

# 동영상 전송을 위한 채널 예측과 적응적 오류정정 부호화 기법

준회원 송 정 선\*, 정회원 이 창 우\*\*

## Channel Estimation and Adaptive Channel Coding Technique for Video Transmission

Jung-Sun Song\* Associate Member, Chang-Woo Lee\*\* Regular Member

### 요 약

압축된 동영상을 이동통신 채널과 같은 다경로 페이딩 채널을 통해서 전송할 때 전송오류에 의해서 전송 신호의 왜곡이 발생한다. 이러한 전송 오류를 줄이기 위한 한 가지 방법으로 오류정정 부호를 사용할 수 있다. 본 논문에서는 전송되는 정보의 단위인 프레임별로 채널의 상태를 예측하고 예측된 정보를 이용하여 RCPC(rate compatible punctured convolutional) 오류정정 부호의 부호화율을 적응적으로 변화시키는 방법을 제안한다. 이를 위하여 시변 페이딩 채널을 모델링하고 채널예측을 위한 3가지 방법을 제안하여 기존의 채널 예측 방법과 비교하고 성능을 분석하였다. 성능평가 결과 제안하는 적응적 오류정정 부호화 기법이 고정 부호화율을 갖는 오류정정 부호화 기법에 비해서 우수한 성능을 보임을 입증하였다.

Key Words : RCPC; channel estimation; adaptive channel coding; fading channel

### ABSTRACT

The performance of mobile communication systems depends on the state of the time-varying multi-path fading channel. To effectively prevent the corruption of video stream and its propagation in spatial and temporal domain, proactive error controls are widely being deployed. Among possible candidates, the rate compatible punctured convolutional (RCPC) code has been widely used for multimedia data, since its rate can be determined flexibly.

In this paper, the adaptive channel estimation and the adaptive error correction techniques over the time-varying mobile channel have been proposed. Extensive computer simulations show that the proposed techniques yield the superior performance than the fixed rate system.

### 1. 서 론

동영상을 포함하는 통신 시스템에서는 현재의 음성위주의 통신에 비해 전송해야 할 정보가 크게 늘어나게 된다. 또한 이동통신 채널을 통해 전송되는 정보는 다중경로 페이딩에 의한 영향을 받는다<sup>1,2</sup>. 이동통신 채널에서 압축된 동영상 정보를 전송할

때에는 채널의 상태가 정보에 미치는 영향력이 크기 때문에 채널의 상태를 추정하고 채널의 상태에 맞는 전송기법을 사용하는 연구가 필요하다<sup>3,4</sup>. 이러한 전송오류를 줄이기 위한 방법으로 오류정정 부호(error correction code)<sup>5</sup>를 원 정보에 추가하여 전송하는 방법이 있다. 이러한 방법은 부가되는 오류정정부호의 양이 많아지면 전체 정보 전송량이

\*C&S Technology 반도체연구소, \*\*가톨릭대학교 정보통신전자공학부(changwoo@catholic.ac.kr)

논문번호 : 040063-0209, 접수일자 : 2004년 2월 10일

※본 연구는 한국 과학재단 목적 기초 연구(No. R05-2001-000-00908-0) 지원으로 수행되었습니다.

증가하게 되므로 부가되는 정보를 적절하게 조절해 주어야 한다.

본 논문에서는 부호화된 동영상 정보를 이동통신 채널로 전송할 때 전송 오류를 줄이기 위해서 H.223 Annex-C<sup>[7]</sup>에서 정의된 RCPC(Rate Compatible Puncture Convolutional) 부호<sup>[7-9]</sup>를 오류정정 부호로 사용한다. 또한 채널 예측기(channel estimator)를 사용하여 프레임별로 채널 예측을 하였고 예측한 정보를 귀환채널(feedback channel)을 통해 전송하여 다음 프레임의 부호화율을 조절하는 적응적 전송기법을 제안한다. 일반적인 채널 예측방법으로는 수신된 정보와 복호화한 정보를 바탕으로 ED(Euclidean Distance)를 구하여 다음 채널상태를 예측하는 방법<sup>[10]</sup>, LMS(Least Mean Square) 알고리즘을 이용하여 페이딩을 예측하는 방법<sup>[11-13]</sup>, 현재 수신된 신호의 크기로 다음 페이딩을 예측하는 방법<sup>[9]</sup>, 채널의 상관도(correlation coefficient)를 구해 다음 프레임의 정보가 전송될 때의 페이딩을 예측하는 방법<sup>[14]</sup> 등이 사용된다. 본 논문에서는 LMS 알고리즘을 이용하여 다음 프레임의 평균값과 특정 샘플값을 예측하는 방법, 수신된 프레임 샘플당 파워에 가중치를 부여해 평균치를 찾아 다음 프레임의 대표값으로 생각하는 방법 등을 제안하였다. 이렇게 제안된 예측방법의 성능을 측정하기 위해서 시변 페이딩 채널을 모델링하여 채널의 상태를 예측하고 RCPC 부호의 부호화율을 조절하여 모의실험을 하고 제안하는 기법의 성능을 기존의 방법과 비교, 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 전체적인 시스템의 모델을 살펴보고 3장에서는 페이딩 채널을 모델링한다. 4장에서는 채널 예측방법을 제안하고 채널의 상태에 따라 부호화율을 조절하는 방법을 설명한다. 5장에서 4장에서 제안된 채널 예측방법을 이용하고 3장에서 모델링한 페이딩 채널을 이용하여 모의실험을 하고 그 결과를 분석하였다. 마지막으로 6장에서 결론을 제시하였다.

