

무선 ATM QoS 관리를 위한 BCH code를 사용한 Hybrid I ARQ기법의 성능분석

정희원 원정재*, 이형우**, 조충호*

Performance Analysis of Hybrid I ARQ Schemes Using BCH code for Wireless ATM QoS Management

Jeongjae Won*, Hyongwoo Lee**, Choongho Cho* *Regular Members*

요 약

차세대 통신망이 지향하는 목표인 정보를 언제, 어디서나, 어떤 형태로를 달성하기 위한 한 단계로 무선 ATM의 연구가 많은 관심을 끌고 있다. 무선 링크의 비교적 낮은 전송률, 높은 비트오류 그리고 fading을 극복하기 위한 방법으로, modulation 방식, diversity 기술, smart 안테나를 사용한 dynamic beam forming 등 물리 계층의 방법들이 연구되어지고 있다. 한편으로는 FEC, ARQ, hybrid FEC/ARQ 등의 여러 가지 에러 제어 기술이 열악한 무선 링크의 문제점들을 극복하기 위한 data link 계층의 방법으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 data link 계층의 logical link control (LLC)의 에러 제어를 위해 무선 ATM에서 무선 링크의 특성을 고려한 현실적인 QoS 파라미터 목표치를 설정하고 에러제어를 위한 DLC 프레임 구조, BCH code를 사용한 Hybrid I ARQ기법의 새로운 에러 제어 기법을 제안하였고 이러한 제안된 모델을 이용하여 성능을 비교 분석하였다.

ABSTRACT

In Recently studies on wireless ATM has been attracting many researchers who are concerned with provisions of users a simplified access to information. Acquiring information from the network without regard to its location and its form and anytime at user's convenience is the goal of the next generation network. In order to circumvent high bit error rate, relatively low channel capacity and fading, various physical layer methods such as modulation schemes, diversity techniques, dynamic beam forming antennas are being studied. Also, in order to resolve the problems that seems to be prevalent in the wireless links, new control techniques such as FEC, ARQ, hybrid FEC/ARQ have been proposed and being researched. In this paper, as a means to overcome high and bursty nature of bit errors in the logical link control(LLC) of the data link layer, we have presented realistic QoS parameter and proposed DLC frame structure and new error control techniques of Hybrid I ARQ schemes using BCH code. By using these proposed models we have compared and analyzed their performance.

I. 서 론

현재의 무선 망은 음성 서비스를 위주로 한 회

선교환(circuit switching)을 사용하여 구현되어 있다^[1,20,24]. 그러나, 유선망의 멀티미디어화 추세에 비추어 무선망에서도 고속의 데이터 전송을 포함한 광

* 고려대학교 전산학과(chcho@tiger.korea.ac.kr)

** 고려대학교 전자정보공학부

논문번호 : 98364-0819 접수일자 : 1998년 8월 19일

* 이논문은 정보통신부와 과학재단의 지원을 받아 수행한 연구결과의 일부입니다.

대역 서비스의 요구가 늘어날 것으로 추정된다. 이러한 추세는 그림 1에서 보이는 것처럼 무선망에서의 전송속도의 증가, 유무선 투명성의 요구를 만족시키기 위하여 무선 ATM의 필요성이 증가하리라 것을 예측할 수 있다. [4,8,9,11,16,19,21,22].

First generation	Second generation	Third generation	Fourth generation
Mobile telephone Service: carphone	Digital voice + messaging/data services	Integrated high-quality audio and data	TelePresence
Analog cellular technology	Fixed wireless loop	Narrowband and broadband multimedia services + IN integration	Education, training, and dynamic information access
Macrocellular systems	Digital cellular technology + IN emergence	Broader bandwidth Efficient radio transmission; LAN/WAN: Information compression	Wireless-wireline and broadband transparency
Past	Microcellular and picocellular: capacity, quality, LANs	Higher frequency spectrum utilization: LAN/WAN	Knowledge-based network operations
	Enhanced cordless technology	IN + network management integration	Unified service network
	Now	Year 2000	Year 2010

그림 1. 무선망과 서비스 발전 [14]

이러한 관점에서 본 논문에서는 2장에서 ATM Forum의 무선 ATM Working Group (WATM WG)에서 제시하는 reference architecture를 살펴보고 무선 ATM의 프로토콜 stack을 살펴본다. 3장에서는 ATM의 예상되는 서비스별 QoS 요구를 정리하고 무선 환경하에서의 QoS 파라미터를 살펴본다. 이어서 4장에서는 무선링크의 높은 비트오류율, 비트오류의 연접 등의 문제를 극복하기 위한 에러제어방식, 이를 효율적으로 수행하기 위한 DLC frame format을 제안하고, 일차적으로 성능 분석을 하였다. 제 5장에서는 지금까지 수행한 것의 요약과 앞으로 해야 할 일들을 수록하였다.

II. 무선 ATM 구조

ATM Forum의 무선 ATM Working Group (WATM WG)이 제시하고 있는 무선 ATM architecture reference는 다음과 같다[12].

그림 2에서 Fixed ATM 스위치는 기존의 (유선) ATM 스위치를, mobility enabled ATM 스위치는 기존의 유선 ATM 스위치에 사용자의 이동성을 지원할 수 있는 기능을 부가한 스위치를 말한다. 또한, moving enabled ATM 스위치는 TTP(비행기, 배 등)의 이동성을 지원하는 ATM 스위치를 말한다. 본 연구에서 고려하는 interface는 I2,I5,I9,I12

등의 PAP(portable access point)와 FAP(fixed access point)간의 무선 인터페이스이다.

