

# 무선 ATM셀 전송을 위한 부분 연쇄 부호화 기법의 성능분석

正會員 이진호\*, 김태중\*, 이동도\*, 안재영\*\*, 황금찬\*

## Performances of Wireless ATM Cell Transmission with Partial Concatenated Coding

Jin Ho Lee\*, Tae Joong Kim\*, Dong Do Lee\*, Jae Young Ahn\*\*,  
Keum Chan Whang\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 현재 광대역 고속네트워킹의 핵심기술인 비동기 전송방식(Asynchronous Transfer Mode; ATM)을 사용하는 통신 네트워크에서 무선채널을 이용하여 ATM 셀을 전송할 때에 비트오율 성능, 셀손실확률, 셀오류확률 및 네트워크 성능을 분석하였다. 무선 채널에서의 변조방식으로는 대역폭 효율을 높이기 위하여 16Star QAM방식을 적용하였으며, 무선 채널에서의 성능을 개선하기 위한 채널부호화 기법으로는 Reed-Solomon (R-S) 부호, 길쌈부호, R-S/길쌈부호의 연쇄부호를 적용하였으며, 효과적으로 ATM셀을 전송하기 위한 UEP(unequal error protection) 부호화 방안으로 부분 연쇄부호를 제시하고 성능을 분석하였다. 이동 무선 통신채널의 특성인 도플러 영향과 라이시안 페이딩 모델을 고려하였고, 수신단에서의 성능을 향상시키기 위하여 최대비 결합 방식의 다이버시티 기법을 적용하였으며, 네트워크 성능분석을 위하여는 무선 ATM셀의 셀 전송효율 및 지연시간을 분석하였다.

성능분석 결과로, 부분 연쇄부호를 적용시 기존의 부호화 기법들에 비하여 약 2dB 이상의 ATM 셀 손실 성능향상을 기대할 수 있으며, 특별히 낮은 오류확률을 요구할 수록 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다. 또한 동일한 성능을 얻기 위하여 적용하는 부호화 기법의 오버헤드 비트를 줄일 수 있는 방안임을 확인하였다. 따라서, 부분연쇄부호와 같이 ATM 셀의 헤더와 payload 부분의 에러 보정능력을 달리 적용하는 부호화 기법을 채택하는 것이 미래의 이동통신망에서의 무선 ATM 통신을 위한 유용한 전송방식으로 생각된다.

### ABSTRACT

In this paper, the performances of wireless asynchronous transfer mode (ATM) cell transmission in mobile

\*연세대학교 전기공학과 통신시스템 연구실

\*\*한국전자통신연구원 위성통신연구단

論文番號: 97131-0409

接受日字: 1997年 4月 9日

work are analyzed. We adopt 16Star QAM as a modulation technique in wireless channel and considered Reed-Solomon, convolutional, and concatenated coding to improve the error rate performances, and also proposed the Partial Concatenated Coding (PCC) technique as UEP(unequal error protection) code for efficient transmission of ATM cell in the air interface. We consider Doppler's effect, Rician fading, and diversity technique of maximal-ratio combining (MRC) for mobile channel model. For performance measure, we analyze bit error rate, ATM cell loss probability, ATM cell error probability, and network performances of ATM cell transmission delay and throughput. The numerical results show that the adoption of PCC is a prospective way for the evolution of future wireless ATM network on mobile environment.

## I. 서 론

현재 이동통신 분야에서는 디지털 셀룰러 음성 서비스가 급속하게 보급되고 있고, 1997년말에는 개인휴대통신(PCS: Personal Communication Services)이 국내에서 상용화 될 예정이며, 이러한 새로운 디지털 기술에 기반하는 개인 휴대통신망(Personal Communication Networks: PCN)이 통신분야에서 매우 중요한 영역을 차지하게 되었다. 초기의 개인휴대통신망은 주로 단거리적인 음성서비스의 제공에 중점을 두고 있으나 점차로 패킷 데이터, 화상 및 멀티미디어를 포함하는 광범위한 통신서비스를 제공하여 고부가가치를 창출하려는 방향으로 발전하고 있다. 그리고 언제 어디서나 누구와도 통신이 가능하며 발생할 수 있는 모든 서비스(음성, 데이터, 화상등)를 제공하고자 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)이나 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)와 같은 차세대 무선 통신 서비스 형태에 대한 표준안 연구가 활발히 진행되고 있다. 미래의 멀티미디어 어플리케이션을 지원 가능한 차세대 개인 이동 통신망은 고속통신, 유연성있는 대역폭 할당, VBR(Variable Bit Rate)/CBR(Constant Bit Rate)/패킷모드, QoS(Quality of Service)의 선택등과 같은 새로운 기능들을 제공가능하여야 한다. 이러한 차세대 무선통신 서비스의 요구사항을 만족시키기 위한 가장 유력한 방식은 무선 채널상에서 ATM통신 방식을 사용하는 것이라고 생각된다[1-3].

본 논문에서는 무선 ATM 전송방식의 여러가지 프로토콜 계층중 주로 물리계층에서의 핵심적인 기술인 변복조 방식과 채널부호화 기법에 대하여 연구한다. 즉 ATM 전송특성인 멀티미디어 QoS의 지원, 고

속 네트워킹 지원등을 지원가능한 방안으로서 무선 채널상에서의 변복조 방식 및 채널 부호화 기법을 적용하고 무선채널에서 ATM 셀을 전송할 때의 비트오율 특성, ATM 셀손실 확률 및 셀오류 확률, 이동 무선 환경에서의 네트워크 성능을 분석한다. 즉 무선 채널상에서 페이딩, 다이버시티, 도플러 효과등을 고려한 변조방식 및 채널 부호화 기법을 적용하여, ATM 전송 특성을 지원하는 무선 ATM방식을 제시하고 이때의 네트워크 성능을 분석한다. 무선 ATM 통신을 위한 변조방식으로는 시스템의 복잡성을 줄이면서 기본적으로 높은 주파수 효율을 통한 고속 네트워킹의 지원이 가능한 16Star QAM 변조방식을 적용하였다. T. T. Tjhung 및 F. Adachi등의 논문에서는 무선 채널상에서 고속 네트워킹을 지원하기 위한 방안의 하나로 주파수 효율이 다른 변조방식에 비하여 매우 높은 16Star QAM 변조방식에 관한 연구가 진행된 바 있다[4-7]. 16Star QAM 기법은 noncoherent 감지가 가능하며 동일한 전력제한 조건에서는 16 DPSK 방식등 타방식에 비하여 성능이 우수한 것으로 알려져 있는 새로운 변조방식으로서 응용분야가 기대되는 무선 변복조 기술이다. 무선 이동통신망에서 사용자가 원하는 QoS를 만족시키기 위해 사용되는 부호화 기법으로는 블록 부호화기법과 길썸 부호화 기법의 단점인 성능 향상에 따른 시스템 복잡도의 급격한 증가 문제를 극복하기 위해, 가능한 시스템의 복잡도를 줄이면서 낮은 오율 성능을 지원 가능한 연쇄 부호화 기법을 적용한다. 또한 데이터의 중요도가 다른 경우의 여러 정정 부호로 연구가 진행되고 있는 UEP(unequal error protectin) 기법의 한 방안으로서, 특별히 헤더부분의 정보가 전송특성에 심각한 영향을 미치는 ATM 셀 전송특성을 감안하여 헤더부분에

만 연쇄부호를 적용하는 부분 연쇄 부호화 방안을 제시하였다. 연쇄부호의 외부 부호로는 블록 부호화 기법인 Reed-Solomon 부호를, 내부부호로는 길쌈 부호를 사용하였다. 그리고 ATM 셀손실 확률로부터 무선 ATM 네트워크에서의 재전송방식을 고려하여 네트워크 처리율 및 지연시간을 분석하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 제 II 장에서는 본 논문에서 설정한 무선 시스템 모델을 설명하고, 제 III 장에서는 제 II 장에서 제시된 무선 시스템 모델에 근거하여 무선 ATM망의 물리계층에서의 성능을 분석한다. 제 IV 장에서는 성능 분석 결과를 고찰하고 제 V 장에서 결론을 제시한다.

