

페이딩 통신로에서 FEC/Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법에 의한 무선 ATM 셀의 성능 개선

정희원 박기식*, 정해원**, 이영교*, 이영춘***, 조성준*

Performance Improvement of Wireless ATM Cell through FEC/Truncated Type-II Hybrid ARQ Techniques in Fading Channel

Ki-Sik Park*, Hae-Won Chung**, Young-Kyo Lee*, Young-Chun Lee***, Sung-Joon Cho*

Regular Members

요 약

본 논문에서는 페이딩 통신로에서 운용되는 무선 ATM 시스템의 성능을 개선하기 위해 에러정정 부호화 기법과 다이버시티 수신 기법을 도입하여 셀의 BER, CLR 및 CER을 이론적으로 해석하여 그 결과를 검토하였다. 특히 에러 정정 부호화 기법으로서는 FEC/Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용하여 기존의 기법과 처리량 면에서 비교하였다.

검토 결과, 페이딩 통신로에서 다이버시티 수신시에는 최대비 합성법 (MRC)이 선택 합성법 (SC) 보다 성능의 개선 정도가 우수함을 확인할 수 있었고, 부호화 기법에 있어서는 컨벌루션 부호가 BCH 부호나 RS 부호보다 성능의 개선 정도가 더 큼을 확인할 수 있었다. 또한 무선 ATM의 DLC 계층 프로토콜로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용하는 경우가 Type-I Hybrid SR-ARQ 기법을 채용할 때보다 15 % 정도에 가까운 처리율 이득이 얻어질도 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, the BER, CLR, and CER of wireless ATM cell adopting error control coding and diversity reception techniques have been derived theoretically in a fading channel for a design of effective wireless ATM system. The amount of improvement in throughput of wireless ATM system dopting the FEC/truncated Type-II hybrid ARQ technique has been evaluated.

The obtained results confirm that the adoption of MRC diversity technique is more effective than using SC diversity technique. It is also confirm that convolutional coding technique gives better performance than the other coding techniques. When we adopt the truncated Type-II hybrid ARQ technique as DLC layer protocol of wireless ATM, the throughput has improved about 15 % as compared with Type-I hybrid SR-ARQ technique.

I. 서 론

무선 ATM (Asynchronous Transfer Mode)은 정보화 사회에서 광대역 종합 서비스 제공을 위한 기간 통신망인 B-ISDN 망 서비스를 무선접속망 영역으로 확장시키고, 나아가 차세대 유무선 통합 이동

통신망으로의 진화를 위한 핵심기술로 볼 수 있다 [1]~[3].

기존의 유선 ATM 기술은 매우 넓은 대역폭과 저잡음 특성을 갖는 광섬유를 기반으로 제시되었다. 그러나 무선 통신로에서는 신호가 공간으로 전파되기 때문에 주변의 환경에 민감하며, 간섭 (inter-

* 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학파(gspark@mail.hangkong.ac.kr)

** 한국전자통신연구원

*** 인하전문대학 정보통신과

논문번호 : 98256-0619, 접수일자 : 1998년 6월 19일

ference)과 다중경로 페이딩으로 인해 높은 비트오율을 나타내기 때문에 기존의 ATM 셀을 그대로 전송할 경우 많은 셀들이 손실된다. 비디오와 데이터 전송을 위한 멀티미디어 서비스에서는 양질의 신호레벨이 필요하기 때문에 멀티미디어 무선 ATM 시스템에 FEC (Forward Error Correction) 기법이 반드시 필요하다^[4].

ATM 적응 계층 (AAL ; ATM Adaptation Layer)에서는 셀의 재조립에 실패를 하게 되면 셀 손실이 발생되어 이러한 손실은 상위계층 프로토콜에 영향을 미치게된다. 이를 해결하기 위해 상위계층 프로토콜은 에러가 발생된 셀을 재전송하게 되는데, 재전송 방법으로 에러가 검출된 셀만을 재전송하는 SR (Selective Repeat) ARQ 기법과 SR-ARQ 기법에 여러 정정을 위해 보조 FEC 기법을 추가하는 Type-I Hybrid SR-ARQ 기법, 특정 통신로 환경에서 심각한 처리량 열화 문제를 보완할 수 있는 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 이용할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 논문^[5]과는 달리 무선 ATM 셀의 헤더 부분과 페이로드 부분에 각각 다른 부호를 적용하여 페이딩 통신로, 특히 라이시안 (Rician) 페이딩 통신로에서 셀 전송 성능을 해석한다. 페이로드에 비하여 상대적으로 중요한 헤더에는 BCH (Bose Chaudhuri Hocquenghem) 부호화 기법을 적용하고, 페이로드에는 BCH, RS (Reed Solomon), 컨벌루션 (convolutional) 부호화 기법 등을 적용하여 가장 우수한 부호화 기법을 찾아 내 고자 한다. 또한 페이딩 통신로에서 셀 전송 성능의 향상방안으로 FEC, ARQ 및 다이버시티 수신 기법을 적용하여 성능의 개선정도를 구하고자 한다. 기존의 논문에서는 무선 ATM에 FEC/Type-I Hybrid SR-ARQ 기법을 적용하여 처리율 성능을 해석하였는데^[5], 본 논문에서는 처리율 성능면에서 기존의 기법보다 우수한 FEC/ Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 적용하여 성능 개선 정도를 구하고자 한다.

