

논문 2009-46TC-12-13

계층 변조 기술을 위한 이원적인 순차적 간섭 제거 시스템 (Dualistic OSIC System for Layered Modulation)

황 덕 규*

(Deok Kyu Hwang)

요 약

각기 다른 보호도를 가진 데이터를 변조하여 동일한 스트림에 전송하는 계층 변조 기술은 수신 환경에 따라서 양호하다고 판단될 경우 고순위 정보 및 저순위 정보를 모두 복호하고, 양호하지 않다고 판단될 경우 고순위 정보만을 복호하게 된다. 이에 따라 송수신단의 변·복조 결과가 상이하게 되고, 이는 종래의 순차적 간섭 기법에 새로운 성능 열화의 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 계층 변조 기술의 실제 복호를 위한 복호 범위와 간섭 제거 시 사용하는 데이터 복호 범위의 이원적인 정의를 통한 새로운 형태의 순차적 간섭 제거 수신기를 제안한다. 제안하는 시스템은 수신 데이터의 안정적인 복호 성능을 보장함과 동시에 각 수신기의 환경에 따라서 높은 데이터 전송률을 지원한다.

Abstract

A transceiver employing layered modulation encodes two data layers with different levels of robustness and selectively decodes one or both of them regarding the reception conditions. Because of the inconsistency in encoding and decoding, conventional ordered successive interference cancellation (OSIC) can not be compatible. In this letter, we derive a dualistic OSIC architecture, which assigns distinct criteria for demodulation and interference cancellation (IC). The proposed system achieves a higher spectral efficiency while guaranteeing reliable communication.

Keywords: 다중 안테나 시스템, 순차적 간섭 제거기, 계층 변조 기술

I. 서 론

현재 이루어지고 있는 학계 및 산업체에서의 연구 활동은 단순 무선 데이터 서비스에 그치지 않고, 여러 서비스 망의 통합을 통해 음성, 동영상 및 인터넷 서비스 등을 모두 포함하는 광대역 멀티미디어 서비스로 그 분야가 확장되고 있다. 따라서 멀티미디어 통신 증가 요구가 늘어나고 있으며, 고속의 무선 데이터 전송을 위해 높은 채널 용량을 필요로 하게 되었다. 이에 단일 사용자의 채널 용량 증가를 위해 송/수신기에 다중의 안테나들을 구비하여 주파수 효율을 높이기 위한 공간 영역을 이용하는 다중 안테나 시스템 (MIMO :

Multi-Input Multi-Output)이 다양한 연구 분야에서 관심을 받고 있다^[1]. 다중 안테나 시스템 방식 중 하나인 공간 분할 다중화 (SM : Spatial Multiplexing) 방식은 각 안테나 별로 독립적인 정보를 보내므로 낮은 비트 오류율 (BER : Bit Error Rate)보다는 높은 데이터 전송률을 우선시하는 시스템에 적합하다^[2].

한편, 무선 이동 통신 시스템 등에서 데이터를 고속으로 전송하기 위해서는 페이딩 현상과 같은 채널 특성에 따른 손실 및 사용자 별 간섭을 최소화할 필요가 있다. 이를 위해 제안된 공간 분할 다중화 시스템 방식 중 하나가 순차적 간섭 제거 (OSIC : Ordered Successive Interference Cancellation) 기법이다. 이 수신 기법은 각 스트림의 신호 대 간섭 및 잡음비 (SINR : Signal to Interference and Noise Ratio)에 따라서 데이터의 스트림 별 복원과 이를 이용한 연속적인 간섭 제거를 통해 향상된 비트 오류 성능을 위한 검출 방법이다^[3]. 하지

* 학생회원, 연세대학교 전기전자공학부
(School of Electrical and Electronic Eng.,
Yonsei University)
접수일자: 2009년9월10일, 수정완료일: 2009년12월14일