## II. 무선 시스템 모델

본 논문에서는 라이시안 페이딩 특성을 갖는 무선 통신 채널을 가정하였다. 라이시안 페이딩 채널 모델은 무선의 사용범위가 작은 마이크로 셀에서 송, 수신기간에 LOS(Line-Of-Sight) 경로가 존재하는 환경에 적합한 모델로서, 마이크로 셀을 적용하는 무선 LAN이나 개인 휴대 통신(PCS) 환경에 적용될 수 있는 무선 ATM 환경에 타당한 채널 모델이다. 또한 단말기의 이동성을 고려하여 단말기의 이동 속도와 전송 속도에 따른 도플러 효과를 포함하고 있다. ATM 셀 전송을 위한 변복조 방식으로는 논코히어런트 16Star QAM 변복조 방식을 채택하였는데, 이 변복조 방식은 제한된 주파수 대역내에서 전송 속도를 향상시킬 수 있으며, 논코히어런트 복조방식의 특징인 시스템 구현의 용이함을 갖는 장점이 있다. 통신의 신뢰성을 확보하기 위한 수단으로 FEC(Forward Error Correction) 기법과 다이버시티 기법을 적용하였다. 우선 FEC 기법에서는 무선 ATM 환경에 적합한 FEC 방식을 블록 부호, 길쌈 부호, 연쇄(Concatenated) 부호, 그리고 본 논문에서 제시하는 부분 연쇄(Partial Concatenated) 부호를 비교하였으며, 다이버시티 기법으로는 공간 다이버시티의 최대비 결합(Maximal Ratio Combining) 방식을 채택하였다.

### 2.1 무선 채널 모델

본 논문에서 가정한 라이시안 페이딩 채널 모델을 통과하여 수신되는 신호에는 LOS를 통한 신호 혹은

경면반사 신호 성분과 다중 경로 및 산란 등에 의한 산란 신호 성분이 포함된다. 라이시안 페이딩 채널 모델에서는 다중 경로를 통해 수신되는 신호는 시스템의 분해 능력 내에 있는 주파수-비선택적 특성을 가지며, 시스템 내의 잡음 성분으로 AWGN(Additive White Gaussian Noise)을 고려하였다. 주파수 비선택적 라이시안 페이딩 채널을 통해 L개의 다이버시티를 갖는 수신단에 수신되어 샘플링된 기저대역 신호는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다[3].

$$r(nT) = \sum_{n=1}^n \sum_{l=1}^L \sqrt{2P_{l,n}^0} + \sqrt{2P_{l,n}^0} a_{l,n}^s \exp(j2\pi f_d(nT)) s_n + W_{l,n} \quad (1)$$

여기에서 아래 첨자 l은 전체 L개의 다이버시티 가지(Branch) 중에서 l번째 다이버시티 수신단을 통해 수신되는 신호를 의미하며, n은 연속하여 수신되는 데이터의 순서로 n번째 전송 심볼을 나타낸다. 또한,  $P_{l,n}^0$ 는 LOS 경로나 경면 반사를 통해 수신된 신호의 전력을 의미하며,  $P_{l,n}^0$ 는 산란 신호의 전력을 나타내는 랜덤 변수이다.  $a_{l,n}^s$ 는 페이딩 프로세스로서 평균은 0, 분산은 1 ( $E\{|a_{l,n}^s|^2\} = 1$ )인 복소 정규 분포 랜덤 변수이다.  $2\pi f_d(nT)$ 는 단말기의 이동성으로 인해 발생하는 도플러 효과를 나타내는 항으로서, 수신단에서는 경면 반사 신호와 산란 신호의 위상차로 나타나며, 페이딩 프로세서  $a_{l,n}^s$ 의 자기 상관 함수(auto-correlation) 값에 영향을 미친다. 마지막으로,  $W_{l,n}$ 은 복소 가우시안 랜덤 변수로서 분산이  $2P_{l,n}^0$ 인 AWGN을 나타낸다.

### 2.2 16Star QAM 변복조방식

일반적으로 데이터의 전송속도를 향상시키기 위해 사용되는 변조방식은 M-ary PSK 계열 혹은 M-ary QAM 변조방식 등이다. 이 변조 방식들은  $\log_2 M$  개의 이진 비트를 하나의 심볼로 전송함으로써, M이 증가함에 따라 동일한 주파수 대역에서  $\log_2 M$  배의 전송 속도 향상을 얻을 수 있다. 하지만, 전송 속도 향상의 장점을 얻기 위해 M-ary 변조 방식에서 M 값을 무한히 증가시킬 수는 없다. 왜냐하면 M의 증가에 따라 시스템이 급격하게 복잡해지며, 또한 시스템 단독으로만 사용되는 단일 셀(single-cell) 환경에서는 변조방식의 효율이 선형적으로 증가하지만, 다중 셀(multi-cell)을

사용하는 셀룰러 시스템 환경에서는 M이 증가함에 따라 인접 셀에 의한 간섭 신호의 영향으로 M이 일정 값을 초과할 경우에는 변조방식의 효율이 감소하기 때문이다. S. Sampei 등[8]의 연구에 의하면, 단일 셀 트렁크 시스템 환경하에서는 M이 증가함에 따라 주파수 효율이 선형적으로 증가하지만, 셀룰러 환경하에서는 M이 16이하일 경우에서 주파수 효율이 증가하는 반면, 16을 초과할 경우에는 주파수 효율이 감소하여 시스템 전체의 성능이 열화되는 현상이 나타남을 보여주고 있다. 따라서, 본 논문에서는 무선 ATM 시스템이 향후 다중 셀 환경의 셀룰라 시스템으로 운영되는 개인 휴대 통신(PCS) 등에 접속이 요구될 수 있으므로, 셀룰러 환경에서 최대의 주파수 효율을 갖는 16-ary QAM 변조방식을 고려하고, 또한 코히어런트 복조방식을 채용하는 16-ary Square QAM은 수신신호의 위상 검출을 위한 파이럿 신호가 필요하나, 논코히어런트 복조 방식을 채용할 수 있는 16Star QAM은 모든 전력이 데이터의 송신에만 사용되기 때문에 전력 소비량이 적고, 특히 시스템이 간단해지는 장점이 있기 때문에 16Star QAM 방식을 무선 ATM 통신 방식에 적합한 변조 방식으로 적용하였다[4-7].

16Star QAM 변조 방식은 동상 성분과 직각 성분으로 이루어진 극좌표에서 위상의 간격이 균일하게 위치하는 8개의 위상 값과 2개의 신호 크기를 사용하여 16개의 위상-크기 신호점의 천이를 이용하는 기법이다. 그림 1과 그림 2에는 16Star QAM 변조 방식의 송신단과 수신단을 상세히 나타내었다. 그림 1은 16Star QAM 변조 방식 송신단의 블럭도를 도시하고 있는데, 전송할 이진 비트는 4비트씩 하나의 심볼로 변환되고, 4비트중 MSB 3비트는 8DPSK 변조방식에, LSB 1비트는 2DASK 변조방식에 사용된다. 따라서, 16Star QAM 변조방식은 8DPSK 변조방식과 2DASK 변조방식의 합성이라고 볼 수 있으며 16DAPSK로 표현하기도 한다.

