을 가정하였다[5].

$$p \le 1/2(7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10}) \tag{5}$$

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

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

3.3 접속망의 셀 손실율

무선ATM 접속망의 셀 손실율을 평가하기 위해 무선접속노드의 버퍼 오버플로로 인한 CLR과 무선채널의 BER에 따른 CLR은 서로 독립적인 프로세스라고 가정한다. 통합 CLR은 $CLR_T = CLR_O + (1-$

표 2. ATM 계층의 QoS 파라메타 산출식

QoS \ 에러	랜덤비트 에러	버스트 에러
CLR	$2,380p^2 - 123,240p^3$	$1 - \exp(-\frac{40p}{b})[1 + \frac{(1+b)40p}{b}\exp(-b)]$
CER	$384p - 73,536p^2$	$1 - \frac{\exp(-\frac{384p}{b})}{1 - \frac{384p}{b}\exp(-b)}$
SECR	$73,536p^2 - 28,090,752p^3$	$1 - \exp(-\frac{384p}{b})[1 + \frac{(1+b)384p}{b}\exp(-b)]$

CLR_O)CLR_C이 되며 여기서 CLR_O는 무선접속노드의 CLR이며 CLR_C는 무선채널의 CLR을 의미한다 [6-8].

4. 셀 손실율 성능평가

4.1 ARQ 미적용시의 셀 손실율

FEC코드를 적용하지 않은 경우 접속망의 셀 손실율은 식 (6)과 같고 그림 5에서 CLR(x, ρ, γ)로 나타내었으며 x는 셀 버퍼용량, N_o는 셀 슬롯율과 1개의 소스가 발생하는 최대 셀율의 비, b는 버스트당 평균 셀수, γ는 비트당 에너지 대 잡음전력 밀도비, ρ는 이용도, p는 복조기 출력에서의 비트에러율을 나타낸다. $\gamma = E_b/N_o$ = 20dB에서 접속노드의 버퍼용량(x)이 2, b는 10, No는 20.04인 경우 이용도(ρ)가 각각 0.1, 0.3, 0.5, 0.7일 때 셀 손실율은 0.039, 0.039, 0.057, 0.227이 된다. CLR_O는 접속노드의 셀 손실율을 나타내고 CLR_C는 무선채널의 셀 손실율을 나타낸다.

$$CLR(x, \rho, \gamma) = CLR_O + (1-CLR_O)CLR_C \quad (6)$$

$$CLR_c = 1-(1-p)^{16}$$

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

$$CLR_O = CLR_{cs} + CLR_{bsl}CLR_{bsd}$$

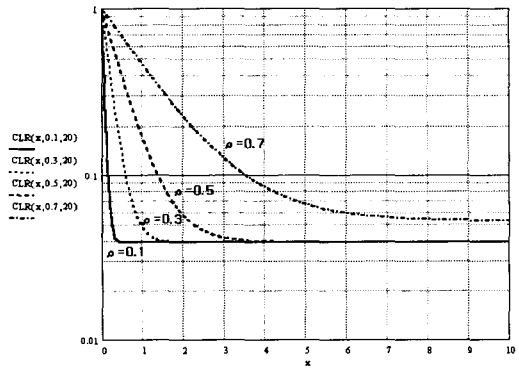


그림 5. ARQ기법을 적용하지 않은 경우 접속망의 CLR

4.2 SR ARQ기법 적용시 셀 손실율

ARQ기법은 FEC기법과는 다른 형태인데 송신측으로 정보전달에 대한 성공 또는 실패여부를 통보하기 위한 피드백 채널을 갖고 있다. ARQ기법중 SR기법을 이용한 경우의 CLR 성능을 분석하기 위해 식 (6)을 이용한다. CLR_O는 접속노드의 셀 손실율을 나타내고 CLR_C는 무선채널의 셀 손실율을 나타내며 $CLR_c = \frac{P_e}{1-P_r}$로 주어진다. 접속망의 셀 손실율은 그림 6에서 CLR(x, ρ, γ)로 나타내었으며 x는 셀 버퍼용량, No는 셀 슬롯율과 1개의 소스가 발생하는 최대 셀율의 비, b는 버스트당 평균 셀수, γ는 비트당 에너지 대 잡음전력 밀도비, ρ는 이용도, p는 복조기 출력에서의 비트에러율을 나타낸다. $\gamma = E_b/N_o$ = 20dB에서 접속노드의 버퍼용량(x)이 2이고 b가 10이고 No는 20.04일 때 이용도(ρ)가 각각 0.1, 0.3, 0.5, 0.7일 경우의 셀 손실율은 8.416×10^{-5}, 1.728×10^{-4}, 0.019, 0.196이 된다.

