

논문 2013-50-1-4

PIC 그룹 복호화를 이용한 최적화된 Double-ABBA 유사 직교 시공간 부호

(An Optimized Double-ABBA Quasi-Orthogonal Space Time Code with
PIC Group Decoding)

모하마드 아부 하니프*, 이 문 호**, 박 주 용**

(Mohammad Abu Hanif, Moon Ho Lee, and Ju Yong Park)

요 약

본 논문에서는 그룹(group)을 2개의 심볼(symbol)로 나누는 시스템을 제안하는데, 이 두 개의 더해진 심볼들은 다중화에 의해 분리된 후 역다중화 기술을 이용해 다시 합해진다. 제안된 시스템에서 간단한 PIC(Partial Interference Cancellation) 그룹 복호화 기술은 Double-ABBA(D-ABBA) 유사 직교(Quasi-Orthogonal) 시공간 부호(Space Time Code)를 위해 사용된다. 이 부호는 고차 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 시공간 블록 부호화에서 복호화시에 복잡도를 줄여준다. 그리고 기존의 방법과 제안된 방법과의 성능을 비교한다.

Abstract

In this paper we propose a system where we divide the group with 2 symbols. The two added symbols are separated by multiplexing and later added using the DE-multiplexing technique. In our proposed system a simple Partial Interference Cancellation (PIC) group decoding scheme is used for Double-ABBA(D-ABBA) Quasi-Orthogonal Space Time Code, which reduces the decoding complexity for the higher order Multiple Input Multiple Output (MIMO) space time block coding. Finally we compare the proposed scheme performance using the different modulation schemes.

Keywords : D-ABBA, STBC, MIMO, QOSTC

I. 서 론

다이버시티(diversity) 기술에 기반을 둔 시공간 블록 부호화(Space-Time Block Coding:STBC)는 3GPP

LTE나 WiMax 등과 같은 미래 무선통신 표준에 널리 채택 되었다. 원래 [1]에서 Alamouti가 제안 했던 STBC 기술은 채널에 대한 정보가 없어도 전송 다이버시티를 달성한다. 비록 Alamouti의 STBC는 처음 두 개의 송신 안테나와 한 개의 수신안테나를 위해 설계 되었으나, Tarokh에 의해 일반화^[2] 된 후 네개의 송신 안테나를 위한 시스템으로 확장 되었다. 이 후 STBC 시스템을 다중유저(multi-user) 환경^[2-4]에 적용하려는 많은 연구가 진행 되었다. 높은 데이터 전송률을 달성 하기 위해 OSTBC(Orthogonal Space Time Block Code)가 많은 문헌에서 제안 되었다. 이 OSTBC는 송신 안테나를 다른 그룹과, [3]에서 제안된 독립된

* 학생회원, ** 평생회원, 전북대학교 전자공학부
(Division of Electronic Engineering, Chonbuk National University)

*** 평생회원, 신경대학교 인터넷정보통신학과
(Department of Internet Information and Communication, Shyngyeong University)

※ 본 연구는 한국연구재단의 세계 수준의 연구중심대학 (World Class University, WCU R32-2013-000-20014-0, BSRP 2010-0020942, 그리고 MEST 2012-002521)의 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2012년7월11일, 수정완료일: 2013년1월9일

OSTBC를 갖는 각 그룹의 부호화 정보 심볼로 분할하게 된다.

고속 무선 연결성과 네트워킹을 위한 플랫폼(platform)을 위해서는 신뢰할 만한 높은 데이터 전송률이 요구 된다. 따라서 송신 다이버시티는 송신단에서 한 개 이상의 안테나를 필요로 한다. 이를 위해 본 논문에서는 [5]에서 제안한 D-ABBA(Double-ABBA) 부호에 중점을 두어 서술한다. 이 부호는 사이즈가 2×2 인 4 Alamouti 부호를 공간 다중률이 2인 4 방사 안테나에 치환(permutation)하는 부호이다. 만약 D-ABBA 부호에 기존의 ML(Maximum likely-hood) 검파를 이용하게 되면, 많은 8×8 역행렬 계산이 필요하고 또 너무 과도한 복잡성 때문에 칩 실현이 불가능하게 된다. 따라서 [6]에서 제안한 PIC(Partial Interference Cancellation) 그룹 복호화로 된 이 방법을 이용하면 복호화시 복잡도를 현저히 낮출 수 있다. 기존에 많이 알려져 있는 Alamouti 시공간 부호는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$S = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{bmatrix}$$