II. 페이딩 통신로

본 논문에서는 페이딩 통신로로서 레일리 (Rayleigh) 통신로와 라이시안 (Rician) 통신로를 고려한다. 라이시안 페이딩은 직접파와 같은 하나의 강한 정상파 성분과 다중파가 중첩되어 수신될 때 수신 신호의 순시진폭의 변동을 나타내며, 이것은 직접파

가 존재하는 실내의 고속 LAN 환경에서의 짧은 주기의 페이딩을 나타낸다. 라이시안 페이딩 통신로에서 비트 당 순시 반송파 대 간섭 전력비 (CNR), γ ,에 대한 확률밀도함수는 다음과 같이 나타내진다^[6].

$$p(\gamma) = \frac{(K+1)}{\gamma_0} \exp\left[-K - \frac{\gamma(K+1)}{\gamma_0}\right] \cdot I_0\left[2\sqrt{\frac{\gamma K(K+1)}{\gamma_0}}\right] \quad (1)$$

- 단, γ ; 순시 CNR,
- K ; 직접파 대 반사파 전력비,
- $I_0(\cdot)$; 0 차 변형베셀함수,
- γ_0 ; 평균 CNR.

라이시안 페이딩은 그 분포함수의 모양이 변형베셀 함수형이기 때문에 I_0 분포라고도 한다. 특히 $K = 0$ 인 경우는 직접파 성분이 없는 경우로서 레일리 페이딩 분포와 일치한다.

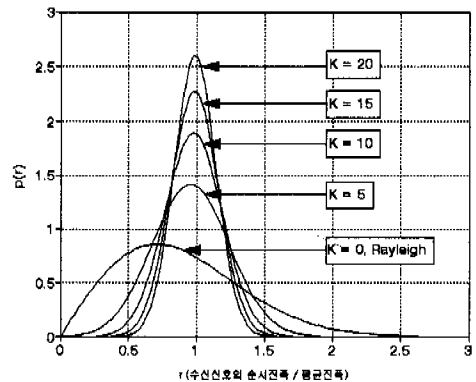


그림 1. 라이시안 페이딩의 확률밀도 함수

예로서 가우스 잡음 (AWGN) 통신로에서 QPSK 신호의 비트 오류율식은 순시 CNR γ 에 대한 오류율식으로 표현하면 다음과 같다.

$$P_{e-AWGN} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{\gamma}) \quad (2)$$

다음으로 라이시안 페이딩 통신로에서 QPSK 신호의 비트 오류율식은 가우스 잡음 통신로에서의 비트 오류율식을 라이시안 페이딩의 확률밀도 함수를 이용하여 평균을 취하면 구해지는데 다음과 같다^[7].

$$P_{e-Rician} = \int_0^\infty P_{e-AWGN} \cdot p(r) dr$$

$$= 1/2 - \frac{2\sqrt{\gamma_0(K+1)}}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp[-K]$$

$$\cdot \sum_{i=0}^\infty \frac{(K^2+K)^i}{(i!)^2} \Gamma\left(i+\frac{3}{2}\right) \cdot (\gamma_0+2K+2)^{-\frac{3}{2}}$$

$$\cdot \frac{2^i}{(\gamma_0+2K+2)^i} {}_2F_1\left(i+\frac{3}{2}; \frac{3}{2}; \frac{\gamma_0}{\gamma_0+2K+2}\right) \quad (3)$$

단, ${}_2F_1(\cdot; \cdot; \cdot)$; 가우스 초기하 함수,
 $\Gamma(\cdot)$; 감마함수.

III. 무선 ATM을 위한 에러 제어 기법

무선 통신로에서 ATM 서비스를 제공하는데 있어 유선 ATM 망과의 큰 차이점은 지연과 에러이다. 이 중 에러를 제어하는 방법에는 검사비트를 이용한 순방향 에러 제어 (FEC) 기법, 에러검출에 의한 재전송 (ARQ) 기법 등이 있다. 표 1에 무선 ATM의 각 계층별 에러제어 기법을 나타낸다.

본 논문에서는 W-PHY (Wireless Physical)의 TC (Transmission Convergence), PMD (Physical Medium Dependent)와 DLC (Data Link Control) 부분에 대한 에러 제어를 위해 각종 FEC, ARQ와 다이버시티 수신 기법을 사용한다.

표 1. 무선 ATM 각 계층별 에러제어 기법

	계층	에러 제어 기법
	ATM	
무선 역세스 계층	DLC	ARQ
	MAC	
	W-PHY	TC PMD Diversity, Equalizer

3.1 FEC 기법

BCH 부호는 순회부호 중 가장 중요한 부호로서 이 부호는 에러정정 부호로서도 가장 중요한 부호 중의 하나이다. BCH 부호는 넓은 범위의 부호장 (code length)과 에러정정 능력을 갖고 있으며 부호장이 수천 이하의 경우, 같은 정도의 부호장과 에러정정 능력을 갖는 부호 중 용장도가 제일 적은 부호이다.