변조된 신호의 기저대역신호는 다음의 식 (2)와 같다.

$$s_n = r_n \exp(j\phi_n) = \Delta r_n r_{n-1} \exp(j(\phi_{n-1} + \Delta\phi_n)) \quad (2)$$

여기서  $r_n$ 은 기저대역 신호의 크기로서 레벨은  $\{r_L, r_H\}$  중 하나의 값을 갖는다. 그리고, 전송 신호의 위상  $\phi_n$ 은 변조신호의 위상을 표현하는 것으로 8개의 위상  $\{m\pi/$

$4, m=0-7\}$  중 하나를 갖는다. 16Star QAM 변조방식에서는 시스템 파라미터인 신호 크기비(Ring-Ratio)가 사용되는데, 이 신호 크기비  $r_n$ 는 가능 레벨값  $\{r_L, r_H\}$ 의 비율  $\beta(=r_H/r_L)$ 로 정의되며, 평균 전력의 정규화를 통해  $r_L$ 은  $\sqrt{2}/(\beta^2 + 1)$   $r_H$ 는  $\sqrt{2\beta^2}/(\beta^2 + 1)$ 의 값을 갖는다.

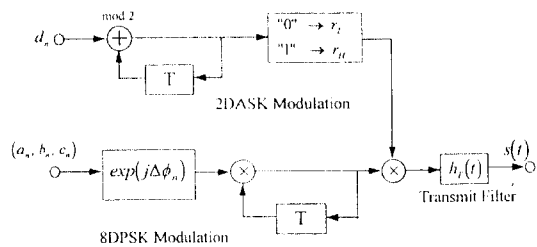


그림 1. 16Star QAM의 송신단

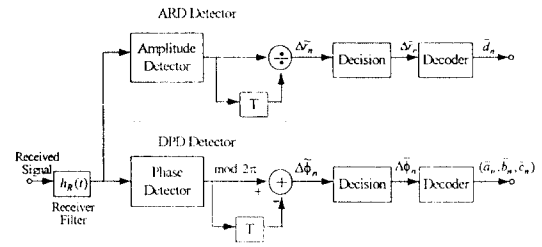


그림 2. 16Star QAM의 수신단

### 2.3 부분 연쇄 부호화 기법

본 절에서는 블럭 부호화 기법의 Reed-Solomon 부호화 기법과 길쌈 부호화 기법의 결합된 형태인 연쇄 부호화 기법에 대해 설명하고, 이를 바탕으로 데이터의 중요성에 따라 각기 다른 부호를 사용하여 부호화 시 요구되는 리던던시의 양을 상대적으로 적게 유지하면서 부호화 이득을 얻는 UEP 기법의 한 방안으로서 부분 연쇄 부호화 기법을 설명한다.

일반적인 연쇄 부호화 과정(본 논문에서는 R-S 부호화 및 길쌈 부호를 적용하였음.)에서는 전송할 데이터를 일정 비트로 이루어진 심볼로 구성하고, 이를  $k_1$ 개 심볼씩 R-S 부호화기에 입력되어  $n_1$ 개의 심볼이 출력된다. 이어서 연접 오류가 발생할 경우에도 정확한 데이터를 복구할 수 있게 전송할 데이터 간의 독립성

을 확보하는 기능을 수행하는 인터리버(interleaver)를 통해 비트 단위로 인접 비트를 분리하여 길썬 부호기에 입력된다. 길썬 부호기는  $k_2$ 비트씩 데이터를 입력하여 부호화 과정을 수행하여  $n_2$ 비트를 출력한다.

연쇄 부호화 기법의 부호율은 정의에 따라, 부호화 과정을 통과한 뒤의 비트 개수에 대한 전송할 데이터의 비트수이므로, 다음의 식 (3)과 같이 간단히 계산할 수 있다. 본 논문에서는 앞에서 언급한 R-S 부호화 기법 및 길썬 부호화 기법과 성능을 비교하기 위해 연쇄 부호화 기법은 1/3, 1/4의 부호화율에 대해서 고려하며, 특히 길썬 부호화 기법의 경우 입력되는 비트 개수는 1로 고정하였다.

$$R_{CCTN} = R_{RS} \times R_{COMV} = \frac{k_1}{n_1} \frac{k_2}{n_2} = \frac{k_1}{n_1 n_2} \quad (3)$$

여기에서, 아래첨자 CCTN은 연쇄부호화, RS는 R-S 부호화, COMV는 길썬부호화를 나타낸다.

ATM 망에서는 음성, 데이터 및 화상등의 멀티미디어 서비스 특성을 만족하는 서비스의 질(QoS)을 제공하여야 한다. 음성 서비스의 경우는 지연시간특성, 데이터 서비스의 경우는 데이터 오류가 더욱 중요하게 고려되어야 한다. 따라서 각각의 서비스 특성을 고려하는 채널 부호화를 적용할 필요가 있다. ATM 셀은 물리계층에서 중요하게 고려되는 헤더와 상위 계층에서 중요한 Payload 부분으로 구성되어 있다. 앞절에서 설명한 기존의 부호화 기법은 비트 스트림(Bits Stream)과 같은 데이터 전송을 고려한 형태이므로, ATM 셀의 전송을 위한 부호화 기법으로는 적합하지 않다. 또한, Reed-Solomon 부호화 기법과 길썬 부호화 기법은 연쇄 부호화 기법에 비해, 원하는 평균 오류 확률을 얻기 위해서는, 각 부호기 및 복호기의 복잡도가 매우 증가하는 문제점이 있다. 특히 버스트한 오류에 상대적으로 취약하여 무선 채널 환경이 열악한 경우에는 ATM 셀의 신뢰성 있는 전송이 불가능해지는 단점이 있다.

현재, 전송하고자 하는 데이터들의 중요도가 다른 경우에 차등 데이터 보호를 하는 UEP기법들이 HDTV 등에 많이 사용되고 있다[9-10]. UEP 부호는 그림 3에서와 같이 중요도가 높은 데이터의 경우에는 보다 강력한 에러 정정 부호를 사용하거나, 일정하게 분포하지 않는 공간 신호점들을 사용하여 높은 우선순위를

부여하는 방법이다. 동일한 에러 보호 부호를 사용하는 것에 비해 UEP 부호를 사용하는 것의 이점은 중요하게 생각되는 정보 비트들이 보다 덜 중요한 정보 비트들보다 더욱 신뢰성을 확보할 수 있다는 점이다.

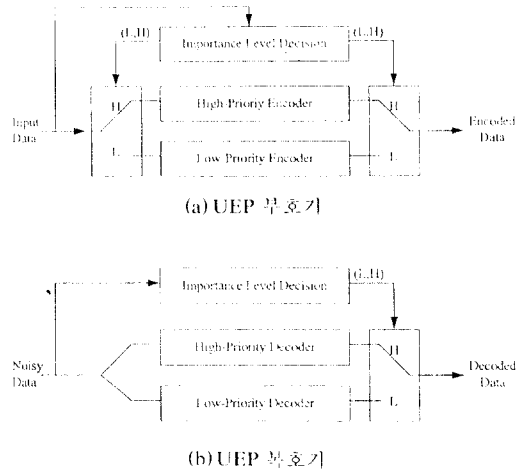


그림 3. UEP(Unequal Error Protection) 부호/복호기의 블록도

본 연구에서는 ATM 셀의 전송특성을 감안하여 셀 전송시 중요도가 높은 헤더부분에는 보다 강력한 부호로서 리드-솔로몬 부호와 길썬부호의 연쇄 부호를 적용하고, payload 데이터 부분에는 일반적인 길썬부호만을 적용하는 UEP 기법을 적용하고 이에 대한 성능을 분석한다. ATM 셀의 헤더 부분과 Payload 부분에 동일한 부호화 기법을 사용하는 연쇄 부호화 기법은 Reed-Solomon 부호화 기법과 길썬부호화 기법을 단독으로 사용하는 경우에 비해 시스템이 간단하고, 동일한 리던던시(Redundancy)하에서 우수한 성능을 가지는 반면, 수신단에서는 전송된 ATM 셀의 헤더만으로도 이 셀의 전송 오류 여부 및 동기를 포착하기 때문에 실제에서는 ATM 셀의 헤더 부분과 Payload 부분에 중요성을 달리 부여함으로써 동일한 조건에서 부호화 이득을 더욱 크게 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 즉 헤더에는 부호화 이득이 더욱 큰 부호화 기법을 사용하는 반면, Payload 부분에는 상대적으로 부호화 이득이 작은 부호화 기법을 사용함으로써 중요도를 달리 부여하는 것이 가능하다. 즉, 기존의 연

쇄 부호화 기법에서 Payload 부분에서 얻을 수 있는 부호화 이득의 일부를 헤더 부분으로 옮김으로써 헤더 부분의 부호화 이득을 향상시키고, 이를 통해 더욱 신뢰성있는 전송을 얻을 수 있다. 이러한 부분 연쇄 부호/복호기의 블록도는 그림 4와 같다.