## II. 시스템 모델

이동통신 채널을 통해 영상, 음성, 데이터 등을 포함한 멀티미디어 정보를 전송할 때 오류율이 적은 전송을 위해서 그림 1과 같은 구조를 가진 시스템을 사용할 수 있다. 이 시스템은 H.324<sup>[14]</sup>와 같은 멀티미디어 터미널, 오류정정 부호를 적절히 조절해 주기 위한 부호화율 조절부(controller), 그리고 전송

매체에 해당하는 채널과 채널 예측기 및 복호기 등으로 구성된다.

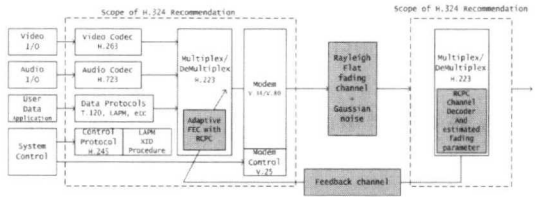


그림 1. 적응적 오류정정 부호화율을 사용하는 시스템

그런데 이렇게 부호화된 정보를 이동통신 채널상으로 전송하고자 할 때 전송시 채널에서 오류가 많이 발생하게 되고 시·공간적인 상관성을 이용하여 압축된 영상정보는 복호화시 오류 전파의 문제가 발생한다. 이러한 채널에 의한 오류의 정정을 위하여 H.223 Annex C, D에서 정의된 RCPC 부호나 Reed Solomon 부호와 같은 오류정정부호를 다중화 부인 H.223에서 추가하여 전송하게 된다. 그 중에서 RCPC 부호는 그림 2와 같이 부호화율이 1/4인 부호화기를 사용하여 부호화 하는데<sup>[7]</sup> 이렇게 부호화된 비트를 펄치링을 이용하여 다양한 부호화율을 구현할 수 있기 때문에 동영상 정보의 오류정정에 많이 사용된다.

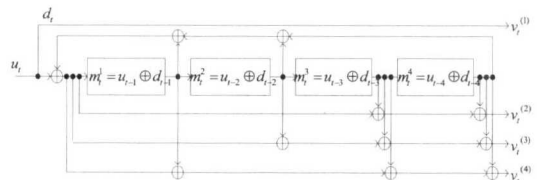


그림 2. RCPC 부호화기

## III. 시변 페이딩 채널 모델링

이동통신 채널과 같이 다경로 전송으로 인한 페이딩이 발생하는 채널의 모델은 크게 2가지로 나뉜다. 우선 매우 짧은 거리를 지나는 송·수신기의 움직임에서 순간적으로 수신된 신호의 세기를 나타내는 소규모 페이딩(small-scale fading)과 통계적으로 거리의 함수로써 넓은 지역에서 동작하기 때문에 경로 손실을 나타내는 대규모 페이딩(large-scale

fading)으로 나뉜다. 일반적으로 식 (1)과 같이 페이딩으로 인한 진폭의 변화를 나타내는  $\alpha_k$  와 가우시안 노이즈(Gaussian noise)  $n_k$ 에 의해서 전송되는 신호  $s_k$ 는 왜곡된다.

$$r_k = a_k s_k + n_k \quad (1)$$

### 3.1. 확장된 페이딩(Extended fading)

확장된 페이딩 채널은 그림 3과 같이 통계적으로 거리에 대한 함수로써 경로손실의 평가와 관련된 대규모 페이딩과 순간적인 수신신호의 세기와 관련된 소규모 페이딩이 혼합된 채널상태라고 하겠다<sup>[1]</sup>. 이러한 확장된 페이딩 채널  $\eta(t)$ 는 식 (2)와 같이 레일리 페이딩 채널  $\xi(t)$ 와 로그노말 페이딩 채널  $\lambda(t)$ 의 곱으로 발생시켜줄 수 있다.

$$\eta(t) = \xi(t) \cdot \lambda(t) \quad (2)$$

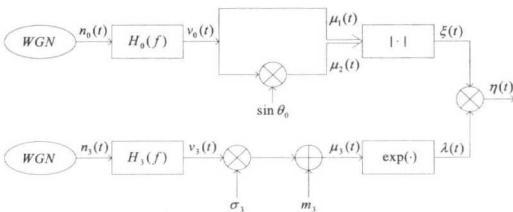


그림 3. 확장된 페이딩 채널 모델

#### 3.1.1 레일리 페이딩(Rayleigh fading)

소규모 페이딩이라 불리기도 하는 레일리 페이딩(Rayleigh fading)은 일반적으로 플랫 페이딩(flat fading) 신호의 수신된 포락선의 통계적 시변 특성 또는 다경로 성분들의 포락선을 설명하는데 사용한다<sup>[1]</sup>. 그림 4와 같이 2개의 직교하는 가우시안 노이즈 신호들의 합으로 표현되는데 이렇게 발생된  $\alpha$ 에 대해  $\sigma$ 의 표준편차를 갖는 확률밀도함수가 식 (3)와 같을 때 레일리 분포라 하고 이러한 분포를 가지는 채널을 레일리 페이딩 채널이라고 한다.