만, 대표적인 순차적 간섭 제거 기법인 V-BLAST (Vertical Bell Labs Layered Space Time)가 기존의 선형 수신기인 ZF (Zero Forcing)과 MMSE (Minimum Mean Square Error) 방식에 비해 최고의 성능을 가진다고 널리 알려진 최대 우도 (ML : Maximum Likelihood) 수신기에 훨씬 가까운 성능을 나타내지만, 의사 역행렬 (pseudo inverse)을 이용하기 때문에 실제 구현에서는 복잡한 구조와 많은 연산량 때문에 큰 문제점을 안고 있다. 이에 적은 연산량으로도 V-BLAST에 근접한 성능을 가지는 간섭 제거기 제안을 위해 채널 행렬의 QR 분해를 이용한 검출 기법이 제안되었다^[4].

계층 변조 기술 (layered modulation)은 제한 정보 없이도 상이한 수신 환경을 가지는 사용자들에게 다른 계층의 데이터를 제공할 수 있으므로, 차세대 방송 및 통신 기술 분야에서 큰 관심을 받고 있다^[5~6]. 계층 변조 기술은 크게 필수적인 정보 전달을 위한 고순위 (HP : High Priority) 정보와 부가적인 정보 전달을 위한 저순위 (LP : Low Priority) 정보로 분리되어 서로 다른 계층 전송 시스템으로 구성되는 전송 기법을 의미한다. 각 사용자의 수신기는 동일한 정보를 수신함에 있어서, 수신 환경이 양호하다고 판단되면 고순위 정보와 저순위 정보를 모두 복호하고, 수신 환경이 양호하지 않다고 판단되면 고순위 정보만을 복호하게 된다. 이는 서비스 제공 지역 내 모든 사용자들에게 기본적인 정보를 위한 고순위 정보의 안정적 수신을 지원함과 동시에 수신에 유리한 환경을 가지는 사용자들에게는 추가적인 정보 전달을 위한 저순위 정보까지 필요에 따라 복호하도록 하기 위함이다. 이에 따라서 다양한 수신 환경 하에서 각 사용자는 수신기의 성능 및 통신 환경에 따라서 고순위 정보만을 복호하거나 고순위 정보에 저순위 정보를 더하여 복호할 수 있게 된다. 하지만, 기존의 순차적 간섭 제거기에서는 송신된 데이터의 복원을 가정하여 수신기가 고안되었기 때문에 잡음에 따른 성능 열화 이외에도 계층 변조 기술 적용에 따른 데이터 변·복조의 불일치가 시스템 성능에 열화를 가져올 수 있다.

상기에서 언급한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 복호와 간섭 제거에 사용되는 데이터의 복원 범위를 개별적으로 정의하는 이원적인 순차적 간섭 제거 기법을 제안한다. 이는 송신된 데이터와 동일한 복원을 기반으로 하는 기존의 순차적 간섭 제거 기법과 수신단의 환경에 따라 복호의 범위가 결정되는 계층 변조 기

술의 상충되는 요구 조건을 만족하기 위함이다. 비교 대상의 공정성과 편의를 위해서 신뢰도가 높은 스트림을 먼저 검출하는 기존의 순차적 간섭 제거기의 순서 정렬 방법을 따르고, 각 스트림 별 요구 비트 오율 만족 여부에 따라서 고순위 혹은 고순위 및 저순위 정보 복원을 정의함을 가정한다. 송수신단에 각각 2개의 안테나와 uncoded 상황을 가정하여 연구를 진행하였고, 위의 가정을 기반으로 한 비트 오율에 대한 모의 실험을 통해 이원적인 순차적 간섭 제거기의 성능 우수성을 보이도록 한다.