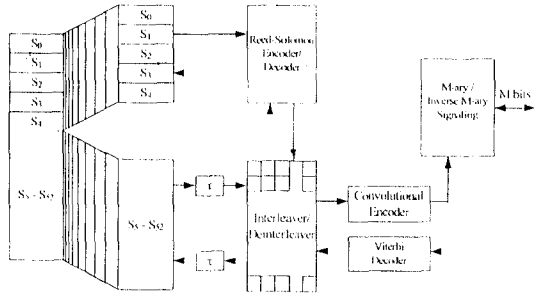


그림 4. 부분 연쇄 부호/복호기의 블록도

그림 4에서 알 수 있듯이, 우선적으로 전송할 ATM 셀은 헤더와 Payload로 나누고 5 바이트의 헤더는 Reed-Solomon 부호기에서 부호화되고, 이 부호화된 데이터는 인터리버에 입력된다. 반면, ATM 셀의 Payload는 Reed-Solomon 부호기의 부호화 처리 시간 만큼 시간 지연시켜 헤더의 부호화된 데이터와 심볼 동기를 맞춘 상태에서 인터리버에 입력된다. 이 인터리버는 무선 채널의 특성에서 발생될 수 있는 버스트 오류를 제거하고, Reed-Solomon 부호기와 길쌈부호기의 오류 정정내에 오류가 발생할 수 있게 유도하며, 그리고 각 전송 심볼간의 독립성을 확보할 수 있게 되어 평균 셀 오류 확률의 계산을 간단하게 할 수 있는 근거가 된다. 인터리버를 통과한 신호는 길쌈 부호기에 입력되어 부호율에 따라 결정된 수의 비트가 발생된다. 부분 연쇄 부호의 복호기는 부호기의 역순으로 이루어진다.

### Ⅲ. 성능 분석

본 장에서는 제 II 장에서 설명한 ATM 셀 전송을 위한 무선 시스템 모델에 근거하여 물리 계층의 성능을 분석한다. 본 논문에서 채택하고 있는 16Star QAM 변조방식의 평균 오류 확률을 구하고 무선 ATM 셀 전송시 발생하는 셀 손실 확률 및 셀 오류 확률을 유

도한다. 신뢰성 있는 ATM 셀 전송을 위하여 본 논문에서 적용한 부호화 기법들의 성능식을 설명한다. 또한 무선 채널하에서 필연적으로 발생하는 오류를 극복하기 위해 요구되는 재전송 방식을 사용할 경우에 네트워크 성능 분석을 위한 지연시간 및 처리율을 계산한다.

#### 3.1 16Star QAM 변조방식의 평균 오류 확률

T. T. Chung과 F. Adachi 등은 라이시안 페이딩 채널에서 다이버시티를 고려하여 16Star QAM 변복조 방식을 적용시 비트오율을 계산하였다[4-5]. 상기 논문에서 유도한 8DPSK 변조 방식의 평균 심볼 오류 확률과 2DASK 변조 방식의 평균 심볼 오류 확률은 독립적인 값이므로, 4비트를 하나의 심볼로 전송하는 16Star QAM 변조방식의 평균 심볼 오류 확률은 식(4)와 같이 두 확률의 산술적 합과 같다[4].

$$P_{16QAM}^b = \frac{1}{4} P_{2DASK}^b + \frac{3}{4} P_{8DPSK}^b \quad (4)$$

여기에서 위 첨자  $b$ 는 평균 비트 오류 확률을 의미하며, 아래 첨자는 변조방식을 나타낸다. 즉, 16Star QAM 변조방식의 평균 비트 오류 확률을 계산하기 위해서는 2DASK 변조 방식의 평균 비트 오류 확률  $P_{2DASK}^b$ 과 8DPSK 변조 방식의 평균 비트 오류 확률  $P_{8DPSK}^b$ 이 필요하다. 2DASK 변조 방식의 경우에는 이진 변조 방식이기 때문에 심볼과 비트는 동일하여 각 확률도 동일한 반면, 8DPSK 변조 방식의 경우에는 Gray 부호화 기법을 사용하여 3비트를 하나의 심볼로 전송하기 때문에 평균 비트 오류 확률은 평균 심볼 오류 확률의 1/3이 된다. 이와 같은 결과를 이용하여 16Star QAM 변조방식의 평균 비트 오류 확률을 나타내는 식(4)는 식(5)와 같이 앞에서 구한 각 변조 방식의 평균 심볼 오류 확률을 이용하여 다시 표현할 수 있다.

$$P_{16QAM}^b = \frac{1}{4} P_{2DASK} + \frac{3}{4} (P_{8DPSK}/3) = \frac{1}{4} (P_{2DASK} + P_{8DPSK}) \quad (5)$$

우선 8DPSK의 수신단에서는 기저대역 수신 신호  $z_{l, n}$ 와 이전 심볼  $z_{l, n-1}$ 에 의해 수신된 신호의 위상차를 검출하기 위해 두 신호의 상호 상관도(cross-corre-

lation)를 계산한다. 이 결과 얻어지는 신호와의 위상 차이가  $[-\pi/8, \pi/8]$ 의 범위에 존재할 경우에는 정확하게 복조할 수 있는 반면, 이외의 범위에 있을 경우에는 심볼 오류가 발생되기 때문에, 8DPSK 변조 방식의 평균 심볼 오류 확률은 다음의 식 (6)과 같이 근사화될 수 있다.

$$P_{8DPSK} = \Pr \left\{ \operatorname{Re} \left[ \left( \sum_{l=1}^L z_{l,n} z_{l,n}^* \right) e^{-3\pi/8} \right] < 0 \right\} + \Pr \left\{ \operatorname{Re} \left[ \left( \sum_{l=1}^L z_{l,n} z_{l,n}^* \right) e^{3\pi/8} \right] < 0 \right\} \quad (6)$$

여기에서  $L$ 은 다이버시티의 차수를 의미하며,  $\operatorname{Re}(\cdot)$ 는 복소수의 실수 부분을 의미한다. 그리고, 이 식 (6)은 [11]에 제시된 다중 채널의 논코히어런트 복조의 평균 오류 확률 계산식(4B.21)을 이용하여 계산할 수 있다.

반면, 2DASK의 수신단에서는 이전 신호와 복조할 신호 크기 비를 검출하여 복조를 수행하며, 검출값  $\Delta\tilde{r}$ 는 다음의 식 (7)과 같다.

$$\Delta\tilde{r} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L |z_{l,n}|^2 / \sum_{l=1}^L |z_{l,n-1}|^2}{\sum_{l=1}^L |z_{l,n}|^2 / \sum_{l=1}^L |z_{l,n-1}|^2}} \quad (7)$$

여기에서 결정된  $\Delta\tilde{r}$ 는 신호 결정 문턱값인  $\Delta r_L (\beta^{-1} < \Delta r_L < 1)$ 과  $\Delta r_H (1 < \Delta r_L < \beta)$ 을 이용하여 전송된 데이터타를 복조한다. 즉,  $A_n = A_{n-1} (A_n \neq A_{n-1} \text{인 경우에는 전송된 신호의 크기비 } \Delta r_n \text{가 } 1 (\beta \text{ or } \beta^{-1}) \text{이므로 검출값 } \Delta\tilde{r} \text{가 } \{\Delta r_L, \Delta r_H\} \text{의부(내부)에 있을 때 오류가 발생한다. 신호 결정 문턱값은 } \Delta r_L = 1/\Delta r_H \text{의 관계에 있다[6]. 이를 이용하여 2DASK 변조 방식의 평균 심볼 오류 확률 } P_{2DASK} \text{는 } P_{8DPSK} \text{와 비슷한 방법을 통해 계산할 수 있다.}$

$$P_{2DASK} = \frac{1}{4} [2 + G(\Delta_H, r_H, r_H) - G(\Delta_L, r_H, r_H) + G(\Delta_H, r_L, r_L) - G(\Delta_L, r_L, r_L) + G(\Delta_L, r_H, r_L) - G(\Delta_H, r_H, r_L) + G(\Delta_L, r_L, r_H) - G(\Delta_H, r_L, r_H)] \quad (8)$$