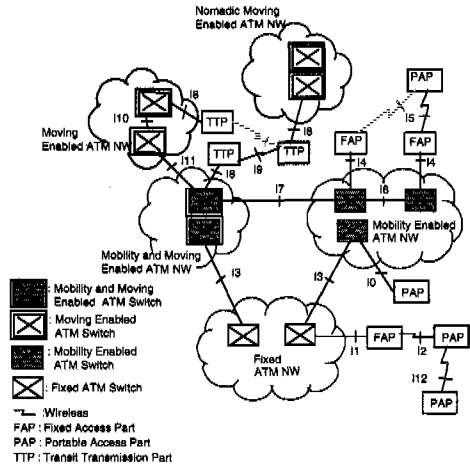


그림 2. 무선 ATM 구조

- I2 : mobility 보강 없이 fixed ATM 스위치에 연결된 PAP 와 FAP사이의 무선 인터페이스이다.
- I5 : mobility enabled ATM 망에 연결된 PAP 와 FAP사이의 무선 인터페이스이다.
- I9 : moving enabled ATM 스위치에 연결된 PAP와 FAP사이의 무선 인터페이스이다.
- I12 : 2개의PAP('ad hoc')사이의 무선 인터페이스이다.

1. 무선 ATM protocol stack

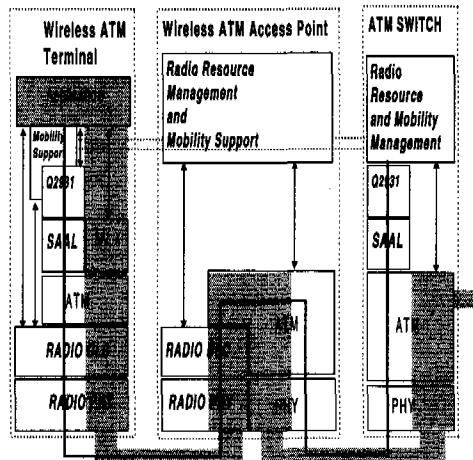


그림 3. 무선 ATM Access Protocol Stack [12]

유무선 ATM의 원활한 연동을 위한 프로토콜

stack은 그림 3에 나타난 대로 Wireless ATM Access Point를 사용하여 무선자원의 관리와 이동성 지원을 위한 기능을 수행한다.

이동 ATM 사용자와 기존 유선 ATM과의 접속이 원활하게 이루어지기 위해서는 기존의 유선 ATM control 기능 이외에도 이동성과 링크특성의 차이점을 고려하여 표준 ATM signaling을 보완해야 한다.

특히 Radio Data Link Control(Radio DLC)은 다음과 같은 기능을 수행하여야 한다^[2,9,12].

Radio Data Link Control (Radio DLC)

Radio DLC 기능들은 다른 부분들처럼 다양한 기능적인 그룹핑을 통하여 제안될 수 있다. Highest block level상에서 radio DLC 기능들은 Logical Link Control, DLC control, Scheduler 그리고 MPDU handler 기능들로 나누어진다.

가. **Logical Link Control** : 상위 layer들의 기대치에 대응하는 선택된 물리계층의 quality를 향상시키기 위해 사용된다. 이것을 실현하기 위한 방법 들로는 ARQ, FEC또는 hybrid ARQ/FEC가 있다. 공중 인터페이스의 가장 효율적인 사용을 만들기 위해서는 error detection/correction이 연결 기반에 적용되어야 할 것이다. 이러한 기능적인 항목들은 모든 ATM control과 사용자 층 메시지가 마치 사용자 data처럼 radio DLC 계층에 보여지는 ATM layer에서 또한 보여질 수 있다.

나. **DLC Control** : radio sub-system들이 또한 상호 작용하는 것과 연관된 다양한 제어 기능들을 그룹화하는 데 사용된다.

(1) Radio Modem Control entity는 다음과 같은 항목들과 관련된 radio modem을 관리하는 책임을 진다.

- radio measurement 기능들
- radio modem의 상태 변환

(2) Wireless Link Control은 다음과 같은 제어 (sub-functional entities)와 관련되어있는 모든 radio link를 다루어야 한다.

- power saving/conservation
- 단말들이 network에 접근하기 위한 방법들을 제공
- MT가 액세스 network에 입력되는 것처럼 첫 번째 radio link1 활동을 설정하기 위한 교류
- 링크 관리

(3) ATM Control 인터페이스 항목은 ATM 제어 항목들과 함께 정보를 교환할 것이다. Handover

결정은 전형적으로 radio link quality에 근거하고, ATM 제어 항목들에 수행된 기능들 중 하나일 것이다. 또한 트래픽과 QoS에 관련된 ATM connection은 스케줄러 수행을 위한 항목들을 통해서 전달된다.

다. **Scheduler**:스케줄러는 공중 인터페이스상에서 전송될 수 있는 ATM cell들을 위한 'air time'을 할당한다. 스케줄링은 ATM traffic contract와 QoS parameter들에 기초한다.

라. **MPDU Handler**:공중 인터페이스상에서 전송될 MAC data packet들을 관리한다. 이 항목의 정확한 기능은 선택된 MAC scheme에 의존한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 유무선 ATM의 연동을 효율적으로 구현하기 위하여는 유선 망과는 달리 무선 망에서 있는 다음 두 가지 문제점 무선 링크특성, 사용자 이동성을 해결 할 필요가 있다.^[2,12,15]

(1) 무선 링크특성: 무선 ATM에서는 radio spectrum의 제한성과 사용자의 이동성으로 기인하는 채널특성 (burst error, fading, shadowing)등의 문제점을 극복하기 위한 방법을 모색하는 것이 바람직하다고 본다. 이를 위해 무선ATM cell의 구조, 사용하는 error control (FEC, ARQ) 기법, 채널 특성 (BER, Shadowing,, fading)에 따른 throughput, cell지연 등의 QoS에 미치는 영향을 이해하는 것이 필요하다. 또한 이러한 기법을 사용자의 다양한 서비스 (음성, 데이터, 비디오 등)의 종류에 따라 선별적으로 적용하는 방법 (예를 들어 음성 서비스를 FEC만 적용, 데이터 서비스를 Hybrid FEC/ARQ의 적용 등) 의 연구가 필요하다.