II. 계층 변조 기술

그림 1은 최소 거리가 각각 $2d_1, 2d_2$ 인 QPSK와 16QAM이 중첩된 형태처럼 보이는 QPSK/16QAM 계층 변조 기술의 배열을 나타내고 있다^[6]. 최소 거리가 $2d_1$ 인 배열 형태는 고순위 정보를 전달하며 모든 사용자들에게 수신이 가능해야 하는 정보이다. 이에 반해 고순위 및 저순위 정보를 전달하는 최소 거리가 $2d_2$ 인 배열 형태는 실제 송신단에서 변조되어 송신되는 배열 형태이며, 수신 환경에 따라 복호 여부가 결정되는 정보이다. 계층 변조 기술에서의 계층간의 보호도는 최소 거리간의 상대적인 비에 의해 결정되며, 이를 배열 변수 L 로 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$L = \frac{d_2}{d_1} \quad (1)$$

그림 1에서 $L=0$ 일 경우 QPSK의 성상도를 $L = \frac{1}{2}$ 일 경우 16QAM의 성상도를 가지게 됨을 알 수

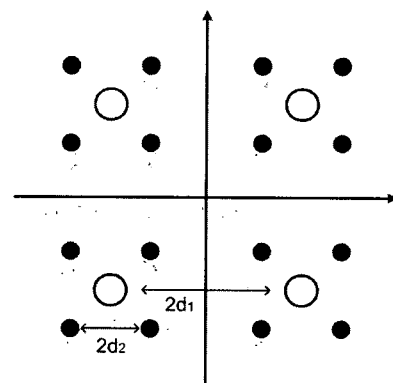


그림 1. QPSK/16QAM 성상도
Fig. 1. QPSK/16QAM constellation.

있다. 따라서, QPSK/16QAM에서는 일반적으로 $0 < L < \frac{1}{2}$ 의 배열 변수를 고려한다.

그림 1과 같은 성상도를 가지는 계층 변조 기술에서 신호 대 간섭 및 잡음비 ρ 와 배열 변수 L 에 따른 비트 오율 근사값은 각각의 보호도에 따라서 계층 별로 정의된다. 고순위 및 저순위 정보로 나누어 고려할 경우, 고순위 정보 x_{HP} 의 비트 오율 근사값은 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} \bar{E}(x_{HP}) = & \frac{1}{2} Q\left(\frac{1-L}{\sqrt{1+L^2}} \sqrt{\rho}\right) \\ & + \frac{1}{2} Q\left(\frac{1+L}{\sqrt{1+L^2}} \sqrt{\rho}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

이에 반해, 저순위 정보 x_{LP} 는 고순위 정보보다 높은 비트 오율 값을 가지며 근사값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{E}(x_{LP}) = & Q\left(\frac{L}{\sqrt{1+L^2}} \sqrt{\rho}\right) \\ & + \frac{1}{2} Q\left(\frac{2-L}{\sqrt{1+L^2}} \sqrt{\rho}\right) - \frac{1}{2} Q\left(\frac{2+L}{\sqrt{1+L^2}} \sqrt{\rho}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

유사한 수신 환경을 가진 사용자이더라도 배열 변수 L 에 따라서 고순위 정보 및 저순위 정보의 상대적인 보호도가 달라질 수 있으며, 각 계층 간의 비트 오율이 신호 대 간섭 및 잡음비 ρ 와 배열 변수 L 의 상호 작용에 의해 결정되는 것을 상기의 수식을 통해 확인할 수 있다.

시스템에서 요구하는 최소 요구 비트 오율 \bar{E}_r 이 존재할 경우, 고순위 정보는 모든 사용자들에게 복호되어야 하므로 저순위 정보의 \bar{E}_r 만족 여부에 따라서 단일 스트림에서의 데이터 복호 범위는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\hat{x}_{DEM} = \begin{cases} x_{HP} + x_{LP} & \text{for } \bar{E}_r > \bar{E}(x_{LP}) \\ x_{HP} & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

III. 시스템 모델

그림 2와 같이 송·수신단에 2개의 안테나를 사용하는 다중 안테나 시스템을 고려한다. 송신단에서는 입력 데이터를 2개의 부스트림(sub-stream)으로 나누어 계