이때 $P_e \le 2^{-(n-k)}[1+(1-2p)^n-2(1-p)^n]$, $P_r = 1-P_c-P_e$, $P_c = (1-p)^n$, $p = \frac{1}{2}\left[1-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{n}{k\gamma}}}\right]$을 이용한다. 그리고 사용되는 기호에서 p는 채널의 비트 에러율, P_e는 수신된 패킷이 검출 불가능한 에러패킷을 포함할 확률, P_r은 수신된 패킷이 검출가능한 에러패킷을 포함할 확률($P_r < 1$), P_c은 수신된 패킷이 error-free일 확률, n은 에러검출코드의 총 비트수(16 bit6 bit), k는 에러검출코드의 정보비트수(16 bit)를 말한다.

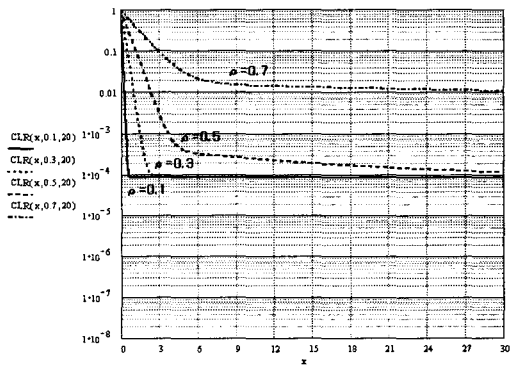


그림 6. SR ARQ기법을 이용한 경우 접속망의 CLR

4.3 Type I Hybrid ARQ기법 적용시 셀 손실율

Hybrid ARQ기법(SR ARQFEC)은 Type I과 TYPE II가 있으며 Type I Hybrid 방식중에서도 2개의 코드를 사용하는 시스템의 성능을 분석하기 위해

식 (6)을 이용한다[9,10]. CLRo는 접속노드의 셀 손실율을 나타내고 CLRc는 무선채널의 셀 손실율을 나타내며 $CLR_c = \frac{P_{de}P_e}{1-P_{de}P_r}$로 주어진다. 접속망의 셀 손실율은 그림 7에서 CLR(x, ρ, γ)로 나타내었으며 x는 셀 버퍼용량, N_o는 셀 슬롯율과 1개의 source가 발생하는 최대 셀율의 비, b는 버스트당 평균 셀수, γ는 비트당 에너지 대 잡음전력 밀도비, ρ는 이용도, p는 복조기 출력에서의 비트에러율을 나타낸다. $\gamma = E_b/N_o$ = 20dB에서 접속노드의 버퍼용량(x)이 2이고 b는 10이며 N_o가 20.04일 때 이용도(ρ)가 각각 0.1, 0.3, 0.5, 0.7일 경우 셀 손실율은 0, 8.864×10^{-5}, 0.019, 0.196이 된다.

이 기호들간의 관계식은 $P_r = 1-P_e-P_c$, $P_c \geq (1-p_{be})^{n_1}$, $P_{de} \leq 1-P_c$, $P_e \leq 2^{-(n_1-k)}[1+(1-2p_{be})^{n_1}-2(1-p_{be})^{n_1}]$, $p = \frac{1}{2}\left[1-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{n_2}{k\gamma}}}\right]$, $p_{be} \leq \sum_{d=d_{free}}^{\infty} a_d P(d)$를 만족한다. 이 때 d_{free}는 free distance이고 a_d는 weight spectra이며 $P(d)$는 식 (7)과 같다.

$$P(d) = \sum_{j=\frac{d+1}{2}}^{d}\binom{d}{j}p^j(1-p)^{d-j} \quad (d: odd) \tag{7a}$$

$$\sum_{j=\frac{d}{2}+1}^{d}\binom{d}{j}p^j(1-p)^{d-j} + \frac{1}{2}\binom{d}{d/2}(p(1-p))^{d/2} \quad (d: even) \tag{7b}$$

계산을 간략히 하기 위하여 p_{be} (M=4 인 경우) $\leq 1/2(7D^7 39D^8 104D^9 352D^{10})$, $D = 2\sqrt{p(1-p)}$ 를 이용하여 셀 손실율을 구한다. 사용된 각 기호의 경우 p_{be}는 convolutional 코드의 비트에러율, P_{de}는 convolutional 코드의 디코더 에러확률, P_e는 수신된 패킷이 검출 불가능한 에러패킷을 포함할 확률, P_r은 수신된 패킷이 검출 가능하나 정정 가능하지 못한 에러패턴을 포함할 확률(재전송요구), P_c는 수신된 패킷이 error-free이거나 정정 가능한 에러패턴일 확률, n_1은 에러 검출코드의 총 비트수(16 bit + 6 bit), n_2는 FEC코드(코드율 = 1/2, 구속장 = 7)의 총 비트수(16 bit6 bit22 bit), k는 16 비트이다.