신호가 직교 신호일 때 BCH 부호화한 비트 오율은 다음과 같다^{[8]~[9]}.

$$P_{BCH} = \frac{1}{\log_2 M} P_{eB}$$

$$= \frac{1}{\log_2 M} \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n i \binom{n}{i} P_e^i (1-P_e)^{n-i} \quad (4)$$

단, P_e ; 부호율을 고려한 변조신호의 비트오율,
 M ; 심볼수,
 $t=[(d-1)/2]$; 에러 정정 능력,
 d ; 부호의 최소거리,
 n ; 블록의 최소거리.

RS(Reed Solomon) 부호는 비 2진(nonbinary) 순환성 선형 블록부호이며, 다중 에러정정 부호 (multiple error correction code)이다. 유한체 GF(2^m) 상에서 에러정정 능력이 t 인 (n, k) RS 부호는 다음과 같은 관계가 있다^[10].

$$n = 2^m - 1 \quad (5)$$

$$k = n - 2t \quad (6)$$

$$d_{min} = 2t + 1 \quad (7)$$

GF(2^q)상의 RS 부호의 한 심볼은 Q 비트로 구성된다. 따라서 GF(2^q)상의 RS부호의 정보 비트오율은 근사적으로 다음과 같이 나타내진다^[11].

$$P_{RS} = \sum_{i=t+1}^n \frac{i}{n} \binom{n}{i} P_Q^i (1-P_Q)^{n-i} \quad (8)$$

단, $P_Q = 1 - (1 - P_e)^L$; 심볼오율.

(n, k) 컨벌루션 부호기는 에러 정정 능력이 특히 우수하고 버스트 에러가 발생하는 채널에서도 인터리브/디인터리브를 이용하여 쉽게 버스트 에러를 정정할 수 있다.

부호율(code rate) $r=1/2$ 에 대하여 구속장이 $k=7$ 인 M 진 ($M=4$) 컨벌루션 부호의 비트 오율식은 다음과 같이 나타내진다^{[12]~[13]}.

$$P_{CON} \leq \frac{1}{2} (7D^7 + 39D^8 + 104D^9 + 352D^{10} + \dots) \quad (9)$$

단, $D = 2\sqrt{\frac{P_e(1-P_e)}{M-1}} + \left\lceil \frac{M-2}{M-1} \right\rceil P_e$.
 (Bhattachayya의 상한식)

3.2 ARQ 기법

DLC 계층에서는 수신 셀에서 에러가 검출되었을 경우 먼저 에러 정정을 시도하게 되며, 발생한 에러의 수가 부호의 에러 정정 능력보다 작을 경우에는 에러를 정정하여 ATM 계층으로 전달하고 송신측에 ACK(Acknowledgement) 신호를 보낸다. 그러나 정정할 수 없는 에러가 발생하였을 경우에는 해당 셀을 무시하고 NAK(Negative Acknowledgement) 신호를 보내어 재전송을 요구한다. 재전송된 수신 셀에 대해 다시 에러 검출을 행하며, 완전한 복호가 불가능할 때에는 송신측에 다시 NAK 신호를 보내 재전송을 요구한다. 이와 같은 에러정정 및 재전송 과정은 완전한 복호가 이루어질 때까지 계속하게 된다.

SR-ARQ 기법에 에러정정을 위해 FEC 기법을 채용하는 Type-I Hybrid SR-ARQ 기법의 처리량 효율 (throughput efficiency) η_H 는 다음과 같다^[14].

$$\eta_H = \left(\frac{v}{n}\right)(1 - P_{FEC}) \quad (10)$$

단, (n, v) ; 에러 검출을 위한 선형 부호 (CRC (Cyclic Redundancy Code)에 적용), P_{FEC} ; FEC 기법을 채용한 채널의 오류율.

그러나 Type-I Hybrid SR-ARQ 기법은 특정 채널 환경에서 처리량 열화가 문제시된다. 즉, 채널의 오류율이 낮으면 반복 전송 횟수가 줄어들어 높은 처리량을 얻을 수 있으나 채널의 오류율이 높으면 반복 전송 횟수가 증가하여 처리량이 매우 감소하게 된다. 이와 같은 단점을 보완한 방식이 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식이다.

Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식은 에러 검출을 위하여 CRC 부호로 이용되는 high-rate (n, k) C_0 부호와 에러 검출 및 정정에 이용되는 좀 더 강력한 부호인 $(2n, n)$ 부호를 사용한다. 또한 재전송도 원래의 셀이 정확히 복원될 때까지 계속하는 것이 아니라 재전송 횟수를 제한(truncated) 한다.

Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 채용시 처리량 $\eta_{truncated}$ 는 다음과 같이 구해진다^[15].

$$\eta_{truncated} = \frac{k}{n} \frac{1}{[P_c + 2(1 - P_c - P_e)P_t]} \quad (11)$$

단, k/n ; 부호율,
 P_c ; 수신 셀에 에러가 없을 확률,

P_e ; C_0 부호를 수신한 후 검출 불가능한 에러를 가질 확률,
 P_t ; 패리티 비트를 수신한 후 원래의 셀로 복호 가능할 확률.

P_c, P_e, P_t 는 각각 다음과 같이 주어진다.

$$P_c = (1 - P_{FEC})^n \quad (12)$$

$$P_e \leq [1 - (1 - P_{FEC})^k] 2^{-(n-k)} \quad (13)$$

$$P_t = P_c + (1 - P_c - P_e) \frac{q_0 - y}{1 - y} \quad (14)$$

$$\text{단, } q_0 = \sum_{j=0}^{2n} \binom{2n}{j} P_{FEC}^j (1 - P_{FEC})^{2n-j},$$

$$y = (1 - P_{FEC})^n [2 \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} P_{FEC}^i (1 - P_{FEC})^{n-i} - (1 - P_{FEC})^n]$$

3.3 다이버시티 기법

선택합성 다이버시티(SC; Selection Combining)는 항상 수신기 입력으로서 포락선 레벨이 가장 높은 다이버시티 가지의 신호를 선택하는 방식으로 고주파대, 중간 주파대, 베이스밴드대의 모든 주파수대에서 사용가능하며 앞 단계에서 선택할수록 수신계통이 작아지지만 레벨검출이 복잡해져 선택시 포락선과 위상이 도약하는 결점이 있다. 그러나 다른 방식에 비해 위상제어가 필요 없어 회로구성이 간단하다^[16].

라이시안 페이딩 통신로에서 SC 다이버시티의 확률밀도 함수는 다음과 같이 나타내진다^[17].

$$p(\gamma) = L \left(\frac{K+1}{\gamma_0}\right) [1 - \exp(-K)] \sum_{n=0}^{\infty} \frac{K^n}{n!} \cdot \frac{\Gamma(n+1, \frac{(K+1)\gamma}{\gamma_0})}{\Gamma(n+1)}]^{L-1} \cdot \exp\left(-K - \frac{(K+1)\gamma}{\gamma_0}\right) I_0\left(2\sqrt{\frac{K(K+1)\gamma}{\gamma_0}}\right) \quad (15)$$

라이시안 페이딩 통신로에서 SC 다이버시티 수신 기법을 적용한 무선 ATM 셀의 비트오율 (BER)은 가우스 잡음 통신로에서의 비트 오류율을 SC 다이버시티의 확률밀도함수를 이용하여 평균을 취하면 다음과 같이 구해진다.

$$P_{e-SC} = \int_0^{\infty} P_{e-AWGN} \cdot p(\gamma) d\gamma$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} - \frac{1}{2} L \left[\frac{K+1}{\gamma_0} \right] \exp^{-\kappa} \cdot \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\left[\frac{K(K+1)}{i!} \right]^i}{(i!)} \\
 &\cdot \left\{ \left[1 + (L-1) \exp^{-\kappa} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{K^n}{n!} \right] \right. \\
 &\cdot \Gamma\left(i + \frac{3}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{K+1}{\gamma_0} \right)^{-(i+\frac{3}{2})} \\
 &\cdot {}_2F_1\left(1; i + \frac{3}{2}; \frac{3}{2}; -\frac{\frac{1}{2}}{\left(\frac{1}{2} + \frac{K+1}{\gamma_0}\right)}\right) - (L-1) \exp^{\kappa} \\
 &\cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{K^n}{n! \Gamma(n+1)} \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m \left(\frac{K+1}{\gamma_0}\right)^{m+n+1}}{m! (m+n+1)} \\
 &\cdot \Gamma\left(m+n+i + \frac{5}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{K+1}{\gamma_0}\right)^{-(m+n+i+\frac{5}{2})} \\
 &\cdot {}_2F_1\left(1; m+n+i + \frac{5}{2}; \frac{3}{2}; -\frac{\frac{1}{2}}{\left(\frac{1}{2} + \frac{K+1}{\gamma_0}\right)}\right) \Bigg\} \quad (16)
 \end{aligned}$$

최대비 합성 다이버시티 (MRC ; Maximum Ratio Combining) 수신 기법은 다이버시티 가지 입력의 위상을 모두 같은 위상이 되도록 조정함과 동시에 각각의 포락선에 비례한 가중치를 곱하여 SN 비가 큰 가지의 입력일수록 합성 SN비에의 기여가 크도록 합성하는 방식이다. 이와 같이 각각의 포락선에 비례하는 가중치를 주면 모든 순간에 있어서 합성 수신파의 SN비가 최대가 된다^[16].