여기에서  $1/4$ 은 이전 심볼과 현재 전송된 심볼로 이

터어진 2개의 비트에 대해 평균을 취함으로써 얻어진 값이며,  $G(\Delta r, A_n, A_{n-1})$ 는  $\Pr(D_A(\Delta r) < 0 | A_n, A_{n-1})$ 로 다시 표현할 수 있으며,  $D_A(\Delta r)$ 는 다음의 식 (9)와 같이 정의된다.

$$D_A(\Delta r) = \Delta r^2 \sum_{l=1}^L |z_{l,n-1}|^2 - \sum_{l=1}^L |z_{l,n}|^2 < 0 \quad (9)$$

이 함수도 8DPSK 수신단의 성능을 평가하기 위해 사용된 [11]의 식 4B.21에 의해 계산될 수 있다.

### 3.2 ATM 셀 전송을 위한 부분 연쇄 부호화 기법

본 논문에서 고려한 연쇄 부호는 외부 부호로 다양한 갈로이 필드  $GF(q)$ 에 따른 R-S 부호  $(n_1, k_1)$ 을, 내부 부호로 길쌈 부호  $(n_2, 1, L)$ 를 사용한다. 연쇄 부호를 사용하는 시스템에서는 평균 비트 오류 확률은 R-S 부호와 길쌈 부호의 평균 비트 오류 확률을 이용해서 계산할 수 있다. 즉, 우선 변조 방식에 따른 평균 비트 오류 확률을 앞절에서 언급한 식 (5)의  $P_{16QAM}^b$ 과 동일하게 가정하여 길쌈 부호의 비터비 복호기에서의 평균 오류 확률을 계산한다[12].

$$P_{CON}^b < \sum_{d=d_{min}}^{\infty} B_d |\sqrt{\rho(1-\rho)}|^d \quad (10)$$

비터비 복호기에서 일정 수준의 오류가 복구된 뒤 디인터리버를 통과하고 R-S 복호기에 입력된다. R-S 복호화 과정에서의 평균 오류 확률은 M-ary 형태의 심볼 오류 확률을 이용하기 때문에 본 논문에서는 갈로이 필드  $G(q)$ 를 구성하는 비트 수로 이루어진 심볼을 고려하였다. 따라서, 식 (5)의  $P_{16QAM}$ 은 다음의 식 (11)을 대입함으로써 계산할 수 있다.

$$P_{16QAM} = 1 - (1 - P_{CON}^b)^{\log_2 q} \quad (11)$$

이를 식(10)과 식 (5)에 대입하여 연쇄 부호의 평균 비트 오류 확률은 다음 식 (12)와 같이 계산할 수 있다[11].

$$P_{CCNI}^s = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} i \binom{n_1}{i} (1 - (1 - P_{CON}^b)^{\log_2 q})^i (1 - P_{CON}^b)^{(n_1-i)\log_2 q} \quad (12a)$$

$$P_{CONV}^b = \frac{2^{\log_2 q - 1}}{2^{\log_2 q} - 1} \cdot P_{CCNT}^s = \frac{q}{2(q-1)} \cdot P_{CCNT}^s \quad (12b)$$

여기서 아래첨자  $CCNT$ 는 연쇄부호,  $CONV$ 는 길쌈 부호를 나타내고, 위 첨자  $s$ 는 심볼,  $b$ 는 비트 오류 확률을 나타낸다.

앞의 2.3 절에서 설명되어 있는 부분 연쇄 부호화 기법은 헤더 부분과 정보 데이터 부분의 평균 비트 오류 확률이 서로 달라서 각 경우에 대해 계산할 필요가 있다. 우선, 헤더 부분의 평균 비트 오류 확률은 앞절에서 설명한 연쇄 부호화 기법의 평균 비트 오류 확률의 식 (12)와 동일한 반면, 데이터 부분은 길쌈 부호화 기법에 의한 이득만이 있기 때문에 식 (10)을 직접 적용할 수 있다. 그리고, 기존의 부호화 기법과 비교하기 위해, 이상과 같이 연쇄 부호화 기법과 길쌈 부호화 기법에 의한 평균 비트 오류 확률을 이용하여 얻은 헤더 부분 및 정보 데이터 부분의 오류 확률을 다음의 식과 같이 평균을 취함으로써 부분 연쇄부호의 평균 비트 오류 확률  $\overline{P_{pec}^b}$ 을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \overline{P_{pec}^b} = & P_{CCNT}^b \cdot \frac{\text{size of header}}{\text{size of packet}} \\ & + P_{CONV}^b \cdot \frac{\text{size of remaining information part}}{\text{size of packet}} \quad (13) \end{aligned}$$

### 3.3 ATM 셀의 손실 확률 및 오류 확률

ATM 셀을 전송하는 경우, 부호화 이득을 평가할 수 있는 방법은 물리 계층에서 ATM 셀이 수신단에 정확하게 수신되었느냐와 상위 계층 및 사용자 측면에서 수신된 ATM 셀에 오류의 비트가 있느냐를 평가함으로써 가능하다. 물리 계층에서는 ATM 셀의 Payload 부분의 오류를 검사할 방법이 없기 때문에, 헤더부분에 오류가 발생하지 않은 경우에는 수신단의 물리 계층에서 상위 계층으로 전송된 데이터를 전달한다. 만약 헤더 부분에 오류가 발생한 경우에는 물리 계층에서 이 ATM 셀을 버리고, 다음 데이터를 기다리게 되는데, 이와 같은 경우를 “ATM 셀 손실”이라 한다. 반면, 물리 계층에서 상위 계층으로 전달된 ATM 셀은 상위 계층의 측면에서는 수신된 ATM 셀의 헤더 뿐만 아니라 데이터의 오류에 의해서도 영향을 받는데, 이와 같은 경우를 “ATM 셀 오류”라고

한다. 본 절에서는 ATM 셀 손실 확률과 ATM 셀 오류 확률을 기준으로 앞 절의 부호화 기법의 부호화 이득을 평가하기 위한 방법을 설명한다.

기존의 부호화 기법-R-S 부호화 기법, 길쌈 부호화 기법, 연쇄 부호화 기법-에서 발생하는 평균 비트 오류 확률을  $u$ 로 설정하고, 각 비트간의 독립성은 인터리버에 의해 확보할 수 있는 것으로 가정한다. 기존의 부호화 기법을 이용하는 평균 ATM 셀 손실 확률과 ATM 셀 오류 확률은 다음의 식 (14)를 통해 구할 수 있다.

$$P_{CL} = \Pr\{\text{Cell Loss}\} = 1 - (1 - u)^{40} \quad (14a)$$

$$P_{CE} = \Pr\{\text{Cell Error}\} = 1 - (1 - u)^{424} \quad (14b)$$

여기에서  $P_{CL}$ 와  $P_{CE}$ 는 각각 평균 ATM 셀 손실 확률과 ATM 셀 오류 확률을 나타낸다. 반면, 본 논문에서 제시한 부분 연쇄 부호화 기법은 헤더 부분만 연쇄 부호를 적용하고 나머지는 길쌈 부호만 적용하기 때문에 각각 다른 오류 확률을 대입하여야 한다. 연쇄 부호의 평균 비트 오류 확률을  $v_1$ 로, 길쌈 부호의 평균 비트 오류 확률을  $v_2$ 로 가정하면, 평균 ATM 셀 손실 확률과 ATM 셀 오류 확률은 다음의 식 (15)로 계산할 수 있다.