(2) 사용자 이동성: 이동망에서는 사용자가 이동함에 따라서 발생하는 handoff마다 새로운 UNI를 설정할 필요가 있다. 따라서 call admission control 시에 이동성을 고려 함으로서 forced call termination의 확률을 줄이도록 노력하여야 한다. 고정망에서 보다는 capacity allocation과 routing의 문제가 복잡해 진다. 위에 언급한 이유로 무선 ATM에서의 특수한 문제점을 고려한 새로운 QoS 관리기법의 연구가 필요하다.

III. QoS 파라미터

이 장에서는 ATM 네트워크에서 제공하리라 예

상되는 값까지 서비스 유형별 QoS 파라미터를 살펴보고 무선 ATM에서 무선링크의 특성을 고려한 현실적인 QoS 파라미터 목표치를 정리한다.

1. 유선 ATM 서비스 유형별 QoS 파라미터
ATM망을 사용할 응용서비스는 광범위해 서비스별 QoS의 요구도 다양함을 알 수 있다.

- CBR, VBR (rt-, nrt-, UBR, ABR) 등의 다양한 형태의 전송을 요구하는 서비스를 제공한다
- Connection oriented 또는 Connectionless 서비스를 제공한다
- 전송속도가 몇 Kbps 에서 수백 Mbps 의 광범위한 range를 만족시킨다
- Burst 크기, 버스트 비율 (burstiness: peak to average ratio)도 다양하며 서비스에 따라서 버스트 비율이 1에서 1000까지 다양하다
- 셀 손실 허용범위도 음성서비스의 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 에서 데이터, 비디오 서비스의 10^{-12} 까지 광범위하다
- 셀 지연 허용범위 또한 수십 msec에서 수십 초까지 다양하다.

이러한 서비스의 다양함, 이에 따른 트래픽 형태의 다양함, 그리고 각 서비스별 QoS 요구의 다양함을 무선 ATM에 그대로 적용하기에는 몇 가지 문제점이 있다.

첫째로 최고전송속도가 수백 Mbps를 제공하기 위하여 높은 carrier 주파수대역과 beam forming 안테나를 사용한 네트워크를 구현하려는 노력이 있으나 초기단계에 있다.

둘째로 무선링크의 높은 비트 오류율을 감안할 때 10^{-9} 이하의 낮은 셀 손실 허용은 전송속도가 낮은 특별한 응용을 제외하고는 실현하기가 어렵다고 생각된다.

2. 무선 ATM 서비스 유형별 QoS 파라미터

ATM Forum의 무선 ATM Working Group에서 PHY layer가 제공하는 비트오류율 요구는 99.5% 동안 10^{-4} 임을 감안하면 표 1에서의 QoS 파라미터 값을 무선 ATM에서 그대로 적용하는데는 무리가 있으리라고 보았다. WATM WG은 무선 ATM의 서비스 유형별 QoS 파라미터 목표값을 다음 표와 같이 제시하고 있다.

위의 표에서 보듯이 무선 환경하에서의 peak cell rate는 5Mbps 이하로 하향 설정하고, CLR도 $10^{-4} \sim 10^{-9}$ 이하로 함으로써 무선링크의 특성을 감안한

현실적인 목표치를 정하였다

이렇게 QoS 요구조건을 유선 ATM의 경우 보다는 낮게 설정하였음에도 불구하고, 현재 무선링크의 특성상 낮은 CLR, 높은 throughput을 제공하기 위하여 유선 ATM에서 nodal processing을 줄이기 위하여 생략한 link-by-link 오류제어를 무선구간에서 복구하는 것이 효과적인 방법이 될 것이다.

표 1. WATM서비스별 QoS 파라미터의 예[12]

	CBR	VBR-rt	VBR-nrt	ABR
CLR	10^{-16} to 10^{-14}	10^{-9} to 10^{-14}	10^{-9} to 10^{-9}	10^{-9} to 10^{-3}
CDV	0ms	Close to 0ms		
Max CTD	2s to 10ms	3s to 10ms	500ms to 100ms (mean CTD)	
PCR	2Mb/s to 8kb/s	5Mb/s to 16kb/s		5Mb/s to 9.6kb/s
SCR		2Mb/s to 16kb/s	32kb/s to 0kb/s	MCR, Minimum Cell Rate=60kb/s to 0kb/s
BT		5MB to 2kB	1MB to 1kB	

이는 무선링크의 열악한 성능이 전 ATM망에는 미치지 않도록 무선 링크의 성능(셀 오류율 등)을 어느 정도 향상시킬 필요가 있기 때문이다. ABR이나 VBR-nrt의 경우에는 FEC와 병행하여 ARQ를 사용하여 셀 지연이 허용하는 범위 내에서의 셀의 재전송을 허용하고 CBR과 VBR-rt의 경우에는 FEC만을 적용 또는 극히 제한된 수의 재전송을 허용하는 방법이 다음 그림과 같이 제안되었다.[7]

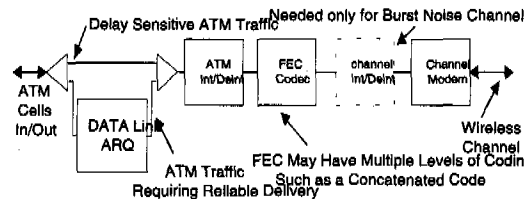


그림 4. 데이터 링크 제어 모델

여기서 channel interleaver/deinterleaver는 무선 이동망에서의 fading으로 인한 비트에러의 연접을 분산하는 역할을 한다.