따라서 D-ABBA 부호는 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$X = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_1 + e^{i\pi/4} S_3 & S_2 + e^{i\pi/4} S_4 \\ -e^{i\pi/4} S_4 + S_2 & -e^{i\pi/4} S_3 + S_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, $S_i, i=1, \dots, 4$ 는 Alamouti STBC이고 $e^{i\pi/4}$ 는 S_i 의 45도 회전을 나타낸다.

식 (1)로부터 X 를 다음과 같이 나타 낼 수 있다.

$$X = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\begin{array}{cc} \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix} + e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} x_3 & x_4 \\ -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} x_5 & x_6 \\ -x_6^* & x_5^* \end{bmatrix} + e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} x_7 & x_8 \\ -x_8^* & x_7^* \end{bmatrix} \\ -e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} x_7 & x_8 \\ -x_8^* & x_7^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_5 & x_6 \\ -x_6^* & x_5^* \end{bmatrix} & -e^{i\pi/4} \begin{bmatrix} x_3 & x_4 \\ -x_4^* & x_3^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix} \end{array} \right]$$

$$X = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} x_1 + e^{i\pi/4} x_3 & x_2 + e^{i\pi/4} x_4 & x_5 + e^{i\pi/4} x_7 & x_6 + e^{i\pi/4} x_8 \\ -x_2 - e^{-i\pi/4} x_4 & x_1 + e^{-i\pi/4} x_3 & -x_6 - e^{-i\pi/4} x_8 & x_5 + e^{-i\pi/4} x_7 \\ x_5 - e^{i\pi/4} x_7 & x_6 - e^{i\pi/4} x_8 & x_1 - e^{i\pi/4} x_3 & x_2 - e^{i\pi/4} x_4 \\ e^{-i\pi/4} x_8 - x_6 & x_5 - e^{-i\pi/4} x_7 & -x_2 + e^{-i\pi/4} x_4 & x_1 - e^{-i\pi/4} x_3 \end{bmatrix}$$

본 논문의 구성은 II장에서 제안 시스템의 배경에 대해 서술하고, III장에서는 제안한 시스템 모델을 제시한다. IV장에서 시뮬레이션 결과를 보이며 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 제안 시스템 배경

PIC 그룹 복호화의 배경과 기초에 대해 알아보면, 고차 안테나 다이버시티는 복호화 시 복잡도가 증가하기 때문에, PIC 그룹 복호화를 이용하면 복호화의 복잡도를 줄일 수 있으나 성능은 약간 떨어진다. 따라서 성능과 복잡도의 trade-off가 있다. 성능에 비해 복잡도의 감소가 더 많은 장점을 보인다. 그림 1에 복호화 모델을 보이고 있다. 본 장에서는 PIC그룹 복호화^[6]의 기초에 대해 서술한다. PIC를 위해서는 동등 채널행렬에 대한 투사행렬(projection matrix)이 필요하다. 수신 벡터