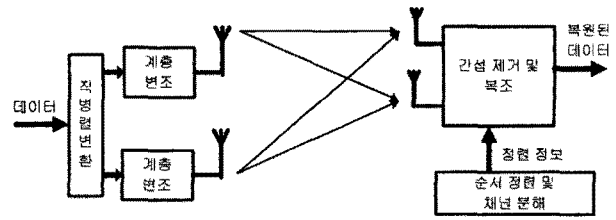


그림 2. 계층 변조 기술이 적용된 순차적 간섭 제거기 Fig. 2. OSIC receiver with layered modulation.

층 별로 독립적으로 변조하여 송신 신호를 전송한다. 수신단에서는 각각의 부채널을 지나서 도착한 중첩된 형태의 신호를 수신한 후 이를 분리하고, 수신 환경에 따라서 복호하여 최종적으로 데이터를 추정하게 된다.

고순위 및 저순위 정보가 각 부스트림별로 정의되는 송신 심볼 벡터를

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2]^T = [x_{HP/1} + x_{LP/1}, x_{HP/2} + x_{LP/2}]^T,$$

수신 심볼 벡터를 $\mathbf{y} = [y_1, y_2]^T$ 라고 정의할 경우, 시스템 모델을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (5)$$

여기서, $\mathbf{n} = [n_1, n_2]$ 은 평균이 0이고 분산이 σ_n^2 인 복소 가우시안 잡음벡터이다. 한편, 채널 \mathbf{H} 는 평균이 0 분산이 1인 각 성분들이 독립적인 다중 채널 행렬을 의미한다. 편의상, 채널이 각 프레임(frame)마다 독립적으로 변하는 블록 플랫 페이딩 환경(block flat fading channel)을 가정하고, 수신단에서는 채널 정보를 완벽하게 추정하는 상황을 고려한다.

본 연구에서는 QR 분해를 이용한 MMSE-QR 구조의 순차적 간섭 검출기를 고려한다. 이를 위해 4×2 크기의 확장된 채널 $\bar{\mathbf{H}}_m$, 2×1 크기의 영벡터 $\mathbf{0}_{2,1}$ 및 4×1 크기의 확장된 수신 벡터 $\bar{\mathbf{y}}$ 를 가정하면, MMSE-QR 구조의 검출기를 다음과 같이 표현할 수 있다^[7].

$$\bar{\mathbf{H}}_m = \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ \sigma_n \mathbf{I}_2 \end{bmatrix} = \mathbf{Q}_m \mathbf{R}_m, \quad \bar{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{0}_{2,1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

여기서, 4×2 크기의 \mathbf{Q}_m 은 상호 직교하는 열들로 구성된 행렬이고, \mathbf{R}_m 은 2×2 크기의 상삼각행렬이다. $\mathbf{Q}^H \mathbf{Q} = \mathbf{I}$ 라는 정규 직교 행렬의 성질을 이용하여 (5)의 송수신 관계식을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\tilde{\mathbf{y}}_m = \mathbf{Q}_m^H \bar{\mathbf{y}} = \mathbf{R}_m \mathbf{x} + \mathbf{n}_m \quad (7)$$

상기의 식에서 $\mathbf{n}_m = \mathbf{Q}_m^H \mathbf{n}$ 은 \mathbf{Q}_m 가 정규 직교하므로 \mathbf{n} 과 통계적 특성이 같다.