$$p(\alpha) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\alpha^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \leq r \leq \infty) \\ 0 & (r < 0) \end{cases}$$

(3)

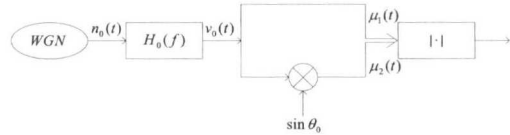


그림 4. 레일리 페이딩 채널 모델

만일 수신신호의 진폭이 상관성이 없고 단순히 확률 밀도 함수만 레일리 분포를 갖는다면 그림 4에서 발생된 백색정규잡음  $n_o(t)$ 를 저역통과 필터  $H_o(f)$ 에 거치지 않고 레일리 분포를 만들 수 있다. 그런데 수신측의 이동 속도 등을 고려한 실제 환경에 적합한 레일리 페이딩 채널 모델은 시간에 대한 상관성을 갖는 채널인데 이를 구현하기 위해서 발생된 백색정규잡음을 저역통과 필터링해야 한다<sup>[15]</sup>. 만일 반송파의 주파수가  $f_c$ 이고 심볼 레이트가  $1/T$ 이라면 최대 정규화 된 도플러 주파수(Doppler frequency)는 식 (4)와 같다.  $C$ 는 빛의 속도이고  $v$ 는 수신기가 움직이는 속도이다. 이때 Clarke<sup>[16]</sup>가 제안한 isotropic scattering model에 따르면 페이딩 프로세스의 자기 상관도 (autocorrelation)는 식 (5)와 같다.

$$v_d \equiv f_d T = \frac{v}{C} f_c T \quad (4)$$

$$\phi(k) = J_0(2\pi v_d k) \quad (5)$$

$$S(v) = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/v_{d0})^2}} \quad (6)$$

이러한 도플러 주파수를 고려하기 위한 저역필터는 대역폭의 효율적인 조정을 위해 그림 5와 같은 구성된다. 앞단의 프로토타입(prototype) 필터는 식 (6)으로 나타낼 수 있는 페이딩 채널의 PSD(power spectral density)의 scaled version을 구현한다. 프로토타입(prototype) 필터를 통과한 신호가  $Q-1$ 개의 0을 삽입하는 제로 스템핑(zero stuffing)을 거치고 보간(interpolation) 필터를 통과하면 최대 정규화



된 도플러 주파수  $v_d = v_{d0}/Q$  로 구현된다.



그림 5. 저역통과 필터의 구현

### 3.1.2 로그노말 페이딩(Lognormal fading)

로그노말 페이딩은 수신신호 평균의 작은 파동을 나타낸다<sup>[1]</sup>. 이는 그림자 효과(shadowing effect)에 의해 결정되는데 일반적으로 식 (7)과 같이 표현가능하고 그림 6과 같은 방법으로 생성해 낼 수 있다. 여기서  $m_3$ 은  $v_3(t)$ 의 평균을 의미하고  $\sigma_3(t)$ 는  $v_3(t)$ 의 평균 파워의 양의 제곱근을 의미한다. 여기서 사용되는 저역필터  $H_3(f)$ 도 레일리 페이딩 채널의 저역필터  $H_o(f)$ 와 같은 그림 5의 저역필터를 사용한다.

$$\lambda(t) = e^{\sigma_3(t)v_3(t) + m_3} \quad (7)$$

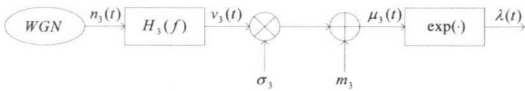


그림 6. 로그노말 페이딩 채널 모델

## IV. 채널 예측을 이용한 적응적 부호화 기법

본 논문에서는 채널의 상태를 예측하고 이를 바탕으로 오류정정 부호화율을 적응적으로 변화시키는 시스템을 제안하였다. 즉, 그림 7에서 보는 바와 같이 예측된 채널 상태에 따라 오류정정 부호화율이 조정되기 때문에 부호화율에 따라 전송하고자 하는 정보의 크기를 변화시킨다. 즉, 그림 8에서 보는바와 같이 채널의 상태가 좋으면 추가비트가 작기 때문에 원 정보를 크게 하여 전송하여도 되지만 채널의 상태가 나쁘면 추가비트를 많이 붙여줘야 하기 때문에 원 정보의 크기를 작게 하여 전송하여야 한다. 즉 채널의 상태에 따라 프레임의 원 정보의 크기를 조절하여 전송한다.