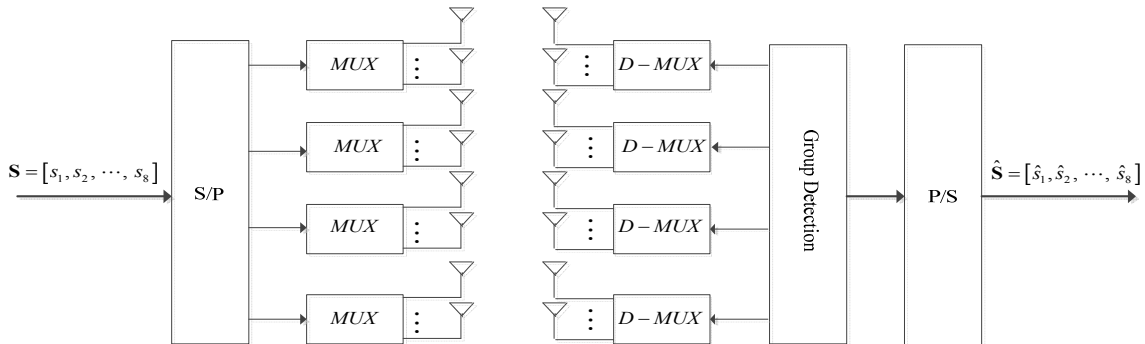


그림 1. 복호화 모델

Fig. 1. The Decoding Model.

는 다음과 같이 표시한다.

$$\mathbf{y} = \sqrt{\text{SNR}} \bar{\mathbf{H}}\mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (2)$$

여기서, $\bar{\mathbf{H}}$ 는 동등 채널 행렬이다.

동등 행렬 채널로부터 벡터를 다음과 같은 일반식 형태로 나타낼 수 있다.

$$\bar{\mathbf{H}}_{I_k} = \begin{bmatrix} c_{I_{k,1}} & c_{I_{k,2}} & \cdots & c_{I_{k,n-kk}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

이제 식(2)로부터 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\mathbf{y} = \sqrt{\frac{\rho}{8}} \sum_{i=1}^{N-1} \mathbf{H}_{I_k} \mathbf{s}_{I_k} + \mathbf{n}. \quad (4)$$

또한 \mathbf{Q}_{I_k} 로 정의된 투사행렬은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{Q}_{I_k} = \mathbf{C}_j \left((\mathbf{C}_j)^H \mathbf{C}_j \right)^{-1} (\mathbf{C}_j)^H \quad (5)$$

여기서, \mathbf{C}_j 는 동등 채널행렬 \mathbf{H} 의 열벡터이다. 해당 그룹의 투사행렬은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\mathbf{P}_{I_k} = \mathbf{I}_m - \mathbf{C}_j \left((\mathbf{C}_j)^H \mathbf{C}_j \right)^{-1} (\mathbf{C}_j)^H \quad (6)$$

여기서, \mathbf{P}_{I_k} 는 투사행렬이고, $\mathbf{P}_{I_k} \mathbf{c}_{I_i} = 0$ 이다.

2

III. 제안 시스템 모델

MIMO(Multiple Input Multiple Output) 무선 시스템에 대해 생각해보면, 예를 들어 4 명의 유저가 하나의 수신 안테나로 동시에 데이터를 전송하는 경우, 송신단은 다중 안테나를, 수신단은 단일 안테나를 갖는 경우로 볼 수 있다. 이때 채널은 플랫 페이딩(flat fading) 레일레이(Rayleigh) 분포를 갖는 것으로 가정한다. 그러면 수신 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{H}\mathbf{X} + \mathbf{w} \quad (7)$$

여기서, \mathbf{Y} 는 수신 신호 벡터이고, \mathbf{H} 는 채널행렬, \mathbf{w} 는 잡음 벡터이다.

수신벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{H}\mathbf{X} + \bar{\mathbf{w}}. \quad (8)$$

식(3)으로부터 수신신호는 다음과 같이 얻어진다.

$$y_1 = h_{11}x_1 + h_{11}e^{i\pi/4}x_3 + h_{12}x_2 + h_{12}e^{i\pi/4}x_4 + h_{13}x_5 + h_{13}e^{i\pi/4}x_7 + h_{14}x_6 + h_{14}e^{i\pi/4}x_8 + n_1 \quad (9)$$

$$y_2 = -h_{11}x_2^* - h_{11}e^{-i\pi/4}x_3^* + h_{12}x_1^* + h_{12}e^{-i\pi/4}x_3^* - h_{13}x_6^* - h_{13}e^{-i\pi/4}x_8^* + h_{14}x_5^* + h_{14}e^{-i\pi/4}x_7^* + n_2 \quad (10)$$