[2]에서 증명된 \mathbf{R}_m 과 신호 대 간섭 및 잡음비의 관계식을 통해 MMSE-QR 검출기에서 k 번째 부스트림의 사후 신호 대 간섭 및 잡음비는 다음과 같이 표현 가능하다.

$$\rho_k = \frac{R_m^2}{\sigma_n^2} - 1, \quad k = 1, 2 \quad (8)$$

IV. 제안하는 이원적인 순차적 간섭 제거기

1. 일원적인 순차적 간섭 제거기

순차적 간섭 제거 시스템은 각 스트림 별 신뢰도가 다름을 이용한 시스템이다. 이는 스트림 별 수신 환경이 상이함을 의미하고, 경우에 따라서는 스트림 별 데이터 복원 범위가 일치하지 않을 수 있음을 의미한다. 시스템에서 요구하는 임의의 요구 비트 오율 \bar{E}_r 이 존재할 경우, (4)를 다중 부스트림에 대해서 적용 가능하다. (2)와 (3)에서 유도한 비트 오율 근사값을 다중 스트림에 적용하여 각 스트림별로 독립적인 데이터 복원 범위를 결정하는 시스템을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\hat{x}_{\text{DEM}/k} = \begin{cases} \hat{x}_{\text{HP}/k} + \hat{x}_{\text{LP}/k} & \text{for } \bar{E}_r > \bar{E}(x_{\text{LP}/k}) \\ \hat{x}_{\text{HP}/k} & \text{else} \end{cases} \quad (9)$$

순차적 간섭 제거 시스템은 각 스트림을 추정할 때마다 추정하려는 데이터 외에는 모두 간섭으로 가정하고, 널링 벡터를 이용하여 송신 데이터의 추정값을 얻어낸다. 모든 스트림의 검출이 완료될 때까지 이전 스트림의 추정값들은 간섭 제거 (IC : Interference Cancellation)에 이용된다. 하지만, (9)와 같이 계층 변조 기술의 데이터 복원 범위 정의가 수신 환경에 따라 달라질 경우, 송신 데이터 그대로의 복원을 바탕으로 하는 순차적 간섭 제거 기법은 잡음 외에도 데이터 복원 범위의 상이성 때문에 성능 열화를 겪을 수 있다.

예를 들어 $A_{m/i,j}$ 를 복원 순서에 따라 정렬된 행렬 A_m 의 i 번째 행, j 번째 열 성분이라고 할 경우, 송수신 관계식을 다음과 같은 행렬식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \tilde{y}_{m/1} \\ \tilde{y}_{m/2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{m/1,1} & R_{m/1,2} \\ 0 & R_{m/2,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{m/1} \\ x_{m/2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{m/2} \\ n_{m/2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

여기서, 상삼각행렬을 통한 간섭 제거 시스템은 $x_{m/1}$ 이 $x_{m/2}$ 의 복원값을 바탕으로 결정되므로 수신 환경이 양호하지 않아서 $\hat{x}_{m/2} = \hat{x}_{\text{HP}/2}$ 로 복원할 경우, $x_{m/1}$ 의 성능은 간섭 제거 되지 못한 $x_{\text{LP}/2}$ 에 의해서 성능 열화가 발생하게 된다. 종래의 순차적 간섭 제거기의 순서 정렬에 의해서 앞서 복원 및 제거되는 부스트림이 더 큰 신호 대 잡음 및 간섭비를 가지므로 제거되지 못하고 남은 $x_{m/2}$ 의 저순위 정보에 따른 $x_{m/1}$ 의 성능의 열화는 더욱 커진다.

2. 이원적인 순차적 간섭 제거기

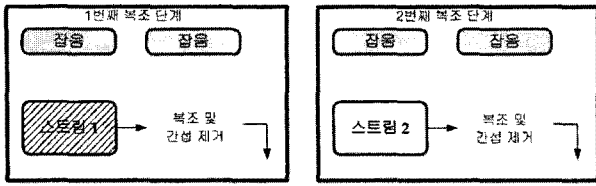
앞 절에서 언급한 문제점을 해결하기 위해 본 절에서는 실제적인 데이터 복원을 위한 $\hat{x}_{\text{DEM}/k}$ 와는 별도로 간섭 제거를 위한 기준을 별도로 정의하는 시스템을 고려한다. 종래의 순차적 간섭 제거기와 가장 큰 차이점은 $\hat{x}_{\text{DEM}/2} = \hat{x}_{\text{HP}/2}$ 일 경우에 복원 데이터 $\hat{x}_{\text{DEM}/2}$ 를 간섭 제거에 그대로 사용하는 것이 아니라 별도의 기준을 통해 간섭 제거용 데이터 복원 범위를 결정하고 다음 데이터의 복원 시에 사용한다는 점이다.