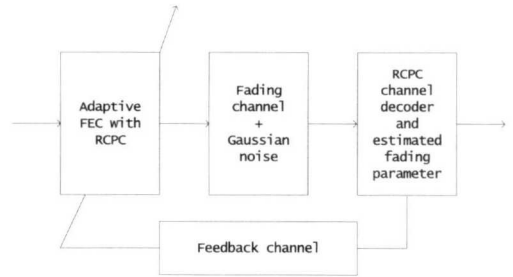


그림 7. 채널 예측 및 적응적 부호화율 조절부

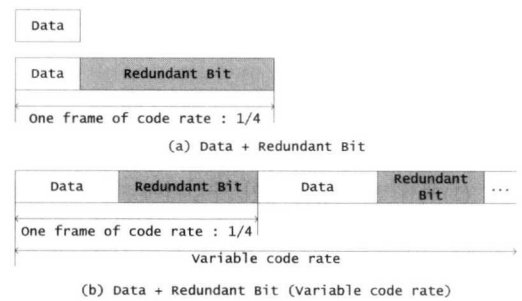


그림 8. 부호화율의 변화에 따른 전송하고자 하는 정보의 크기의 변화

### 4.1 채널상태 예측

#### 4.1.1 ED(Euclidean distance)에 따른 채널 상태 예측<sup>[10]</sup>

프레임의 크기가  $K$ 인 임의의 비트열  $\{s_k\}$ 에 대해 수신기에서 채널을 통해 받은 임의의 비트열을  $\{\tilde{s}_k\}$ 이라 하고 식 (8)과 같이 복호화한 비트열을  $\{\hat{s}_k\}$ , 예측한 채널의 페이딩 값을  $\hat{\alpha}_k$ 이라 할 때 ED metric은 식 (9)와 같고 현재 프레임에 대한 채널상태를  $\mu_K^C$ 라고 한다면  $\mu_K^C$ 는 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\{\hat{s}_k\} = \arg \min_{\tilde{s}_k} A_K^C \quad (8)$$

$$\begin{aligned} A_K^C(\hat{s}_k) &= \sum_{k=0}^{K-1} |\alpha_k s_k + n_k - \hat{\alpha}_k \hat{s}_k|^2 \\ &= \sum_{k=0}^{K-1} |\alpha_k s_k - \hat{\alpha}_k \hat{s}_k + n_k|^2 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\mu_K^C = \Lambda_K^C(\{\hat{s}_k\}) \tag{10}$$

페이딩 채널에서는 식 (11)과 같은 간단한 RSSI 예측기를 사용하여 식 (12)와 같이 다음 프레임에 대한 상태를 예측한다.

$$RSSI_{pred} = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} |r_k|^2 \tag{11}$$

$$CSI_{pred} = RSSI_{pred} / \mu \tag{12}$$

4.1.2 현재 프레임에서  $r_k$ 의 파워의 평균으로 채널 상태 예측<sup>[9]</sup>

식 (1)에서 보는바와 같이 수신기에 수신된 신호는 페이딩에 의해 신호의 크기가 변형된다. 잡음의 신호가 더해지긴 하지만 페이딩의 크기의 변화가 수신된 신호의 크기에 더 많은 영향을 끼치게 된다. 현재 수신된 프레임의 전체 파워를  $p_k$ 라고 하고 평균파워를  $P$ , 채널의 상태정보를  $CSI$ 라고 할 때  $p_k$ 는 식 (13)과 같이 수신신호의 파워의 합으로,  $P$ 는 식 (14)과 같이 구할 수 있다. 이렇게 구한  $P$ 를 이용하여 식 (15)와 같이 표현가능하다. 여기서  $R$ 은 현재 프레임의 오류정정 부호화율을 나타내고  $R_b$ 는 현재 프레임까지의 평균 부호화율을 나타낸다.

$$p_k = \int_{frame} |r_k(t)| dt \tag{13}$$

$$P = \frac{1}{frame} p_k = \frac{1}{frame} \int_{frame} |r_k(t)| dt \tag{14}$$

$$CSI = R^2 P^2 / R_b N_o \tag{15}$$

4.1.3 평균값 예측

페이딩의 값들은 앞·뒤 샘플간에 상관성을 가지고 변하는 것을 볼 수 있다. 수백개의 샘플 단위로 평균값을 나타내어 보면 이 또한 상관성을 가지고 변화하는데 이런 평균값들은 LMS(Least Mean Square) 알고리즘과 같은 적응 알고리즘을 사용하여 예측가능하다.

LMS 필터는 식 (16)에서 보는바와 같이  $l$ 개의 필터계수를 갖는다.  $k$ 를 시간에 대한 계수,  $x_k$ 를 필터의 입력,  $W_k$ 를 필터계수라고 할 때 식 (18)과 같이 입력값과 필터계수의 벡터곱에 의해  $y_k$ 를 구한다. 이렇게 필터에서 계산된 값과 필터의 입력값과의 차이를 식(16)과 같이 다음 필터계수로 변화시켜준다.

$$W_{l,k+1} = W_{l,k} + \mu x_{k-1} \epsilon_k \tag{16}$$

$$\epsilon_k = x_k - y_k \tag{17}$$

$$y_k = x_k \cdot W_k \tag{18}$$

본 논문에서는 현재 프레임의 수신된 신호 파워의 평균을 LMS 필터의 입력값으로 하여 필터계수를 변화시켜가며 다음 프레임의 페이딩에 대한 평균값을 예측하여 다음 프레임의 상태정보를 판별하는 방법을 제안하였다.