$$y_3 = h_{11}x_5 - h_{11}e^{i\pi/4}x_7 + h_{12}x_5 - h_{12}e^{i\pi/4}x_7 + h_{13}x_1 - h_{13}e^{i\pi/4}x_3 + h_{14}x_2 - h_{14}e^{i\pi/4}x_4 + n_3 \quad (11)$$

$$y_4 = h_{11}e^{-i\pi/4}x_8^* - h_{11}x_6^* + h_{12}x_5^* - h_{12}e^{-i\pi/4}x_7^* - h_{13}x_2^* + h_{13}e^{-i\pi/4}x_4^* + h_{14}x_1^* - h_{14}e^{-i\pi/4}x_3^* + n_4 \quad (12)$$

y_2 와 y_4 의 공액(conjugate)을 취하면 다음과 같은 채널행렬을 얻을 수 있다.

$$\mathbf{Y}_i^T = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & ah_{11} & ah_{12} & h_{13} & h_{14} & ah_{13} & ah_{13} \\ h_{12}^* & -h_{11}^* & ah_{12}^* & -ah_{11}^* & h_{14}^* & -h_{13}^* & ah_{14}^* & -ah_{13}^* \\ h_{13} & h_{14} & -ah_{13} & -ah_{14} & h_{11} & h_{12} & -ah_{11} & ah_{12} \\ h_{14}^* & -h_{13}^* & -ah_{14}^* & ah_{13}^* & h_{12}^* & -h_{11}^* & -ah_{12}^* & ah_{11}^* \end{bmatrix} \mathbf{X} + \bar{\mathbf{w}}$$

따라서 동등행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & ah_{11} & ah_{12} & h_{13} & h_{14} & ah_{13} & ah_{14} \\ h_{12}^* & -h_{11}^* & ah_{12}^* & -ah_{11}^* & h_{14}^* & -h_{13}^* & ah_{14}^* & -ah_{13}^* \\ h_{13} & h_{14} & -ah_{13} & -ah_{14} & h_{11} & h_{12} & -ah_{11} & -ah_{12} \\ h_{14}^* & -h_{13}^* & -ah_{14}^* & ah_{13}^* & h_{12}^* & -h_{11}^* & -ah_{12}^* & ah_{11}^* \end{bmatrix} \quad (13)$$

여기서, $a = e^{i\pi/4}$ 이고, 식(3)의 각항에 $\sqrt{2}\bar{\mathbf{H}}^H$ 을 곱하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\bar{\mathbf{R}} = \sqrt{2}\bar{\mathbf{H}}^H \mathbf{Y} = \bar{\mathbf{H}}^H \bar{\mathbf{H}}\mathbf{X} + \bar{\mathbf{w}} \quad (14)$$

따라서 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\bar{H}_R = \bar{H}^H \bar{H} = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & \gamma & 0 & \lambda & 0 & -\mu & \beta \\ 0 & \alpha & 0 & \gamma & 0 & \lambda & -\beta^* & \mu \\ \gamma & 0 & \alpha & 0 & -\mu & \beta & \lambda & 0 \\ 0 & \gamma & 0 & \alpha & -\beta^* & \mu & 0 & \lambda \\ \gamma & 0 & \mu & -\beta & \alpha & 0 & -\gamma & 0 \\ 0 & \lambda & \beta^* & -\mu & 0 & \alpha & 0 & -\gamma \\ \mu & -\beta & \lambda & 0 & -\gamma & 0 & \alpha & 0 \\ \beta^* & -\mu & 0 & \lambda & 0 & -\gamma & 0 & \alpha \end{bmatrix}$$

여기서,

$$\alpha = |h_{11}|^2 + |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 + |h_{14}|^2$$

$$\beta = 2(h_{11}^* h_{14} - h_{12} h_{13}^*)$$

$$\gamma = |h_{11}|^2 + |h_{12}|^2 - |h_{13}|^2 - |h_{14}|^2$$

$$\lambda = 2 \operatorname{Re}(h_{11}^* h_{13} + h_{12}^* h_{14})$$

$$\mu = 2 \operatorname{Im}(h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^*)$$

이다.