한편, ATM interleaver/deinterleaver block은 FEC codec이 실패했을 때 발생할 수 있는 비트에러의 연립을 분산하려는 것이다.

무선 ATM의 효율적인 logical link control을 제안하기 위하여 무선 무선링크의 특성을 이해 하는 것이 필요하다. 다음 장에서는 무선 링크의 문제점을 극복하기 위한 방법으로 각 연결(VC) 별 QoS에 따라서 적절한 에러제어 기법에 대해서 소개 하겠다.

IV. 에러제어 기법

제3장에서 보여준 바와 같이 QoS 에 따른 무선 링크의 문제점을 극복하기 위한 방법으로 적절한 에러제어가 필요하다. 그림4 에서 처럼 무선 FEC를 사용하여 비트 오류율(BER)을 줄이는 방법을 사용하고 신뢰도가 높아야 되는 서비스의 경우에는 ARQ를 사용하여 CER를 줄이도록 노력한다. 여러 연구에서 무선링크의 fading으로 일어나는 비트오류의 연결때문에 대부분의 FEC을 위한 coding이 효과적이지 않은 것을 감안하여 다음과 같은 방법을 사용하는 것을 제안하고 있다.

- code concatenation
- interleaving / deinterleaving.

유럽의 GSM에서 저속의 데이터 전송을 위한 에러제어 방법과 이에 따른 잔여 BER(residual BER)는 다음 표와 같다 [13,17].

표 2. Predicted GSM Data Error Rate

User Data Rate	Convolutional code rate	Interleaving Block Length	Residual BER
96Kbps	0.53	95ms	$10^{-4}/10^{-3}$
48Kbps	1/3	95ms	$10^{-4}/10^{-5}$
48Kbps	61/114	190ms	$10^{-2}/10^{-3}$

위의 표에서 나타난 것과 같이 BER를 낮추기 위한 coding rate는 0.5 또는 0.5이하의 비교적 낮은 효율을 갖고 있고, burst error를 randomize하기 위한 interleaver의 블록크기도 100msec가까이에서 관찰할 수 있다. 또한 잔여 BER은 대체로 WATM WG에서 설정한 10^{-4} 에 미치지 못하는 형편이다. 지연에 민감한 CBR, VBR-rt의 경우에는 interleaving-block 길이를 줄여야 할 가능성도 있고 또 ARQ를 사용하는 지연에 덜 민감하나 셀 손실에 민감한 서비스의 경우에는 오히려 interleaving을 생략하는 것이 throughput과 지연의 성능을 향상시

키는 결과를 갖게 할 수도 있다고 본다.

FEC와 ARQ를 사용하는 Hybrid 방법은 두개로 나눌 수 있다[5,6,10,20, 23,24, 25].

- memoryless ARQ (예, Hybrid I ARQ)
- incremental redundancy ARQ (예, Hybrid II ARQ)

전자는 블록의 에러를 detect 하였을 때에 이것을 버리고 새로운 copy를 보내는 것이고 후자의 경우는 비록 블록에러가 detect되었다 할지라도 이것을 저장했다가 해당 블록의 또 다른 copy를 보완하여 블록에러의 재발생율을 줄이려는 것이다.

본 연구에서는 Hybrid I ARQ의 성능 분석을 블록에러가 독립적으로 일어난다는 가정하에서 하였다. 위에서 제안되는 Hybrid II ARQ방법은 연립에러가 발생한다는 가정하에서 보았는 데 본 논문에서는 고려하지 않았다.[27]

1. DLC Frame Format

ETSI[12]에서는 무선 ATM의 DLC PDU의 크기를 cell 한 개 이상의 payload로 제안하고 있다. 이는 PDU header overhead (synchronization, equalization을 위한 training sequence를 포함한 preamble을 포함)를 고려하여 링크의 사용 효율을 높이기 위하여는 payload가 상대적으로 큰 것이 유리하기 때문이다. 그러나 payload의 크기가 증가함에 따라서 FEC/ARQ에 의해서 block오류율이 늘어나고 이에 따라서 잔여 BER가 늘어나거나 또는 ARQ 방법을 사용할 때에 재전송률이 늘어난다. 따라서 채널의 BER가 비교적 높은 경우에는 1개의 ATM cell의 payload를 s개의 mini-cell로 나누어 전송함으로써 결과적으로 throughput을 높일 수 있다. 위의 것들을 감안하여 본 연구에서는 한 개의 header와 trailer 사이에 다수의 mini-cell을 실어 보내는 방법을 고려하고자 한다.

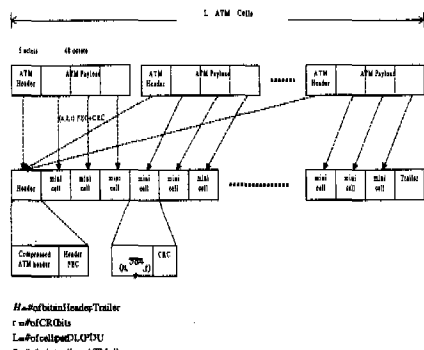


그림 5. DLC frame format

그림 5는 제안하고자 하는 DLC frame format을 보이고있다. 이 구조는 위에서 간략히 언급된 것처럼 block의 payload의 크기의 증가에 따른 block 오류율을 줄이고, 전송효율을 높이려는 목적에서 제안되었다. 즉 block의 일부분에 대한 error발생으로 전체 data에 영향을 끼치는 것을 줄이려고 하는 것이다. 기본적인 내용은 ATM payload 부분을 minicell로 나누어서 각 minicell에는 CRC와 error control coding기법을 포함하는 cell frame 구조를 제안하였다. 이와 같은 셀로 frame을 갖을 경우에는 전송할 때 throughput을 향상 시키고 block 오류율을 줄일 수 있지만, 전체 cell sequence 및 reassembling에 따른 high level의 문제가 발생할 수가 있다.