라이시안 페이딩 통신로에서의 MRC 다이버시티의 수신 신호 대 잡음비 (CNR)에 대한 확률밀도 함수는 다음과 같이 주어진다^[18].

$$\begin{aligned}
 p(\gamma) &= \left(\frac{K+1}{\gamma_0} \right)^{\frac{L+1}{2}} \left(\frac{\gamma}{KL} \right)^{\frac{L-1}{2}} \\
 &\cdot \exp\left(-KL - \frac{(K+1)\gamma}{\gamma_0}\right) I_0\left(2\sqrt{\frac{K(K+1)L\gamma}{\gamma_0}}\right) \quad (17)
 \end{aligned}$$

라이시안 페이딩 통신로에서 MRC 다이버시티 수신기법을 채용했을 때 무선 ATM 셀의 비트오율 (BER)은 위의 SC 다이버시티의 경우와 마찬가지로 가우스 잡음 통신로에서의 비트 오율식을 MRC 다이버시티 수신시의 CNR, γ ,에 대한 확률밀도 함수를 이용하여 평균을 취하면 구해지는데 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{e-MRC} &= \int_0^{\infty} P_{e-AWGN} \cdot p(\gamma) d\gamma \\
 &= \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{m! \Gamma(m+L)} \\
 &\left(\frac{K+1}{\gamma_0} \right)^{m+L} (KL)^m \exp^{-KL} \\
 &\cdot \Gamma\left(m+L + \frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{K+1}{\gamma_0} \right)^{-(m+L+\frac{1}{2})}
 \end{aligned}$$

$$\cdot {}_2F_1\left(1; m+L + \frac{1}{2}; \frac{3}{2}; -\frac{\gamma_0}{\gamma_0 + 2(K+1)}\right) \quad (18)$$

IV. 무선 ATM 셀의 에러 제어

무선 ATM 시스템에서는 그림 2에 보인 것처럼 ATM 셀이 무선 프레임 (radio frame)으로 구성되어 중심국 (CS ; Central Station)과 유저 무선모듈 (RM ; Radio Module)간에 전송된다^[4].

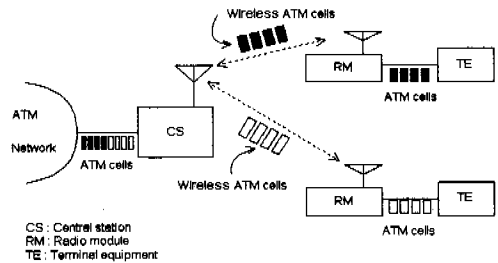


그림 2. 무선 ATM 시스템

그림 3은 헤더를 4바이트의 정보부와 1바이트의 HFEC (Header FEC)부로 구성하고, 페이로드를 48 바이트로 하여 전송하는 무선 ATM 셀 구조를 나타낸다.

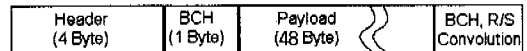


그림 3. 무선 ATM 셀 구조

무선 ATM을 위해서는 두 개의 다른 FEC 부호 기법을 병용하는 것이 매우 효율적인데, 한 부호는 헤더 (header)를 위한 강력한 이득부호이고 다른 부호는 페이로드 (payload)를 위한 높은 부호율의 부호이다^[19].

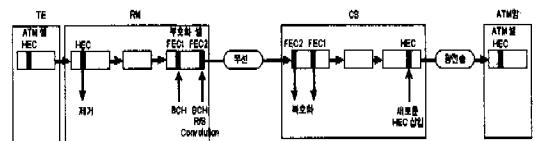


그림 4. 유무선 ATM 셀의 구조 변환과정

그림 4는 헤더와 페이로드에 각각 FEC를 적용하였을 때 유선단에서 전송된 ATM 셀이 무선단에서

부호화되어 무선링크로 전송되며, 수신단에서 부호화된 셀을 복호화하여 용장도 (redundancy)를 제거되는 셀 구조 변환을 보여준다^[5].

4.1 무선 ATM 셀의 헤더에 대한 에러 제어

무선 ATM 헤더는 4바이트 정보부와 1바이트 HFEC부로 구성되는데 이 HFEC부는 무선 통신로부터 헤더를 보호하기 위해서 강력한 BCH 부호를 사용한다. 셀은 다중 비트에러가 발생하는 경우에 손실되며 손실의 정도는 셀손실율 (CLR : Cell Loss Ratio)로 나타내진다.

BCH 부호를 HFEC 부호로 사용하는 경우의 셀 손실율은 다음과 같다^[4].

$$CLR = P_L + (1 - P_L) \left[1 - \sum_{i=0}^{n-1} \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \right] \quad (19)$$

단, $n=40$,

P_e ; 부호율을 고려한 수신신호의 비트 오율
 임. 다이버시티 수신시에는 P_{e-sc} 또는 P_{e-MRC} 가 됨.

P_L ; 망내 다중화에 의한 셀 손실 확률.

BCH 부호를 HFEC 부호로 사용하는 경우의 비트 오율 (BER : Bit Error Rate)은 다음과 같이 나타내진다.

$$BER = P_L + (1 - P_L) \left[1 - \sum_{i=0}^{n-1} \frac{i}{n} \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \right] \quad (20)$$

본 논문에서는 망내 다중화에 의한 셀 손실율 P_L 을 0이라고 가정한다.