$$P_{CL} = 1 - (1 - v_1)^{40} \quad (15a)$$

$$P_{CE} = (1 - (1 - v_1)^{40}) \cdot (1 - (1 - v_2)^{384}) \quad (15b)$$

$$P_{CLH} = 1 - [(1 - v_1)^{40} + 40v_1(1 - v_1)^{39}] \quad (15c)$$

$$\begin{aligned} P_{CEH} = & 1 - [(1 - v_1)^{40} + 40v_1(1 - v_1)^{39}] \cdot (1 - v_2)^{384} \\ & = 1 - (1 - P_{CLH}) \cdot (1 - v_2)^{384} \quad (15d) \end{aligned}$$

동일한 부호율을 가정한 상태에서의 성능 비교가 의미있는 것이기 때문에, 이상과 같이 계산한 ATM 셀 손실 확률과 ATM 셀 오류 확률을 기존의 부호화 방식과 절대적으로 비교하는 것은 바람직하지 않다. 따라서, 기존의 부호화 기법의 부호율과 부분연쇄부호의 부호율을 동일하게 하기 위해서는 각 부호화 기법의 부호율을 식 (16)에 따라 조절하여야 한다.

$$R_{CCNT} = \frac{\text{Cell Size}}{\left( \frac{\text{Header Size}}{R_{RS}} + \text{Cell Size} - \text{Header Size} \right)} \cdot \frac{1}{R_{CONV}} \quad (16)$$



여기에서  $R$ 은 각 부호화 기법의 부호율을 나타낸다. 본 논문에서는 우선 적용할 길쌈 부호기의 부호율을 결정하고, 이와 함께 부분 연쇄 부호기를 구성할 R-S 부호기의 부호율을 다음의 식 (17)과 같이 결정한다.

$$R_{RS} = \text{Header Size} \cdot \left( \frac{\text{Cell Size} \cdot R_{CONV}}{R_{CCNT}} - (\text{Cell Size} - \text{Header Size}) \right)^{-1} \quad (17)$$

예를 들어, 부호율 1/2인 길쌈 부호기를 이용하여 부호율 1/4의 부분 연쇄 부호기를 구성할 경우, RS 부호기의 부호율은  $R_{RS} = 5\{53 \cdot (1/2) \cdot (1/4)^{-1} - 48\}^{-1} = 1/11.6$ 과 같이 계산되고, 이 부호율과 RS 부호 ( $n_1, k_1$ )의  $n_1$ 에 따른  $k_1$ 을 결정하기 위해,  $n_1 = 2^5 - 1$ 으로 가정하면 RS 부호 ( $n_1, k_1$ )는 (31, 3)으로 결정된다.

### 3.4 무선 ATM 셀 전송시 데이터 링크 성능

본 절에서는 무선 ATM 셀 전송시의 데이터 링크 성능으로서 지연시간 및 정규화된 셀 처리율을 유도한다. ATM 셀 성공 확률  $s (= 1 - CLP)$ 이 높으면, 무선 ATM 네트워크상에서 셀 재전송 확률이 작아지고, 지연시간이 적어지며, 초당 셀 처리율이 높아진다. 단말에서 ATM 셀을 각각의  $p$  초의 시간슬롯에서 고정 확률값  $r$ 로 발생시키며 각각의 단말은 재전송을 대기하는 셀을 저장가능하도록 무한버퍼를 가지고 있는 것으로 가정한다. 예상 지연시간은 식 (18)과 같다[13].

$$D = p \cdot \frac{1-s}{s-r} \quad [\text{seconds}] \quad (18)$$

16Star QAM을 이용하여 ATM 셀을 전송하는 경우에, 셀 주기  $p(= 53[\text{bytes/cell}] \cdot 8[\text{bits/byte}] \cdot (1/\log_2 M) (1/R) \cdot (1/R_c))$ 이며, 여기서  $R_c$ 는 채널율이고  $R$ 은 전체 채널 부호율이며,  $\log_2 M$ 은 M-ary 변조에서 전송 심볼당 비트수를 나타낸다. 채널 부호율을 포함하는 데이터링크의 정보율은 다음 식 (19)와 같다.

$$R_I = \frac{r}{p} (pR_c R - H) \quad [\text{bits/second}] \quad (19)$$

여기서  $H$ 는 5바이트의 ATM 셀 헤더 크기를 나타낸다. 정규화된 처리율  $\eta = R_I/R_c < 1$ 이며, 채널 비트당 정보비트의 수는 다음과 같다.

$$\eta = r \left( R - \frac{H}{pR_c} \right) \quad (20)$$

여기에서 확인할 수 있듯이, ATM 셀 전송시 정규화된 처리율은 ATM 셀 주기, 채널율 및 ATM 셀 성공 확률 등에 의해 결정된다. 또한 식 (19)에서 보통  $p$ 의 범위는 0.1-10 [ms]인데 비해,  $D$ 의 최대값은 수백 ms 단위이므로, 계산의 편의를 위하여, 식 (20)에서  $\eta$ 를  $r = s$ 로 가정하여 계산할 수 있다.

## IV. 결과 고찰

본 논문에서 적용한 시스템 모델은 16Star QAM 변조 방식을 사용하고 최대비 결합 방식의 다이비터티 차수는 2, 라이시안 지수  $K = 10$ 으로 하였다. 또한, 무선 채널의 도플러 효과를 고려하여  $f_D T = 0.01$ 로 설정하여 성능을 분석하였다.

그림 5와 6에서는 무선 ATM 셀의 헤더를 전송시 부호화를 적용한 16Star QAM의 비트 오류율을 도시하였다. 전체 부호화율은 1/4과 1/3을 사용하였다. 부분 연쇄부호(PCC)의 경우, ITU-T, IMT-2000, UMTS에서 QoS 조건에 따라 음성 전송을 위한 비트 오류율  $10^{-3}$ 을 만족하기 위하여는  $E_b/N_0$ 가 6.8dB이어야 하며, 데이터 전송을 위한 비트 오류율  $10^{-6}$ 에 대하여 8.3dB의  $E_b/N_0$ 을 요구한다. 수치해석 결과 부분연쇄 부호를 적용시 R-S, 길쌈부호 및 일반 연쇄부호를 적용시보다 약 2dB 이상의 성능 향상을 기할 수 있다. 특히, 그림 5에 나타난 바와 같이 부분연쇄부호의 전체 부호율을 1/4로 맞추었을 경우에, 부분연쇄부호 내의 길쌈부호율을 적게 하는 것이 R-S부호율을 적게 하는 것보다 좋은 성능을 보인다. 또한 그림 6에 나타난 부호율이 1/3인 부분연쇄부호의 성능이 그림 5의 부호율이 1/4인 일반적인 R-S와 길쌈부호의 연쇄부호보다 좋은 성능을 보임을 알 수가 있다. 즉 부분연쇄부호를 사용하면 동일한  $E_b/N_0$  성능을 얻기 위하여 채널부호를 적용하기 위한 오버헤드를 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그림 7과 8에는 본 논문의 시스템 모델에 다양한 부호화 기법을 적용시 ATM 셀 손실 확률을 나타내었다. 기대한 바와 같이, 부분연쇄 부호를 적용시 다른 부호화 기법들에 비하여 특히 낮은 오류율을 요구하는 경우에 최선의 성능을 보였다.