2. Random 블럭 오류

이 절에서는 앞 절에서 제안한 frame format을 사용한 Header + Trailer의 크기가 48bits, CRC를 위한 r의 값이 8bits라는 가정하에서 s=1,2,3,4의 경우에 throughput의 BER를 비교하였다. 다음과 같은 가정을 하자.

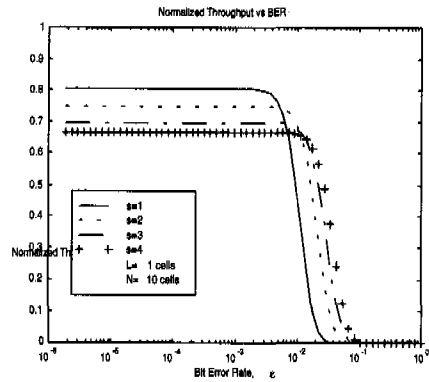
- ① 비트 오류는 independent process이다.
- ② DLC PDU payload는 L개의 ATM cell payload이다.
- ③ 각 ATM cell payload는 s개의 mini-cell로 나뉘고 mini-cell에 먼저 (n, 384/s, t)에러정정 코드를 적용하고, r bit의 CRC를 첨가하여 에러정정과 에러검정을 하게 한다.
- ④ Error 발생시에는 해당하는 mini-cell만 (SR), 또는 해당하는 mini-cell부터 (GBN) 재전송을 하게 한다.
- ⑤ GBN ARQ의 경우 window 크기를 N×s mini-cell로 잡는다

2.1 Throughput 분석

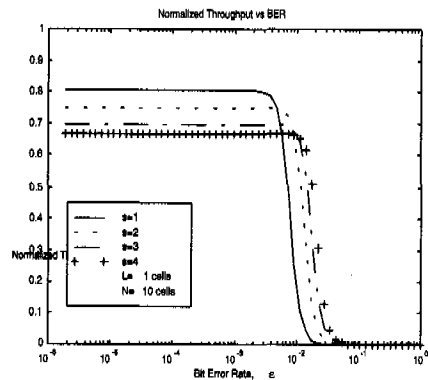
다음의 그림들(그림 7~10)은 throughput대 BER 관계를 s=1,2,3, t=4의 경우 shortened BCH 코드를 적용하여 얻은 결과이다.

그림 6은 throughput대 BER관계를 s=1,2,3,4, t=4의 경우 L=1cell, W= 10 cells 하였을 때 shortened BCH 코드를 적용하여 얻은 결과이다. 3가지(SR(infinite buffer), SR(finite buffer), GBN) 에러제어 기법에 따른 결과를 보면 그림 7에 (a),(b),(c) 모두 공통적인 특징을 나타내고 있는 것을 볼 수 있다. 어느 시점($10^{-3} - 10^{-2}$)까지는 s가 증

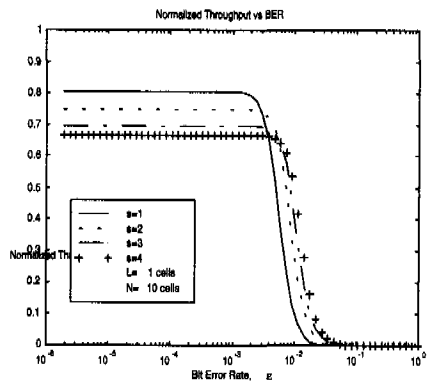
가하면서 throughput이 떨어지는 것을 일정하게 보이다가 BER가 어느 시점($10^{-3} - 10^{-2}$)에서 증가하면서 s가 증가함에 따라 throughput이 향상되는 것을 볼 수 있다.



(a) SR(infinite buffer)



(b) SR(finite buffer)



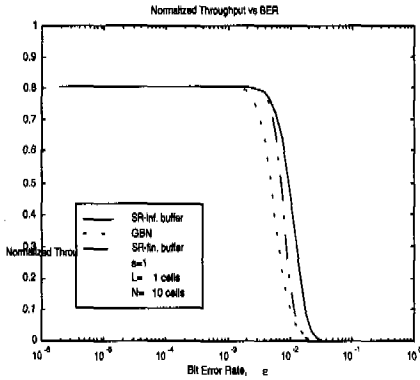
(c) GBN

그림 6. Throughput VS. BER, L=1, N=10

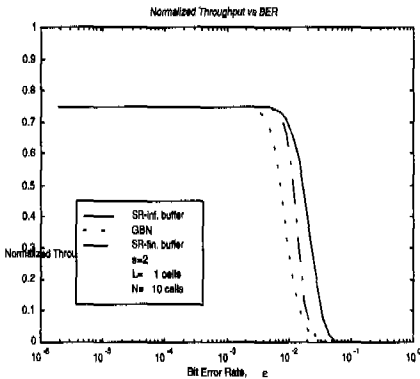
그림 7은 각각의 s를 고정시키고 세가지(SR(infinite

buffer), SR(finite buffer), GBN) 여러 제어 기법에 대한 throughput을 비교하였다.