4.2 무선 ATM 셀 페이로드에 대한 에러 제어

무선 ATM 셀은 48바이트의 페이로드를 갖는데 본 논문에서는 페이로드에 대한 에러제어로 용장도가 제일 작은 BCH 부호, 다중 에러정정 부호인 RS 부호, 버스트 에러에 강한 컨벌루션 부호를 각각 적용한다.

페이로드에 대한 ATM QoS 파라미터로 셀에러율(CER : Cell Error Rate)이 있는데 이는 수신은 되었으나 셀이 전송되는 과정에서 에러가 발생하는 비율을 나타낸다.

BCH 부호를 PFEC 부호로 사용한 경우의 셀에러율은 다음과 같다^[20].

$$CER_{FEC} = (1 - CLR_{FEC}) \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} P_e^i (1 - P_e)^{n-i} \quad (21)$$

단, n ; 각 부호화 기법에 따라 결정,

P_e ; 부호율을 고려한 수신신호의 비트 오율.

V. 성능평가

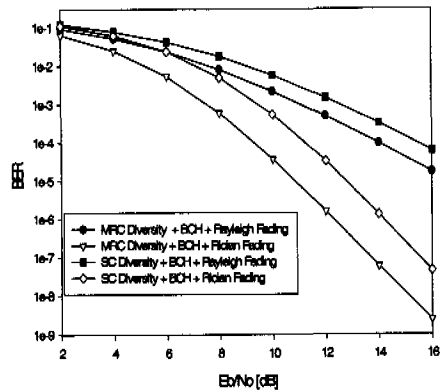


그림 5. 페이딩 통신로에서 MRC/SC 다이버시티 수신시 무선 ATM 셀 헤더의 BER

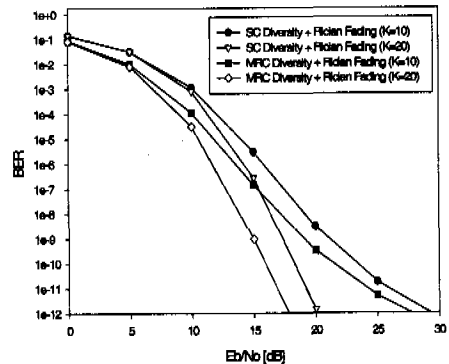


그림 6. 라이시안 페이딩 채널에서 MRC/SC 다이버시티 수신시 무선 ATM 셀 페이로드의 BER

그림 5는 대표적인 페이딩 통신로에서 다이버시티 수신시의 무선 ATM 셀 헤더의 BER을 이론해석으로 구한 결과이다. 대부분의 음성 서비스 셀에서는 BER = 10⁻³을 최대 허용 BER로 요구하고 있는데, 이를 기준으로 본 논문에서 얻어진 결과를 분석해 보면 레일리 페이딩 통신로에서는 MRC가 SC

보다 E_b/N_0 면에서 약 1.7 dB, $K = 5$ 인 라이시안 페이딩 통신로에서는 MRC가 SC보다 E_b/N_0 면에서 약 2 dB 정도 개선됨을 알 수 있다.

그림 6은 라이시안 페이딩 통신로에서 다이버시티 수신시의 무선 ATM 셀 페이로드의 BER을 이론 해석으로 구한 결과이다. $K = 10$, $K = 20$ 인 경우 모두 MRC인 경우가 SC인 경우보다 E_b/N_0 면에서 약 3 dB 정도 개선됨을 알 수 있다.

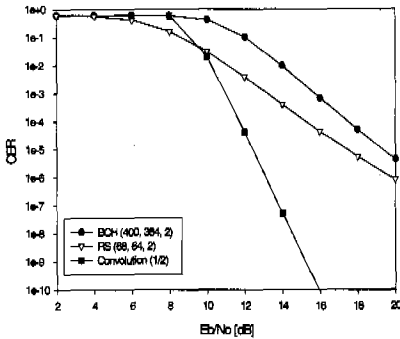


그림 7. 라이시안 페이딩 채널에서 $CLRFEC = 0.4$ 일 때 각종 부호화 기법에 의한 무선 ATM 셀 페이로드의 CER

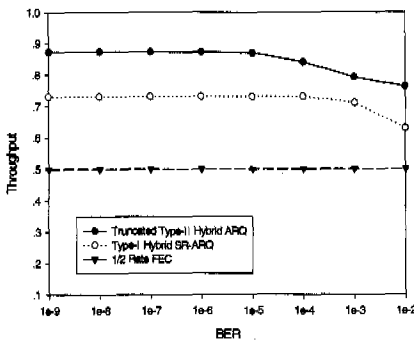


그림 8. BER에 따른 ARQ 방식의 처리율 특성

그림 7은 $K = 5$ 인 라이시안 페이딩 통신로에서 무선 ATM 셀 헤더의 손실율, $CLRFEC = 0.4$ 로 가정하였을 때 각종 부호화 기법에 의한 셀 페이로드의 셀 에러율, CER을 이론적으로 구한 결과이다. 정정 능력 2 비트인 BCH 부호나 RS 부호를 적용한 결과에 비해 부호화율 1/2인 컨벌루션 부호를 적용함으로써 페이로드의 셀 에러율을 상당히 개선시킬 수 있다. 예를 들면, $BER = 10^{-5}$ 일 때 컨벌루션 부호를 적용함에 의해 정정 능력 2 비트인 BCH

나 RS에 비해 E_b/N_0 면에서 약 6 dB 이상 성능이 개선됨을 알 수 있다.