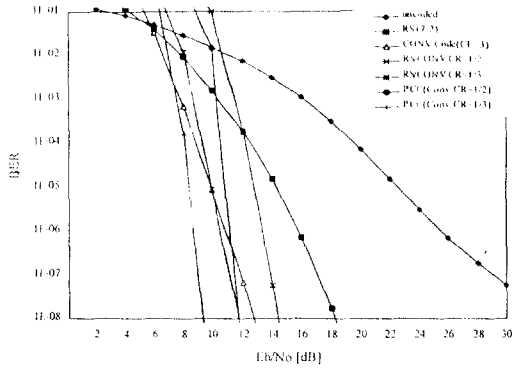


그림 5. 부호화 기법에 따른 16Star QAM의  $E_b/N_0$ 에 대한 BER 성능 (Total Code Rate = 1/4, Diversity Order = 2,  $f_D T = 0.01$ , Rician Factor = 10 dB)

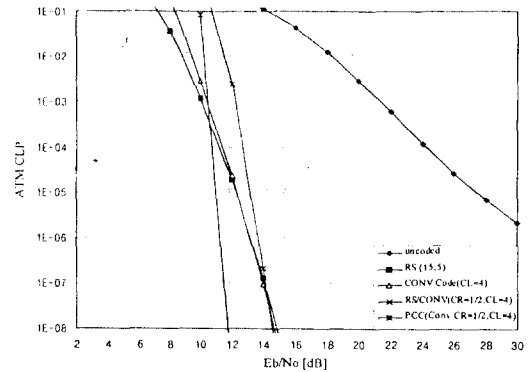


그림 8.  $E_b/N_0$ 에 따른 ATM 셀 손실 확률 (Total Code Rate = 1/3, Diversity Order = 2,  $f_D T = 0.01$ , Rician Factor = 10 dB)

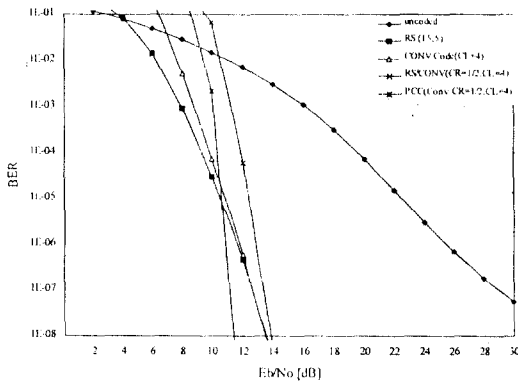


그림 6. 부호화 기법에 따른 16Star QAM의  $E_b/N_0$ 에 대한 BER 성능 (Total Code Rate = 1/3, Diversity Order = 2,  $f_D T = 0.01$ , Rician Factor = 10 dB)

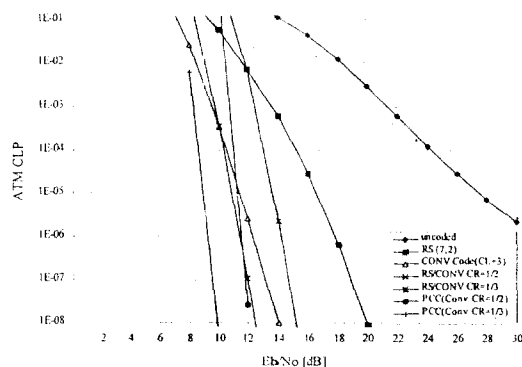


그림 7.  $E_b/N_0$ 에 따른 ATM 셀 손실 확률 (Total Code Rate = 1/4, Diversity Order = 2,  $f_D T = 0.01$ , Rician Factor = 10 dB)

그림 7에는 길쌈 부호율이 1/2인 경우에 부분연쇄 부호의 셀 손실 성능과 길쌈 부호율이 1/3인 일반 연쇄부호의 성능이, 데이터 서비스를 위한 셀손실율  $10^{-6}$ 을 기준시, 비슷함을 보이고 있다. 결과적으로, 본 논문에서 제시한 부분연쇄 부호와 같이, ATM 셀의 헤더와 payload 부분에 다른 에러 보상을 적용하는 부호화 기법을 적용하는 것이 무선 채널의 약점을 극복할 수 있는 좋은 방법임을 알 수가 있다. 그림 9와 10에는  $E_b/N_0$ 에 대하여 53바이트의 ATM 셀내의 임의의 비트가 깨어지는 것을 의미하는 ATM 셀 오류 확률을 도시하였다. ATM 서비스는 음성, 데이터 및 화상정보등을 포함하는 멀티미디어 서비스를 제공하여야 하기 때문에, 셀 오류확률 보다는 셀 손실 확률에 초점을 맞추어 가능한 셀 전송의 성공확률을 높게 함으로써 각기 다른 서비스의 질을 제공할 수 있다. ATM 셀 오류확률은 ATM망에서 호설정 타협 시 서비스의 질에 맞추어 응용이 가능하다.

그림 11에는 부분연쇄부호를 적용시 ATM 셀 전송의 지연특성을 나타내었다. 144 Kb/s, 384 Kb/s 및 2 Mb/s의 데이터 전송속도를 고려하였다.  $E_b/N_0$ 가 증가함에 따라, ATM 셀의 재전송 확률은 줄어든다. 따라서 최대 ATM 셀 입력율이 가용한 지연시간내에서 1로 접근한다.  $E_b/N_0$ 를 10 dB로 고정하였을 때, 부분연쇄부호를 적용시, 부호율이 1/3인 경우에는 입력율이 약 0.6으로, 부호율이 1/4인 경우에는 약 0.8에서 무한히 증가한다. 결과적으로, 입력율에 대한 지연 특

성은 무선 채널을보다는  $E_b/N_0$ 에 의하여 더욱 민감하다는 것을 나타내며, 따라서 높은 부호화 이득을 얻는 부호화 기법을 사용하는 것이 매우 필요함을 알 수 있다.

그림 12에는 부분연쇄부호를 적용시  $E_b/N_0$ 에 대한 네트워크 처리율을 나타내었다. 부분연쇄부호의 전체 부호율이 1/3인 경우에는 정규화된 처리율이  $E_b/N_0$ 가 증가함에 따라 약 0.24정도로 접근하고, 1/4인 경우에는 약 0.16정도로 접근한다. 부분연쇄부호의 전체 부호율이 1/4인 경우에 연쇄부호내의 길썬부호율을 1/2로 하는 경우보다 1/3으로 하는 경우 약 3 dB 정도의

부호화 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다(그림 12 (b) (c) 참조). 결과적으로 네트워크 처리율과 전체 부호율간에는 trade-off 관계가 있음을 의미한다. 즉, 이동 멀티미디어 통신과 같은 전력 제한 채널 환경에서는 네트워크 처리율을 약간 희생함으로써 높은 에러 보정능력을 갖는 부호화 기법을 적용할 수가 있다(그림 12 (c)(a) 참조).

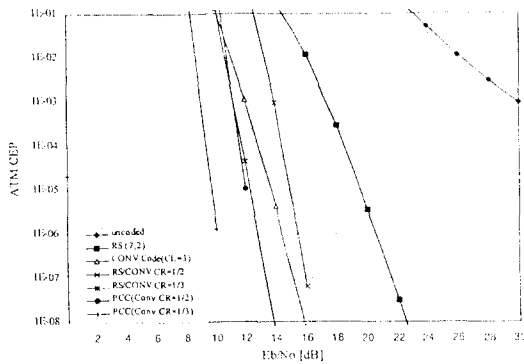


그림 9.  $E_b/N_0$ 에 따른 ATM 셀 오류 확률 (Total Code Rate = 1/4, Diversity Order = 2,  $f_b T = 0.01$ , Rician Factor = 10 dB)

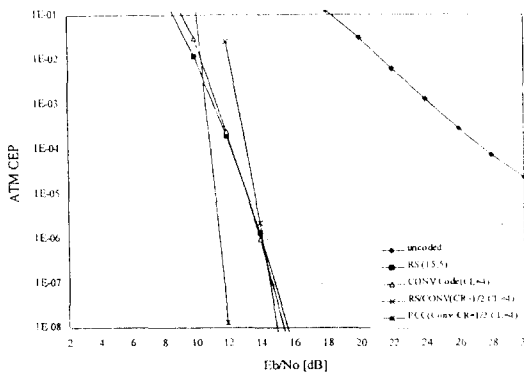


그림 10.  $E_b/N_0$ 에 따른 ATM 셀 오류 확률 (Total Code Rate = 1/3, Diversity Order = 2,  $f_b T = 0.01$ , Rician Factor = 10 dB)