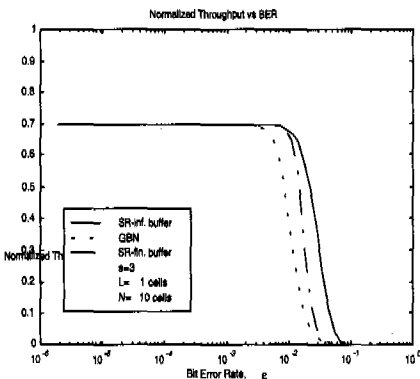
그림에서 보듯이 각각의 s 를 고정시켰을 때 throughput을 비교해보면 SR(infinite buffer), SR(finite buffer), GBN순서로 throughput이 떨어지는 것을 볼 수 있다



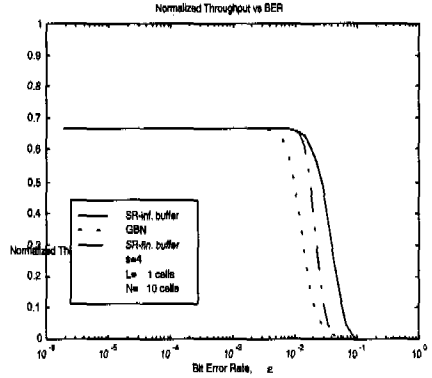
(a) s=1일 때 throughput 비교분석



(b) s=2일 때 throughput 비교분석

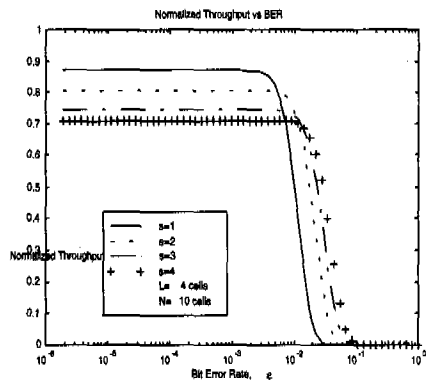


(c) s=3일 때 throughput 비교분석

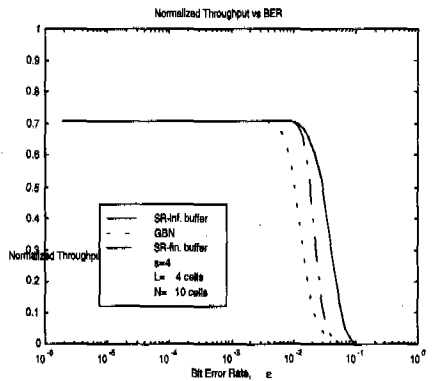


(d) s=4일 때 throughput 비교분석

그림 7. s=1, 2, 3, 4일 때 에러제어 기법에 따른 throughput 비교분석



(a) SR(infinite buffer)



(b) L=4일 경우 s=4일 때 throughput 비교분석

그림 8. Throughput VS. BER, L=4, N=10

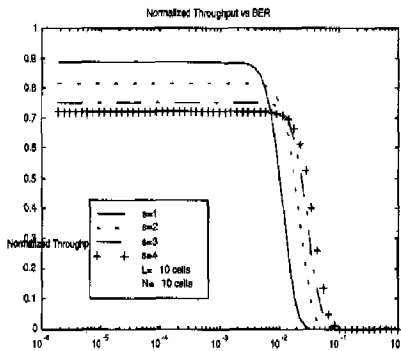
그림 8은 앞에서와 마찬가지로 L=4일 경우의 결과를 비교 분석하였다. 여기서는 다른 에러제어 기법을 생략하고 (a)의 SR(infinite buffer)의 결과만 살펴 보았다. 그림 13과 같은 경향을 보이고 있고

단지 차이가 있다면 $L=1$ 일 경우보다 throughput이 향상 되는 것을 볼 수 있다. (b)는 $L=4$ 이고 $s=4$ 로 고정시키고 세가지 에러제어 기법에 대한 결과를 비교한 그림인데 그림 8과 비슷한 결과를 보이는 것을 알 수 있다.

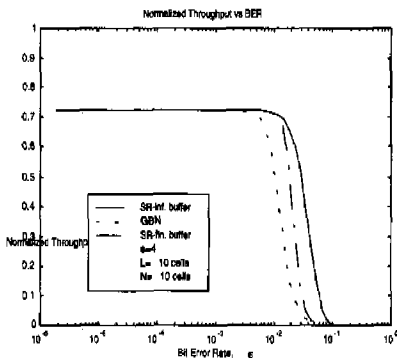
그림 9는 $L=10$ 하였을 경우에 결과를 비교하였다. 앞 결과와 같이 거의 같은 경향을 보이는 것을 알 수 있고 단지 다른 점이 있다면 throughput의 증가가 둔화되는 것을 볼 수 있다.

결과는 예상했던 대로

- ① BER가 증가 함에 따라서 s 를 증가하는 것이 유리하다.
- ② L 을 증가하면 상대적으로 overload를 줄여서 throughput을 증가한다. 그러나, L 을 4이상으로 했을 때 그 증가율이 둔화되는 것을 볼 수 있다.
- ③ 성능은 SR (infinite buffer), SR (finite buffer) 그리고 ARQ 순서로 감소한다. 그러나, SR (finite buffer)와 GBN의 성능 차이는 그다지 크지 않은 것으로 나타났다.



(a) SR(infinite buffer)



(b) $L=4$ 일 경우 $s=4$ 일 때 throughput 비교분석

그림 9. Throughput VS. BER, $L=10$, $N=10$

이 분석에서 header 오류에 의한 throughput 감소는 포함시키지 않았다. 그러나, L 이 증가함에 따라 header 오류의 throughput에 미치는 영향이 커지리라 고 쉽게 이해할 수 있다.