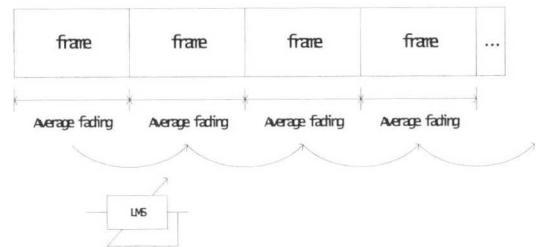


그림 9. LMS 필터를 이용한 평균값 예측

4.1.4 프레임내의 특징값 예측

평균값 예측은 한 프레임의 평균값을 LMS 필터

의 입력으로 하여 다음 프레임의 평균값을 예측한 반면에 본 논문에서 제안하는 두 번째 방법인 프레임 내의 특정한 값을 예측하는 기법은 그림에서 보는바와 같이 현재 수신된 프레임에서 각 샘플의 파워를 입력받아 LMS 알고리즘을 이용하여  $\alpha$  샘플 이후의 값을 예측하는 것이다. 즉, 한 샘플씩 입력 받은 수신신호의 파워를 식 (16), 식 (17)의  $x_k$ 로 주어질 때  $\alpha$  샘플 앞의 값인  $y_k$ 를 필터계수를 조정해 가면서 예측하다가 현재 프레임의 가장 마지막 페이딩 값이 입력값으로 들어오게 되면 그 입력값을 바탕으로 하여 다음 프레임에서의  $\alpha$  번째 페이딩의 값을 예측하여 그 프레임을 상태정보로 갖고 있게 된다.

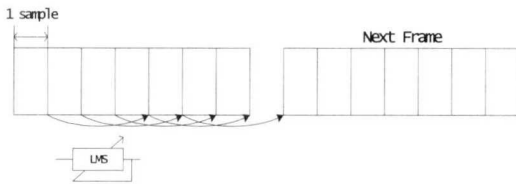


그림 10. LMS 필터를 이용한 특정값 예측

4.1.5 현재 수신된 신호의 파워에 가중치를 부여하여 채널 상태 예측

앞에서 제시한 현재 프레임에서  $r_k$ 의 파워의 평균을 구해 다음 채널의 상태정보로 생각한 것에 반해 수신신호의 파워에 가중치를 부여하는 것은 현재 프레임에서 앞부분에 영향을 미치는 채널 페이딩보다는 뒷부분에 영향을 미치는 채널 페이딩이 다음 프레임에 영향을 미칠 페이딩 값과 더 상관성 (correlation coefficient)이 크므로 현재 프레임의 뒷부분에 가중치를 부여한 후 파워의 평균을 구하는 방법으로 본 논문에서는 기본적으로 다음의 3가지의 가중치를 부여하는 방법을 제안하였다.

- i) 현재 수신된 프레임의 앞 1/2 프레임에는 0.7, 뒤 1/2 프레임에는 1.3의 가중치 부여
- ii)  $y = x$ 의 크기로 프레임 내에 가중치를 부여
- iii)  $y = x^2$ 의 크기로 프레임 내에 가중치를 부여

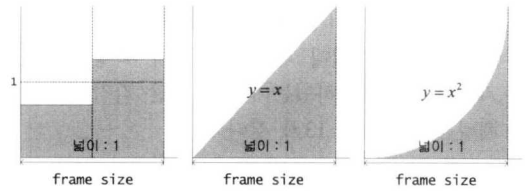


그림 11. 수신신호의 파워에 3가지 가중치 부여

4.2 부호화율의 조정

채널 예측기를 통해 다음 채널 상태에 대하여 예측하게 되면 예측된 채널의 상태값은 귀환 (feedback)채널을 통해서 송신기로 전송된다. 송신기로 전송된 채널의 상태값을 CSI(Channel State Information : 채널 상태정보)이라고 하고 시스템 내에서 적용하고자 하는 부호화율의 개수를  $Q$ 개라고 하고 채널의 상태 정보에 대한 경계값들을  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_Q$ 라고 할 때  $\theta_{j-1}$ 에서  $\theta_j$  ( $j=2, \dots, Q-1$ )사이의 해당 값으로 다음 프레임의 부호화율  $R_j$ 를 결정한다.

$$\begin{cases} R_j & \theta_{j-1} \leq CSI \leq \theta_j \quad j = 2, \dots, Q \\ R_1 & CSI < \theta_j \quad j = 1 \\ R_Q & \theta_j < CSI \quad else \end{cases} \quad (19)$$

단, 채널의 대표 상태정보는 송신기와 수신기 모두 알고 있어야 하는 정보이다.

V. 모의 실험

제안하는 시스템에서 RCPC의 부호화율을 변화시켜주기 위해 3장에서 설명한 5가지 예측방법을 사용하여 다음 프레임의 정보에 영향을 미칠 채널의 상태를 예측하여 부호화율을 변화시켜 주었다. 이 시스템의 입력 정보는  $10^7$ 개 만큼 발생시킨 임의의 비트를 가지고 실험하였다. 또한 페이딩 채널에 정규분포의 분산(variance)의 조절을 위해  $E_b/N_0$ 의 값을 31~43(dB)까지 변화시켜  $E_b/N_0$ 에 따른 BER의 변화 값을 측정하였고 귀환채널은 이상적인 채널로 가정하였다. 또한 프레임의 크기를 200, 320, 400, 520으로 점차 변화시켜가며 실험하여 가



장 적절한 기본 프레임 크기를 320 샘플로 설정하여 실험하였다. 페이딩 채널의 모델은 소규모 페이딩에 해당되는 레일리 페이딩 채널과 확장된 페이딩 채널을 모델링 하였는데 모델링된 각각의 페이딩 채널은 그림 12, 13와 같다.