그림 8은 무선 ATM의 DLC 계층 프로토콜에 Type-I Hybrid SR-ARQ와 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법 적용시 BER에 따른 처리율을 이론적으로 구한 결과이다. Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법이 Type-I Hybrid SR-ARQ 기법보다 거의 15 %에 가까운 처리율 이득이 얻어짐을 알 수 있다.

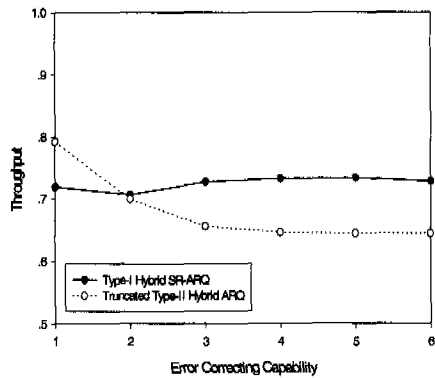


그림 9. 에러 정정 능력에 따른 ARQ 방식의 처리율 특성

그림 9는 에러정정 능력에 따른 Type-I Hybrid SR-ARQ와 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식의 처리율 특성을 이론적으로 구한 결과이다. 에러 정정 능력 $t=2$ 까지는 Truncated Type-II Hybrid ARQ 방식이 처리율면에서 우수하지만, 그 이상의 범위에서는 에러 검출 및 정정에 사용되는 패리티 비트의 재전송 횟수가 늘어나기 때문에 처리율이 Type-I Hybrid SR-ARQ 방식보다 감소됨을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 페이딩 통신로에서 무선 ATM 셀 전송 성능을 평가하기 위해 무선 ATM 셀 헤더에는 BCH 부호를 채용하고, 페이로드 부분에는 BCH, RS 및 컨벌루션 부호기법 등을 채용하여 그 성능을 평가하였다. 또한 셀 전송 성능 개선 방법으로서 에러정정 부호화 기법, 다이버시티 수신 기법 및 Truncated Type-II Hybrid ARQ를 적용했을 때의 셀 전송 성능에 대한 이론적으로 해석하여 비교·검토하였다.

대표적인 페이딩 통신로에서 다이버시티 수신 기법을 채용하는 경우 MRC가 SC 보다 성능 개선 정도가 우수함을 알 수 있었고, 부호화 기법을 적용한 경우 컨벌루션 부호가 BCH나 RS보다 성능 개선 정도가 큼을 알 수 있었다. 또한 무선 ATM의 DLC 계층 프로토콜로 Truncated Type-II Hybrid ARQ 기법을 채용하는 경우가 Type-I Hybrid SR-ARQ 기법보다 약 15 %에 가까운 처리율 이득이 얻어짐을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] K. Kohiyama and A. Hashimoto, "Advanced wireless access system", in Proc. TELECOM 95, Technology Summit. October 1995.

[2] M. Umehira, A. Hashimoto, and H. Matsue, "An ATM wireless access system for tetherless multimedia services", in Proc. IEEE ICUPC 95, pp. 858-962, November 1995.

[3] D. Raychaurhuri, "ATM based transport architecture for multiservices wireless personal communication networks", in Proc. ICC'95, pp. 559-565, 1995.

[4] S. Aikawa, Y. Motoyama, and M. Umehira, "Forward error correction schemes for wireless ATM systems", in Proc. ICC'96, pp. 454-458, 1996.

[5] 두경환, 이현주, 엄화영, 송상섭, "무선 ATM 셀 구조 제시를 위한 FEC/SR-ARQ 오류제어 기법", 통신정보종합학술대회 (JCCI'97)논문집, pp. 955-959, 1997년 4월.

[6] 滑川敏彦, 奥井重彦, 通信方式, 日本 東京, 森北出版株式會社, 1989年 9月.

[7] 오창현, 고봉진, 조성준, "실내 무선 채널에서 ARQ 기법을 채용하는 DS-CDMA/DQPSK 신호의 오류특성", 대한전자공학회 논문지 vol. 31, no. 4, pp. 11-20, 1994년 4월.

[8] B. Sklar, Digital Communications, Prentice-Hall, 1988.

[9] 원동호, 정보와 부호이론, Ohm 社, 1993.

[10] M. Schwartz, W. R. Bennett, and S. Stein, Communication Systems and Techniques, McGraw-Hill, 1966.