종래의 순서 정렬 기준에 따르면 순서 정렬된 결과는 $\rho_2 > \rho_1$ 이고, 부스트림들이 동일한 L 을 가질 경우에 $\bar{E}(x_{\text{HP}/1}) > \bar{E}(x_{\text{HP}/2})$ 및 $\bar{E}(x_{\text{LP}/1}) > \bar{E}(x_{\text{LP}/2})$ 의 관계를 가진다. 이를 이용해 $\bar{E}(x_{\text{HP}/1})$ 과 $\bar{E}(x_{\text{LP}/1})$ 를 기준으로 하는 순서 정렬 간섭 제거 기준을 제안한다.

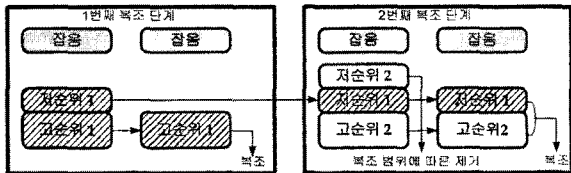
$$\hat{x}_{\text{IC}/2} = \begin{cases} \hat{x}_{\text{HP}/2} + \hat{x}_{\text{LP}/2} & \text{for } \bar{E}_r > \bar{E}(x_{\text{LP}/1}) \text{ or } \\ & \bar{E}_r > \delta \bar{E}(x_{\text{HP}/1}) \\ \hat{x}_{\text{HP}/2} & \text{else} \end{cases} \quad (11)$$

여기서, δ 는 1보다 큰 사용자 지정 가능 상수이다.

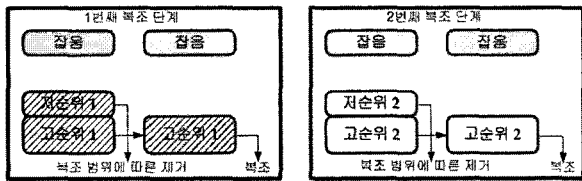
$\hat{x}_{\text{IC}/2}$ 는 앞서 검출되는 $x_{m/2}$ 의 간섭 제거 시에만 사용되는 복원 범위로서 다음 검출되는 부스트림의 상황을 고려하여 (9)에서 정의한 $\hat{x}_{\text{DEM}/2}$ 에 비해 상대적으로 넓은 복원 범위를 가지도록 한다. (8)과 (10)을 통해 알 수 있듯이, QR 분해 기반의 순차적 간섭 제거 시스템은 모든 부스트림들의 신호 대 간섭 및 잡음비를 한



(a) 계층 변조 기술이 없는 종래의 간섭 제거기



(b) 계층 변조 기술이 적용된 일원적인 간섭 제거기



(c) 계층 변조 기술이 적용된 이원적인 간섭 제거기

그림 3. 순차적 간섭 제거기 구조에 따른 동작 비교
Fig. 3. Comparison among several OSIC receivers.

번에 추정할 수 있으므로 (11)과 같은 이원적인 정의가 성립 가능하게 되는 것이다.

$\delta \geq 1$ 인 경우에 대해서 고려되는 $\bar{E}_r > \delta \bar{E}(x_{HP/1})$ 는 추후 복원되는 부스트림의 고순위 정보가 안정적으로 보장되는 경우에 대해서 데이터 복원 범위를 넓혀서 간섭 제거의 이득을 효과적으로 얻기 위함이다. 한편, 복원되는 부스트림의 비트 오류 근사값이 요구 비트 오류 \bar{E}_r 를 만족하는 $\hat{x}_{DEM/2} = \hat{x}_{HP/2} + \hat{x}_{LP/2}$ 인 경우는 $\bar{E}(x_{LP/1}) > \bar{E}(x_{LP/2})$ 에 의해 $\bar{E}_r > \bar{E}(x_{LP/1})$ 의 조건에 포함된다.