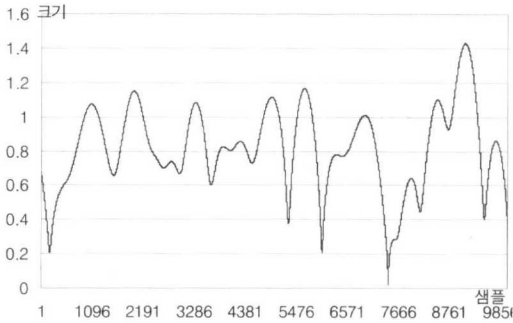


그림 12. 시변 레일리 페이딩 채널

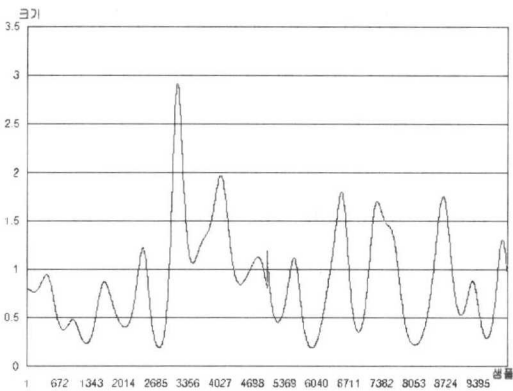


그림 13. 확장된 시변 페이딩 채널

그림 14, 그림 15에서는 레일리 페이딩과 확장된 페이딩 채널에서 실험을 하였을 때 각 채널 예측 방법에 대한 오류정정 부호화율을 보여주고 있다. 그림 14를 보면 레일리 페이딩 채널에서는 현재 프레임의 수신신호 크기의 평균값을 다음 채널의 상태정보 값으로 넘겨 부호화율을 조절하여 주었을 때 0.63 정도의 큰 부호화율을 보여주었다. 부호화율이 크다는 것은 한 프레임내에서 오류정정부호의 추가비트가 적어 원 정보를 많이 전송할 수 있으므로 정보전송에 있어 짧은 시간에 데이터를 전송할 수 있는 것을 말한다. 그러나 기존 논문에서 제안되었던 현재 프레임의 수신신호 크기의 평균값을 다음 채널의 상태정보 값으로 넘겨주는 방법은 부호

화율이 큰 것을 보여주었으나  $E_b/N_o$ 가 41dB일 때 갑자기 부호화율이 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 반면에 제안된 방법중에 하나인 0.7, 1.3의 가중치를 부여하여 다음 채널의 상태정보 값으로 넘겨주는 방법은 수신신호 크기의 평균값을 넘겨주는 방법에 비해 부호화율이 낮지 않았고 또한 전체  $E_b/N_o$ 에 대해서도 고른 부호화율을 보여주었다. 레일리 페이딩 채널을 로그노말 페이딩과 결합시킨 확장된 페이딩 채널 상에서는 기존 논문에서 제안되었던 ED를 이용하여 다음 채널의 상태를 구한 방법과  $y = x$ 라는 가중치를 주었을 때를 제외한 모든 예측방법에서 평균 0.47정도의 비슷한 부호화율을 보인다. 이는 거리의 함수인 로그노말 페이딩이 추가되면서 제안된 예측방법도 큰 부호화율 갖는 것을 볼 수 있다.

그림 16, 그림 17에서는 각각 레일리 페이딩과 확장된 페이딩 채널에서의 BER(Bit Error Rate)을 도시하였다. 이 그래프를 보면 기존 논문에서 제안되었던 현재 수신신호의 크기의 평균을 채널 상태정보로 생각하는 방법에 비해서 현재 수신신호에 가중치( $y = x$ ,  $y = x^2$ )을 주었을 때 낮은 BER을 보였는데  $E_b/N_o$ 가 높아짐에 따라 더 많은 차이가 나타났다. 또한 레일리 페이딩 채널에서 LMS 알고리즘을 이용하여 프레임의 평균값과 프레임내의 특정값을 예측하는 예측방법의 BER에 비해서 확장된 페이딩 채널에서는 BER이 현저히 낮아진 것을 볼 수 있다. 확장된 페이딩 채널에서는 기존 논문에서 제안되었던 방법들보다 본 논문에서 제안된 방법인 LMS 알고리즘을 이용하여 특정값을 예측하는 방법, 현재 수신신호 파워에 가중치를 부여하여 채널상태를 구하는 방법들이 낮은 BER을 보이는 것을 알 수 있었다.

그림 18, 그림 19은 각각의 예측 방법에 대해서 적응적으로 부호화율을 변화시켜 주었을 때의 부호화율의 평균에 맞추어 부호화율을 고정시켜주고 실험하였을 때 결과를 보여주고 있다. 이 두 그래프를 살펴보면 레일리 페이딩 채널이나 확장된 페이딩 채널 모두 부호화율이 고정된 시스템보다 적응적으로 변화시켜 주었을 때 BER이 낮게 나온 것을 볼 수 있다. 또한 제안된 예측방법들이 기존에 제안되었던 예측방법들보다 BER이 낮은 것을 알 수 있는데 특히  $y = x$ 의 가중치를 부여하였을 때 시스템의 성능이 가장 좋은 것을 알 수 있다.