[11] T. Kasami, "A concatenated coding scheme for error control", IEEE Trans. Commun.,

COM-34, pp.481-493, May 1986.

[12] A. J. Viterbi, "Error bounds for convolution codes and asymptotically optimum decoding algorithm", IEEE Trans. Inform. Theroy, vol. IT-13, no. 4, pp. 260-269, April 1967.

[13] A. J. Viterbi, "Convolution codes and their performance in communication systems", IEEE Trans. Commun., COM-19, pp. 751-772, October 1971.

[14] S. Le-Ngoc, "Design of an adaptive coding and retransmission strategy for a multipath fading channel", in Proc. 40th IEEE Veh. Technol., Con., pp 449-454, May 1990.

[15] Q. Yang, and V. K. Bhargava, "Delay and coding analysis of a truncated type-II hybrid ARQ protocol", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-40, no. 1, pp. 22-32, February 1993.

[16] W. C. Jakes, Microwave Mobile Communications, John Wiley & Sons Inc., 1974.

[17] E. G. Kim, B. J. Ko, and S. J. Cho, "Performance of 16 QAM signal with optimum threshold detection and SC diversity reception in Rician fading channel in the presence of cochannel Rayleigh interference", in Proc. ICPMSC'94, pp. 88-93, 1994.

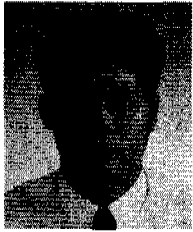
[18] E. G. Kim, C. H. Oh, and S. J. Cho, "Performance of 16 QAM signal with optimum threshold detection and MRC diversity reception in Rician fading channel in the presence of cochannel Rayleigh interference", in Proc. APCC'95, pp. 79-83, 1995.

[19] R.O. Farley, G.M. Stamatelos, and D.D. Falconer, "Simulation studies of broadband wireless systems employing code combining techniques", in Proc. ICC'96 , pp. 260-266, 1996.

[20] 김대영, 김덕환, "Wireless ATM 기술", 한국통신학회지, 제13권, 제3호, pp. 304- 320, 1996년 3월.

박 기 식(Ki-Sik Park)

정회원



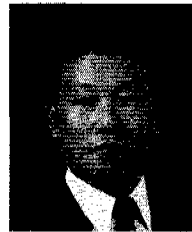
1967년 10월 5일 생
1991년 2월 : 한국항공대학교
항공통신정보공학과
(공학사)
1996년 8월 : 한국항공대학교
대학원 항공통신정보공
학과(공학석사)

1996년 9월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통
신정보공학과 박사과정 재학 중

<주관심 분야> 무선통신, 광통신, 이동통신,
Wireless ATM

이 영 춘(Young-Chun Lee)

정회원

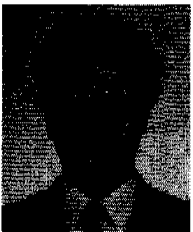


1959년 1월 4일 생
1996년 2월 : 방송통신대학교
전자계산학과(공학사)
1998년 8월 : 한국항공대학교
항공산업대학원 전파공
학과(공학석사)
1999년 2월~현재 : 한국항공대
학교 대학원 항공통신
정보공학과 박사과정
재학 중

<주관심 분야> 무선통신, 광통신, 이동통신,
Wireless ATM

정 해 원(Hae-Won Chung)

정회원



1957년 10월 6일
1980년 2월 : 한국항공대학교
항공통신정보공학과
(공학사)
1982년 2월 : 한국항공대학교
대학원 항공전자공학과
(공학석사)

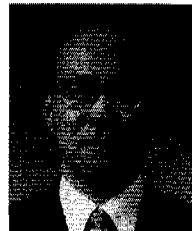
1999년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보
공학과(공학박사)

1982년 3월~현재 : ETRI 교환전송연구소 무선
ATM 연구팀 근무(책임연구원)

<주관심 분야> 유무선 통합 시스템, 무선 LAN, 무
선 ATM, 무선 CATV, 대내 무선
액세스

조 섬 준(Sung-Joon Cho)

정회원



1946년 1월 9일 생
1969년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과(공학사)
1969년 4월~1972년 7월 :
해군기술장교
1975년 2월 : 한양대학교 대학원
원(공학석사)

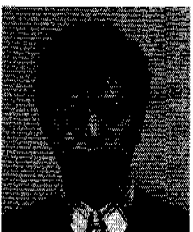
1981년 3월 : 일본 오사카 대학교 통신공학과(공학
박사)

1972년 8월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공
학과 교수

<주관심 분야> 무선통신, 이동통신, 위성통신, 환경
전자공학

이 영 교(Young-Kyo Lee)

정회원



1966년 3월 29일 생
1992년 2월 : 한국항공대학교
항공통신정보공학과
(공학사)
1995년 8월 : 한국항공대학교
대학원 항공통신정보
공학과(공학석사)

1995년 9월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통
신정보공학과 박사과정 재학 중

<주관심 분야> 무선통신, 연동방식(유/무선통신) 및
트래픽제어, Wireless ATM