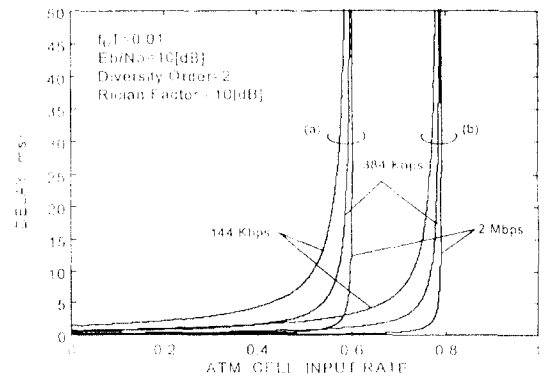


그림 11. 부분연쇄부호를 적용시 ATM 셀 전송지연 특성 (a) total code rate = 1/3, Conv. Code Rate = 1/2, Constraint Length = 4 (b) total code rate = 1/4, Conv. Code Rate = 1/2, Constraint Length = 3

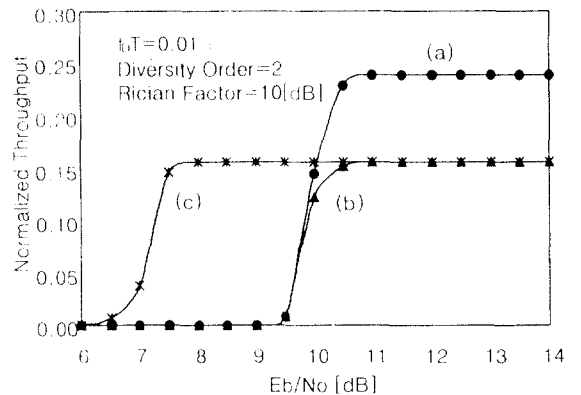


그림 12. 부분연쇄부호를 적용시  $E_b/N_0$ 에 대한 정규화된 처리율

- (a) Total Code Rate = 1/3(Convolutional Code: Rate = 1/2, Constraint Length = 3; RS code = (31,4))
- (b) Total Code Rate = 1/4(Convolutional Code: Rate = 1/2, Constraint Length = 3; RS code = (31,2))
- (c) Total Code Rate = 1/4(Convolutional Code: Rate = 1/3, Constraint Length = 3; RS code = (31,6))

## V. 결 론

본 논문에서는, 이동 무선 채널 환경에서 16Star QAM 변복조 기법과 UEP 부호화 방안으로서 부분 연쇄부호를 적용시 ATM 셀 전송 성능을 분석하였다. 성능분석을 위하여 비트오율, ATM 셀 손실확률, ATM 셀 오류확률 및 네트워크 지연특성 및 처리율을 유도하고 수치적 결과를 도출하였다. 본 논문에서 제시한 부분 연쇄 부호의 성능을 분석하기 위하여 R-S 부호, 길쌈부호 및 R-S부호와 길쌈부호의 일반적인 연쇄부호의 성능을 함께 구하여 비교하였다. 성능 비교를 위한 기준으로는 IMT-2000 및 UMTS와 같은 무선 통신 표준의 서비스의 질에 대한 요구사항들을 참고하였다. 결론적으로, 부분연쇄부호를 적용시 기존의 부호화 기법들에 비하여 약 2dB 이상의 ATM 셀 손실 성능 향상을 기대할 수 있으며, 특별히 낮은 오류확률을 요구할수록 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다. 또한 동일한  $E_b/N_0$  성능을 얻기 위하여 적용하는 부호화 기법의 오버헤드 비트를 줄일 수 있는 방안임을 확인하였다. 따라서, 부분 연쇄부호와 같이 ATM 셀의 헤더와 payload 부분의 에러 보정 능력을 달리 적용하는 부호화 기법을 채택하는 것이 미래의 이동통신망을 위한 무선 ATM 통신방식에서 유용한 방식으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. D. Raychaudhuri and Newman D. Wilson, "Based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 12, no. 8, pp. 1401-1414, Oct., 1992.
2. R. Gejji, "Mobile Multimedia Scenario Using ATM and Microcellular Technologies," *IEEE Trans. On Vehicular Tech.*, vol. 43, no. 3, pp. 699-703, Aug., 1994.
3. ITU-R Study Groups, Wireless ATM, Information paper no. 18, 19, Apr., 1996.
4. T. T. Tjhung, F. Adachi, K. H. Tan, X. D. Dong and S. S. Ng, "BER Performance of 16Star-QAM in Fading with Diversity Reception," *PIMRC'94*,

pp. 80-84, 1994.

5. Adachi F. and Sawahashi M., "Performance analysis of various 16 level modulation schemes under Rayleigh fading channel," *IEE Electronics Letters*, vol. 28, pp. 1608-1610, Aug., 1992.
6. F. Adachi, "Error Rate Analysis of Differentially Encoded and Detected 16APSK Under Rician Fading," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, vol. 45, no. 1, pp. 1-11, Feb., 1996.
7. X. Dong, T. T. Tjhung, F. Adachi and C. C. Ko, "Diversity reception of 16STAR-QAM in frequency-selective Rician fading," *IEE Electronics Letter*, vol. 31, no. 16, pp. 1317-1319, Aug., 1995.
8. S. Sampei and T. Sunaga, "Rayleigh Fading Compensation for QAM in Land Mobile Radio Communications," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, vol. 42, no. 2, pp. 137-147, May, 1993.
9. D. K. Asano and Ryuji Kohno, "Serial Unequal Error Protection codes based on Trellis-Coded Modulation," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 45, no. 6, Jun., 1997.
10. L. F. Wei, "Coded modulation with Unequal Error Protection," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 41, no. 10, Oct., 1993.
11. J. G. Proakis, *Digital Communication*, McGraw-Hill, 1989.
12. Shu Lin and D. J. Costello, Jr., *Error Control Coding: Fundamentals and Applications*, Prentice-Hall, 1983.
13. C. K. Siew and D. J. Goodman, "Packet Data Transmission Over Mobile Radio Channels," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, vol. 38, no. 2, pp. 95-101, May, 1989.



李 鎭 鎬(Jin-Ho Lee) 정회원

1959년 8월 15일생

1982년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1984년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학석사)

1997년 8월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학박사)

1984년 1월~1989년 6월:LG 정보통신 근무

1989년 7월~현재: 한국 IBM 재직

※주관심분야:대역확산통신, 무선 ATM망, 이동무선통신, Internet 통신



金 泰 中(Tae-Joong Kim)정회원

1968년 9월 29일생

1991년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1993년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학석사)

1993년 3월~현재:연세대학교 공과대학 전기공학과 박사과정

※주관심분야:무선 패킷 네트워크, 무선 ATM망, 이동무선통신, CDMA

李 東 度(Dong-Do Lee) 정회원

1962년 9월 20일생

1987년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1989년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학석사)

1997년 8월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학박사)

※주관심분야:무선 패킷 네트워크, 이동무선통신, CDMA

安 載 泳(Jae-Young Ahn) 정회원

1961년 2월 24일생

1983년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1985년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학석사)

1989년 8월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학박사)

1989년 9월~현재:한국전자통신연구원 이동통신기술 연구단 근무

※주관심분야:대역확산통신, CDMA 이동무선통신, 위성통신

黃 金 燦(Kcun-Chan Whang) 정회원

1944년 7월 18일생

1967년 2월:연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업(공학사)

1979년 6월:Polytechnic Institute of New York 전기공학과 졸업(공학박사)

1980년 9월~현재:연세대학교 공과대학 전기공학과 교수

※주관심분야:대역확산통신, 이동무선통신, 무선 패킷망, 광대역통신망, 탄성표면파 소자 및 그 응용 분야