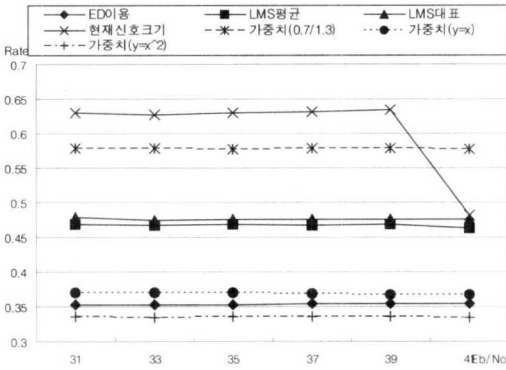


그림 14. 레일리 페이딩 채널에서 부호화율의 변화

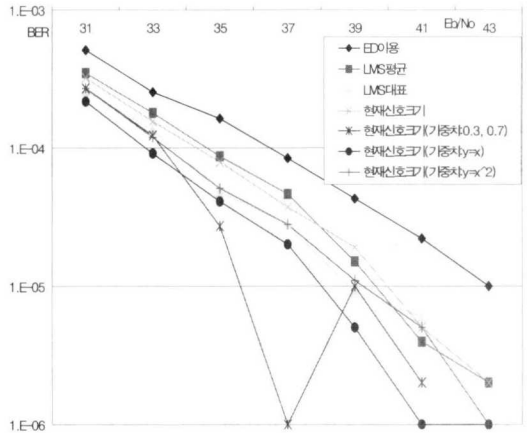


그림 17. 확장된 페이딩 채널 상에서의 각 예측방법에 따른 BER비교

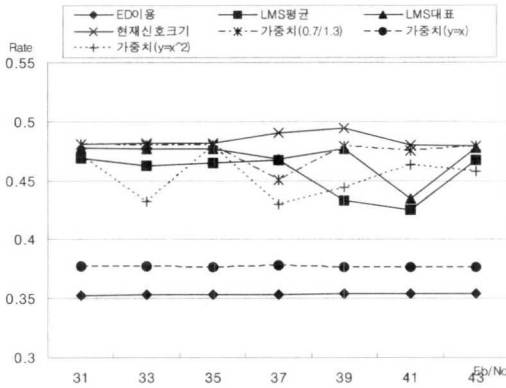


그림 15. 확장된 페이딩 채널에서 부호화율의 변화

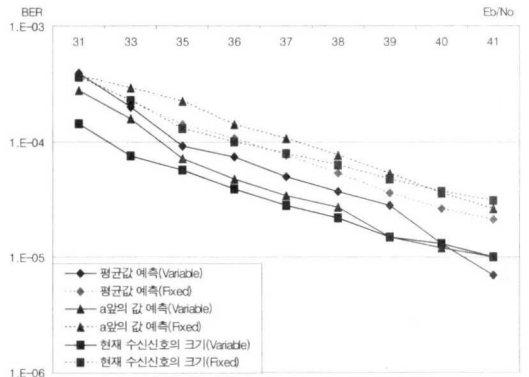


그림 18. 레일리 페이딩 채널에서 각각의 예측방법에 대해 적응 부호화율과 고정 부호화율에 대한 비교

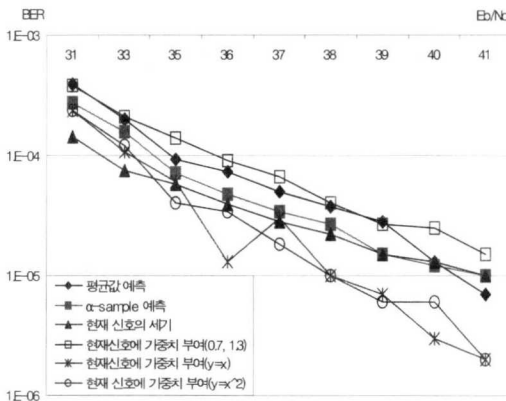


그림 16. 레일리 페이딩 채널 상에서의 각 예측방법에 따른 BER비교

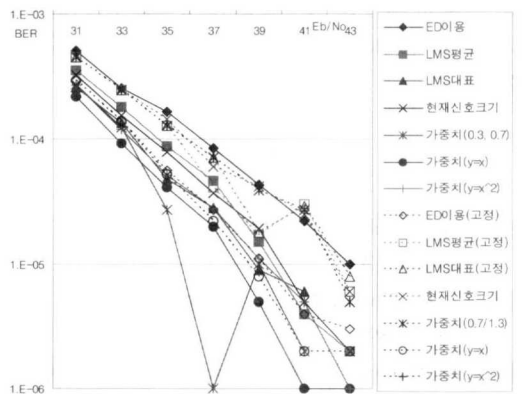


그림 19. 확장된 페이딩 채널에서 각각의 예측방법에 대해 적응 부호화율과 고정 부호화율에 대한 비교



## VI. 결 론

본 논문에서는 동영상 전송을 위한 적응적 오류 정정 부호화에 대해 알아보고 전송되는 정보의 단위인 프레임별로 채널의 상태를 예측하는 방법을 고찰하고 그 성능을 분석하였다. 시변 페이딩 채널을 모델링하고 다경로 페이딩 채널의 상태를 예측하기 위해서 수신신호를 통해 다음 채널의 상태를 예측하는 방법, 수신신호에 가중치를 부여하여 구한 현재 프레임의 수신신호 파워의 평균값을 다음 채널의 상태라고 생각하는 방법과 LMS 알고리즘을 이용해 다음 프레임의 평균값이나 특정한 샘플 값을 예측하는 방법 등을 제안하고 기존에 제안된 예측 방법과 함께 RCPC의 부호화율을 변화시켜 실험해 보았다.

실험결과를 통해 알 수 있는 바와 같이 RCPC의 부호화율을 채널 예측을 통해 변화시키는 방법이 부호화율을 고정시킨 것보다 부호화율은 평균적으로 0.025정도 크면서 BER은 크게는 10배까지 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 제안된 예측방법들이 부호화율이 커 프레임내의 정보의 양을 크게하여 전송할 수 있었으며 기존 논문에서 제안되었던 방법과 본 논문에서 제안된 방법을 비교하여 보면 LMS 알고리즘을 사용하여 프레임내의 특정값을 예측하는 방법이 ED를 이용하는 방법보다, 수신신호의 파워에  $y = x$ 라는 가중치를 부여하여 평균값을 구하여 그 값을 다음 채널의 상태값으로 생각하는 방법이 수신신호의 단순한 파워의 평균을 사용하는 방법보다 BER이 10배정도 낮게 나타났다. 그리고 이렇게 제안된 예측방법 중에서도  $y = x$ 라는 가중치를 부여하였을 때 가장 BER이 낮은 것을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

[1] M. Patzold, *Mobile Fading Channels*, John Wiley & Sons, 2002.  
 [2] J. G. Proakis, *Digital Communications*, Mc Graw Hill, 1989.  
 [3] C. Mitchell, F. Swarts, and F. Aghdasi, "Adaptive coding in fading channels", *IEEE AFRICON*, vol. 1, pp. 81-86, Oct. 1999.  
 [4] N. Farber, B. Girod and J. Villasenor, "Extension

of ITU-T recommendation H.324 for error-resilient video transmission", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 36, pp. 120-128, June 1998.  
 [5] P. Sweeney, *Error Control Coding*, John Wiley & Sons, 2002  
 [6] ITU-T Rec. H.263, *Video Coding for Low Bit Rate Communication*, 1997.  