본 절에서 유도한 이원적인 간섭 제거기의 구조 이해를 돕기 위해 시스템 흐름도를 그림 3에서 정리하도록 한다. 그림 3의 (a)는 계층 변조 기술이 적용되지 않았거나 고순위 및 저순위 정보를 모두 복호하는 순차적 간섭 제거기로서 송신된 데이터와 동일하게 복원하는 수신기 구조이다. (b)는 고순위 정보만을 복호하는 순차적 간섭 제거기로서 복호와 간섭 제거가 동일한 데이터 복원 범위를 가지는 일원적인 구조이다. (c)는 (b)와 같이 고순위 정보만이 복원되는 상황에서 간섭 제거에서는 송신 데이터와 동일한 복원 범위가 적용된 이원적인 간섭 제거기의 동작 예로서 (a)와 (b)의 절충적인 구조

를 가진다. 제안하는 순차적 간섭 제거기 구조는 수신 환경이 양호한 경우 (a)와 같이 송신 데이터와 동일한 복원 범위로 복호 및 간섭 제거를 하고, 수신 환경이 양호하지 않은 경우에는 부스트림들의 신뢰도를 바탕으로 (b)와 (c)를 선택적으로 운용하여 간섭 제거의 이득을 최대한 얻도록 한다.

V. 모의 실험 및 성능 분석

앞 장에서 제안된 순차적 간섭 제거기의 성능 분석을 위해 본 장에서는 uncoded 상황에서 비트 오류 비교를 통해 성능의 우수성을 검토하도록 한다. 비교 대상은 계층 변조 기술이 적용된 시스템에서 고순위로만 복호하는 순차적 간섭 제거기와 (9)를 통해 데이터 복호 범위가 결정되는 일원적인 순차적 간섭 제거기 및 (9)와 (11)을 동시에 적용한 이원적인 순차적 간섭 제거기를 비교하도록 한다. 비트 오류를 위한 복호 범위가 동일하므로 일원적인 제거기와 이원적인 제거기의 복호되는 데이터의 양은 동일하다. 복호 범위를 결정하는 요구 비트 오류 \bar{E}_r 은 10^{-3} 으로 고정시켜 고려하도록 한다.

그림 4는 $L = 0.30$ 일 경우, 신호 대 잡음비(SNR : Signal to Noise Ratio)에 따른 평균 비트 오류 성능 결과를 도시한 결과이다. 그림 5는 $L = 0.40$ 에 대하여 평균 비트 오류 성능을 도시한 그래프이다. 종래의 순차적 간섭 제거 기법에서는 고순위 정보만을 복원하였음에도 불구하고, 신호 대 잡음비 향상에 따른 성능 개선이 없이 error floor 현상이 발생하게 된다. 하지만, 수신기 선택적인 데이터 복원 정보를 사용한 일원적 시스템에서는 안정적인 비트 오류 성능과 함께 효과적인 복

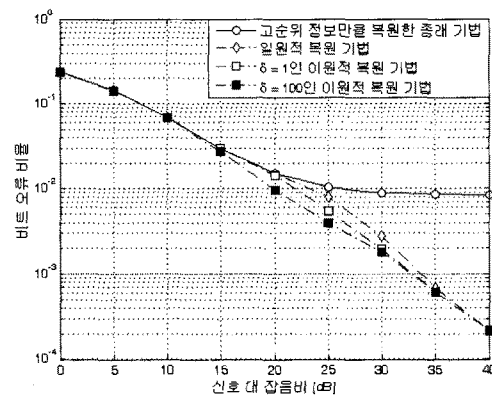


그림 4. $L = 0.30$ 일 때의 평균 비트 오류 성능 비교
Fig. 4. Average BER performance for $L = 0.30$