$\frac{M-2}{M-1}\Big]p$

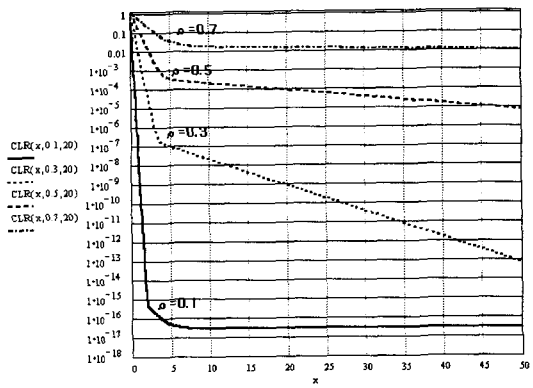


그림 7. Type I Hybrid ARQ기법을 이용한 경우 접속망의 CLR

4.4 적용결과 검토

그림 5~그림 7에서 버퍼 용량에 따른 CLR 결과를 살표보면, 버퍼 용량이 적은 구간에서는 무선 접속 노드의 버퍼 용량이 증가하면 CLR이 대폭적으로 감소된다는 것을 알 수 있다. 버퍼 용량이 큰 구간에서는 무선 접속 노드의 버퍼용량을 계속 증가해도 CLR의 성능개선에 크게 기여하지 못하는 것을 알 수 있는데 이는 무선 채널에서 발생하는 에러는 버퍼 용량과 무관하다는 것을 입증하는 결과이다. 그리고 VBR 트래픽에는 ARQ기법을 적용하는 것이 일반적이며 기존의 SR ARQ 기법보다는 Type I Hybrid ARQ기법을 적용하는 것이 CLR 성능 향상에 기여할 것으로 판단된다. 정량적으로 CLR의 성능 향상 정도를 살표보기 위해서 E_b/N_o는 20 dB, 버퍼용량(x)은 2, 버스트당 평균 셀수는 10으로 가정하고 셀 슬롯율과 1개 소스가 발생하는 최대 셀율의 비를 20.04로 하고 이용도(ρ)가 각각 0.1, 0.3, 0.5, 0.7일 때 CLR 값은 다음과 같다. 첫째, ARQ기법을 적용하지 않는 경우의 CLR은 0.039, 0.039, 0.057, 0.227이며 둘째, SR ARQ기법을 적용하는 경우의 CLR은 8.416×10^{-5}, 1.728×10^{-4}, 0.019, 0.196이고 셋째, Type I Hybrid ARQ기법을 적용하는 경우의 CLR은 0, 8.864×10^{-5}, 0.019, 0.196이 된다. 이 결과에서 알 수 있듯이 이용도가 작은 경우에 Type I Hybrid ARQ기법을 적용하면 CLR성능이 월등히 개선될 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 무선접속노드와 무선채널로 구성

되는 ATM기반의 무선 멀티미디어 접속망의 CLR 성능을 VBR 트래픽에 대하여 분석함으로서 기존의 SR ARQ 기법보다 본 논문에서 제시한 Type I Hybrid ARQ기법이 우수함을 확인할 수 있었다. 무선ATM 접속망의 CLR성능을 개선하기 위해서는 접속노드의 버퍼용량을 증가시키거나 무선채널의 에러성능을 개선시키기 위해서 CBR, VBR 및 랜덤 트래픽 형태별 최적의 에러제어기법의 선택이 중요하다고 할 수 있다. 즉 접속노드의 버퍼 용량을 증가시키는 것은 트래픽의 전달지연 현상을 초래하고, 무선채널의 에러성능을 개선하는 것은 처리율의 감소를 초래할 수 있으므로 트래픽의 속성에 따라 최적의 버퍼용량과 에러제어기법의 선택이 중요하다. 향후에는 채널 환경에 동적으로 적응하여 VBR 트래픽에 적용시킬 수 있는 에러제어기법을 적용할 수 있는 적응형 Type I Hybrid ARQ기법의 ATM 기반 무선 멀티미디어 접속망에의 적용방안 연구를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

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

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

[3] J. Bibb Cain and Dennis N. McGregor, "A Recommended Error Control Architecture for ATM Networks with Wireless Links," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 1, Jan. 1997.

[4] S. Ramseier, "ATM over Satellite : Analysis of ATM QoS Parameters," Proc. of ICC'95, Vol. 3, pp. 1562-1566, 1995.

[5] Viterbi, A. J., "Error Bounds for Convolution Codes and Asymptotically Optimum Decoding Algorithm," IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-13, No. 4, pp.260-269, Apr. 1967.

[6] 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.

[7] H. C. Lee and B. S. Lee, "CLR Performance Improvement of CBR Traffic in Wireless ATM Access Networks," IEEE VTC '99, Sep. 1999.

[8] H. C. Lee and B. S. Lee, "The Relation of CLR and Blocking Probability for CBR Traffic in the Wireless ATM Access Network," IEEE VTC 2001 Spring, May 2001.

[9] H. C. Lee and B. S. Lee, "The Relation of CLR and Blocking Probability for VBR Traffic in the Wireless ATM Access Transport," ICCS 2002, Nov. 2002.

[10] H. C. Lee and B. S. Lee, "CLR Performance of VBR Traffic in Wireless ATM Access Networks," IEEE VTC 2000, Sep. 2000.

이 하 철

1983년 2월 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)
1990년 8월 한국항공대 항공통신정보공학과(공학석사)
1999년 8월 한국항공대 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 부교수
관심분야 : 무선 LAN/PAN, ATM통신, 트래픽이론, 통신 프로토콜