2.2 DLC reassembly 지연 분석

본 연구에서는 DLC의 PDU인 ATM cell을 s 개의 mini-cell로 나누고 이 mini-cell을 여러 개 ($Nm > s$) 개를 하나의 PDU로 전송 함으로서 payload의 크기($Np = Ns$)를 증가시켜서 전체 Throughput을 향상 시키고자 한다.

그러나 이 방법은 전송 에러율이 클 경우는 재전송율이 늘어나므로 적절한 mini-cell의 개수(s)나 payload의 크기(Nm)를 에러율에 따라서 적절하게 결정하여야 한다. 따라서 본 절에서는 제안된 DLC frame을 가지고 GO BACK N(GBN), Selective Repeat Protocol (SRP 또는 SR) 메커니즘을 사용할 때 일단 전송된 minicell이 Reassembly를 위해 얼마나 기다려야 하는지를 분석하고자 한다.

본 절에서는 문제를 해석적으로 분석하기 위하여 다음과 같은 가정을 한다.

- 1) bit error는 각 minicell에서 random하게 일어난다. 즉 (n,k,t) 인 BCH code를 사용하므로 n bit minicell에서 t 개의 까지 bit error가 생겨 교정할 수 있는 확률은 p_c 로 주어진다.

$$p_c = \sum_{i=0}^t \binom{n}{i} \epsilon^i (1-\epsilon)^{n-i}$$

ϵ : bit_error_probability

- 이때 한 mini-cell을 재 전송할 확률(probability of retransmission) $p = 1 - p_c$ 가 된다.

- 2) 하나의 mini-cell 전송에 걸리는 최소 시간 T_w 는 timeout delay와 같으며 $timedelay = T_m Nm$ 이라고 가정한다.

- 3) s 개의 mini-cell을 전송하기 위해서는 1개의 mini-cell을 전송하는 시간과 같다고 가정한다.

다음 그림10-11은 앞에서 구한 reassembly 평균 시간 (Mean Delay_{SRP} 와 mean Delay_{GBN})을 SRP와 GBN의 경우에 bit error율을 변화 시켜가면서 구한 것이다.

그림의 결과로는 두 방식이 크게 차이가 나지 않지만 SRP의 Mean Delay 가 약간 적게 걸림을 볼 수 있다. 따라서 SRP는 Throughput과 Mean Delay 두 가지 모두다 GBN보다 우수하다고 볼 수 있다.

특히 $s=1$ 일 경우(one ATM cell == one mini-cell)에는 두 방식이 같은 결과를 보인다. 그러나 s 가 2이상 일 때는 GBN(접선)이 SR(실선)보다 Delay가 약간 더 큼을 알 수 있다.

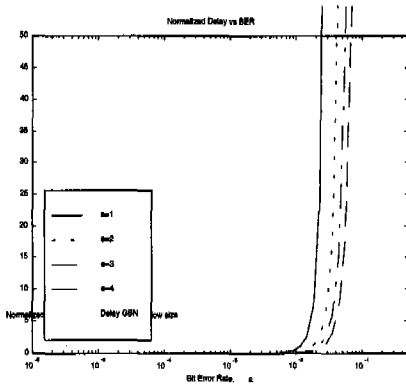


그림 10. GBN Mean Delay

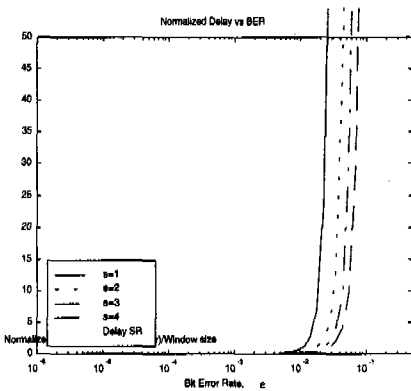


그림 11. SRP Mean Delay

V. 결론

본 연구에서는 무선 ATM 환경에서 여러 가지 에러제어기술이 열악한 data link의 Logical Link Control(LLC)을 위해 무선링크의 특성을 고려한 현실적인 QoS 파라미터 목표치를 설정하였고, 채널의 BER가 비교적 높은 경우에 ATM 셀의 전송에 대한 throughput을 높이기 위해 새로운 Mini-cell DLC frame구조를 제안하였고, 이에 따른 성능을 비교 분석 하였다. 앞으로 지금까지 수행한 것을 좀

더 구체화하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 모델을 수정/보완할 예정이다. 특히 우선 수행 할 과제는 다음과 같다.

- Punctured RS code를 적용하여 FEC/ARQ를 수행
- 채널 상태에 역동적으로 frame format, code rate를 적용하는 방법의 모색.
- Queuing theory를 사용하여 각 기법의 cell 지연을 분석.