 [7] ITU-T Rec. H.223 - Annex C, *Multiplexing Protocol for Low Bit Rate Multimedia Communication Over Highly Error-prone Channels*, 1997.  
 [8] J. Hagenauer, "Rate-compatible punctured convolution codes(RCPC codes) and their applications.", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 36, pp. 389-400, April 1988.  
 [9] M. Matsuo, T. Ohtsuki, I. Sasase, "Rate-adaptive indoor infrared wireless communication systems using punctured convolutional codes and adaptive PPM", *Proc. 9th IEEE Int. Symp. Personal, Indoor, Mobile Radio Commun.*, vol. 2, pp. 693-697, Sept. 1998.  
 [10] K. Balachandran, K. Kadaba, and S. R. Nanda, "Channel quality estimation and rate adaptation for cellular mobile radio", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 17, pp. 1244-1256, July 1999.  
 [11] B. Widrow and S. D. Stearns, *Adaptive signal processing*, Prentice Hall, 1985.  
 [12] P. Frenger and A. Svensson, "A minimum mean square error channel estimator for OFDM", *Proc. RVK, Sweden*, pp. 121-125, June 1996.  
 [13] W. Kumwilaisak, J. W. Kim, and C. C. J. Kuo, "Reliable video transmission over fading channels via channel state estimation", *Proc. SPIE Image and Visual Commun.*, vol. 3974, pp. 336-346, April 2000.  
 [14] D. Goeckel, "Adaptive coding for time-varying channels using outdated fading estimates", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 47, pp. 844-855, June 1999.  
 [15] A. Anastasopoulos and K. M. Chugg, "An efficient method for simulation of frequency selective isotropic Rayleigh fading", *Proc. Vehicular Technology Conference*, pp. 2084-2088, Phoenix,  
 [16] R. Clarke, "A statistical theory of mobile radio reception", *Bell System Tech. J.*, vol. 47, pp. 957-1000, 1968.

송 정 선 (Jung-Sun Song)

준회원



2002년 2월 : 가톨릭대학교

컴퓨터전자공학부 졸업  
(공학사)

2004년 2월 : 가톨릭대학교

컴퓨터공학과 졸업  
(공학석사)

2004년 4월 ~ 현재 : C&S

Technology 반도체연구소 연구원

<관심분야> 영상 압축, 디지털 신호처리, SoC

이 창 우 (Chang-Woo Lee)

정회원

한국 통신학회 논문지 제25권 제7호 참조

현 재 : 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 부교수

<주관심분야> 영상 압축, 영상 전송, Turbo부호