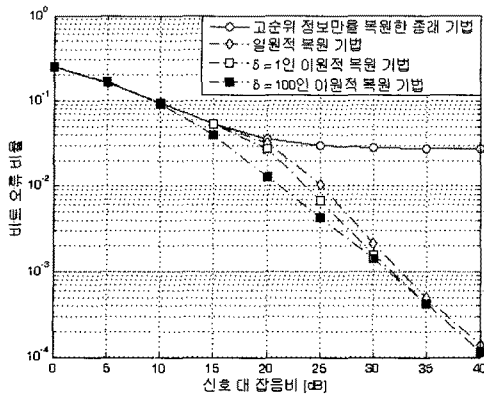


그림 5. $L = 0.40$ 일 때의 평균 비트 오류 성능 비교
 Fig. 5. Average BER performance for $L = 0.40$

호를 할 수 있고, 이원적인 간섭 제거기에서는 동일한 데이터량으로 복호함에 있어서 향상된 간섭 제거 이득을 통해 보다 향상된 비트 오류 성능을 보인다.

IV. 결 론

본 논문에서는 계층 변조 기술에 적합한 순차적 간섭 제거기의 구조에 대해서 연구하였다. 비트 오류 근사값 추정을 기반으로 한 수신기 선택적인 복호와 간섭 제거를 위한 복호 범위의 개별적인 정의를 통해 계층 변조 기술의 제한 정보 없는 적응형 시스템의 특징과 순차적 간섭 제거기의 스트림별 수신 환경을 활용한 간섭 제거 이득의 장점을 동시에 얻는 시스템을 제안하였다. 모의 실험 결과를 통해 제안하는 시스템이 수신 데이터의 안정적인 비트 오류 성능을 보장함과 동시에 각 수신기와 부스트림의 수신 환경에 따른 향상된 데이터 복원을 지원할 수 있음을 보였다. 본 연구를 바탕으로 채널 코딩이 적용된 시스템 및 추가된 안테나 수에 따른 성능 개선 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] G. J. Foschini, and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas," *Wireless Pers. Commun.*, Vol. 6, No. 3, pp. 311-335, 1998.
 [2] A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, *An Introduction to Space-Time Wireless Communication*, Cambridge University Press, 2003.
 [3] G. J. Foschini, G. D. Golden, R. A. Valenzuela,

and P. W. Wolniansky, "Simplified processing for high spectral efficiency wireless communication employing multi-element arrays," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol. 17, No. 11, pp. 1841-1852, Nov. 1999.

[4] D. Wubben, R. Bohnke, J. Rinas, V. Kuhn, and K. D. Kammeyer, "Efficient algorithm for decoding layered space-time codes," *IEE Electronics Letter*, Vol. 37, No. 22, pp. 1348-1350, Oct. 2001.
 [5] T. Cover, "Broadcast channels," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-18, No. 1, pp. 2-14, Jan. 1972.
 [6] H. Jiang and P. A. Wilford, "A hierarchical modulation for upgrading digital broadcast systems," *IEEE Trans. Broadcast.*, Vol. 51, No. 2, pp. 223-229, Jun. 2005.
 [7] D. Wubben, R. Bohnke, V. Kuhn, and K. D. Kammeyer, "MMSE extension of V-BLAST based on sorted QR decomposition," *Proc. IEEE Vehicular Technology Conf.*, pp. 508-512, Oct. 2003.

저 자 소 개



황 덕 규(학생회원)
 2004년 중앙대학교 전자전기 공학부 학사 졸업.
 2004년~현재 연세대학교 전기 전자공학부 석박통합 과정.
 <주관심분야 : 무선이동통신, 방송시스템, 다중안테나기술>