참고문헌

- [1] 조동호, Wireless ATM“ Tutorial Note given at the 3rd Wireless Communications Workshop, Jan. 1997.
- [2] A. Acampora and M. Naghshineh, “An Architecture and Methodoloty for Mobile-Executed Handoff in cellular ATM Networks,” *IEEE JSAC* Oct 1994.
- [3] ATM Forum, *ATM User Network Interface Specifications*, 1993.
- [4] F. Babich, G. Lombardi, “A Measurement Based Markov Model for the Indoor Propagation Channel,” *VTC 97*.
- [5] G. Benelli, L. Favalli, G. Filigheddu, “A Data Link Layer Protocol for Wireless ATM,” *ICC 97*.
- [6] M. Braneci, P. Godlewski, “Ambiguity Analysis for a Hybrid Type II ARQ/FEC Protocol on a Fluctuating Radio Channel,” *ICC 97*.
- [7] J.B. Cain and D.N. McGregor, “A Recommended Error Control Architecture for ATM Network with Wireless Links,” *IEEE JSAC* Vol.15 No.1, pp.16-28, Jan. 1997.
- [8] CCITT Recommendation I.361, “ATM Layer Specifications for B-ISDN,” *CUTTT/SGX VIII* June 1991.
- [9] L. Correia et al., “An Overview of Wireless Broadband Communications,” *IEEE Commun. Magazine*, Jan. 1997.
- [10] Abdel-Ghani A. Daraiseh, Carl W. Baum, “New Results on the Performance of Linear Block Codes with Type-I Hybrid ARQ Protocol,” *VTC 97*.

[11] B. T. Doshi and A. sawkar, "An ATM Based PCS/Cellular Architecture," in *Wireless Information Networks: Architecture, Resource Management, and Mobile Data*, edited by J. M. Holtzman, 1996.

[12] ETSI, "Radio Equipment and Systems; High Performance Radio Local Area Networks: Requirements and Architecture for Wireless ATM Access and Interconnection," *ETSI Work Item No.RES 10-07* Jan. 1997.

[13] I Harris, "GSM Data Telemetric and Supplementary Services," in *Modern Personal Communications ed. R. Macario*, IEE 1996.

[14] W. Honcharenko et al., "Broadband Wireless Access," *IEEE Commun. Magazine*, Jan. 1997.

[15] S.M. Jiang, Danny H.K, Tsang, Samuel T.Chanson, "An AAL3/4-based Architecture for Interconnection between ATM and Cellular Networks," *ICC 97*.

[16] T. Magedanz, "Integration and Evolution of Existing Mobile Telecommunication Systems towards UMTS," *IEEE Comm. Mag.* Vol. 34 No.9 pp. 90~96, Sept. 1996.

[17] E. Malkamaki, H. Leib, "Rate 1/n Convolutional Codes with Interleaving Depth of n over A Block Fading Rician Channel," *VTC 97*.

[18] M. Naghshineh, M. Schwartz and A. S. Acampora, "Issues in Wireless Access Broadband Networks," in *Wireless Information Networks: Architecture, Resource Management, and Mobile Data*, edited by J.M. Holtzman, 1996.

[19] Y. Nakayama and S. Aikawa, "Cell Discard and TDMA Synchronization Using FEC in Wireless ATM System," *IEEE JSAC* Vol.15 No.1, pp.29-34, Jan. 1997.

[20] Michael B. Pursley, Stuart D. Sandberg, "Incremental-Redundancy Transmission for Meteor - Burst Communications," *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS*, Vol.39, NO.5, MAY. 1991.

[21] D. Raychaudhuri et al, "ATM-Based Transport Architecture for Multi-Service

Wireless Personal Communications Networks," *IEEE JSAC*, Oct 1994.

[22] D. Rayhandhuri et al., "WATMnet : A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication," *IEEE JSAC* Vol.15 No.1, pp.69~82, Jan.1997

[23] H. Tanaka, "A Performance Analysis of Selective-Repeat ARQ with Multicopy Retransmission," *VIC 95*.

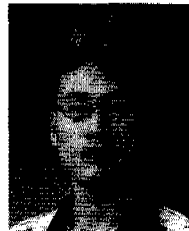
[24] C-K Toh, *Wireless ATM and Ad-hoc Networks: Protocols and Architecture*, Kluwer Academic Publishers, 1997.

[25] Q. Wu, Wei-Ling Wu, Jiong-Pan Zhou, "Effects of Slow Fading Sir Errors on CDMA Capacity," *VCT 97*.

[26] S.B. Wicker and V.K. Bhargava, *Reed-Solomon Codes and Their Applications*, IEEE Press, 1994.

원 정 재(Jeongjae Won)

정회원



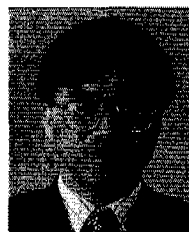
1995년 고려대학교 전산학과
1998년 고려대학교 전산학과
1998~현재 고려대학교 전산학과 박사과정

<주관심 분야> 무선 ATM망 QoS 관리 및 트래픽 제어, 이동통신망 핸드오프 관리, 멀티미디어, 개방형 통신망 구조 (TINA)

E-mail : wonjj@tigerking.korea.ac.kr

이 형 우(Hyongwoo Lee)

정회원



1979년 University of British Columbia Electrical Engineering(학사)
1983년 University of Waterloo, Electrical Engineering(박사)

1983~1991 Carleton University, systems and

Computer Engineering 조교수

1992~1995 University of Waterloo, Electrical and

Computer Engineering 조교수

1995~현재 고려대학교 전자 및 전자공학부 교수

<주관심 분야> 통신망 설계 및 성능분석, ATM 트래픽 제어, MAC 프로토콜, 이동망에서의 핸드오프와 위치관리, AON

E-mail : hwlee@tiger.korea.ac.kr

조 충 호(Choongho Cho)

정회원



1981년 고려대학교 공과대학
산업공학과(학사)

1983년 고려대학교 공과대학
산업공학과(석사)

1986년 프랑스 Institute
National des Sciences
Appliques de Lyon
전산학과(석사)

1989년 프랑스 INSA de Lyon 전산학과(박사)

1990~1994년 순천향대학교 전산통계학과 조교수

1994~현재 고려대학교 전산학과 부교수

<주관심 분야> 통신망 트래픽관리기술, 무선통신 시스템, 멀티미디어통신, 인터넷 비즈니스