H의 의사역(pseudo-inverse) 계산은 매우 복잡하며, 고차 복잡한 행렬에 대해서는 더욱 복잡하다. 따라서 복호화 복잡도가 매우 증가하기 때문에, 아래에 서술할 D-ABBA STC에 대해 새로운 복호화 방법을 제안한다.

식(13)으로부터 동등 채널행렬의 첫 번째 그룹 열을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$g_0 = \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12}^* \\ h_{13} \\ h_{14} \end{bmatrix}, \quad g_1 = \begin{bmatrix} h_{12} \\ -h_{11}^* \\ h_{14} \\ -h_{13}^* \end{bmatrix}, \quad g_2 = \begin{bmatrix} ah_{11} \\ ah_{12}^* \\ -ah_{13} \\ -ah_{14}^* \end{bmatrix},$$

$$g_3 = \begin{bmatrix} ah_{12} \\ -ah_{11}^* \\ -ah_{14} \\ ah_{13}^* \end{bmatrix}, \quad g_4 = \begin{bmatrix} h_{13} \\ h_{14}^* \\ h_{11} \\ h_{12}^* \end{bmatrix}, \quad g_5 = \begin{bmatrix} h_{14} \\ -h_{13}^* \\ h_{12} \\ -h_{11}^* \end{bmatrix},$$

$$g_6 = \begin{bmatrix} ah_{13} \\ ah_{14}^* \\ -ah_{11} \\ -ah_{12}^* \end{bmatrix} \quad \text{그리고} \quad g_7 = \begin{bmatrix} ah_{14} \\ -ah_{13}^* \\ -ah_{12} \\ ah_{11}^* \end{bmatrix}.$$

그룹은 $\mathcal{I}_0 = \{0, 5\}$, $\mathcal{I}_1 = \{1, 4\}$, $\mathcal{I}_3 = \{2, 7\}$ 그리고 $\mathcal{I}_4 = \{3, 6\}$ 과 같은 방법으로 구성한다. 따라서 투사행렬은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$Q_0 = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{14} \\ h_{12}^* & -h_{13}^* \\ h_{13} & h_{12} \\ h_{14}^* & -h_{11}^* \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} h_{11}^* & h_{12} & h_{13}^* & h_{14} \\ h_{14}^* & -h_{13} & h_{12}^* & -h_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} & h_{14} \\ h_{12}^* & -h_{13}^* \\ h_{13} & h_{12} \\ h_{14}^* & -h_{11}^* \end{bmatrix} \right)^{-1}$$

$$P_0 = \frac{1}{|h_{11}|^2 + |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 + |h_{14}|^2} \begin{bmatrix} |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} & -h_{11} h_{13}^* - h_{12}^* h_{14} & 0 \\ h_{13}^* h_{14}^* - h_{11}^* h_{12}^* & |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 & 0 & h_{11} h_{13}^* - h_{12} h_{14}^* \\ -h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^* & 0 & |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} \\ 0 & -h_{12} h_{14}^* - h_{11}^* h_{13} & h_{11} h_{12}^* - h_{13}^* h_{14} & |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

두 번째 그룹의 투사행렬은 다음과 같다.

$$Q_1 = \begin{bmatrix} h_{12} & h_{13} \\ -h_{11}^* & h_{14}^* \\ h_{14} & h_{11} \\ -h_{13}^* & h_{12}^* \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} h_{12}^* & -h_{11} & h_{14}^* & -h_{13} \\ h_{13}^* & h_{14} & h_{11}^* & h_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{12} & h_{13} \\ -h_{11}^* & h_{14}^* \\ h_{14} & h_{11} \\ -h_{13}^* & h_{12}^* \end{bmatrix} \right)^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} h_{12}^* & -h_{11} & h_{14}^* & -h_{13} \\ h_{13}^* & h_{14} & h_{11}^* & h_{12} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$P_1 = \frac{1}{|h_{11}|^2 + |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 + |h_{14}|^2} \begin{bmatrix} |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} & -h_{11} h_{13}^* - h_{12}^* h_{14} & 0 \\ h_{11}^* h_{12}^* - h_{13}^* h_{14}^* & |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 & 0 & -h_{11} h_{13}^* - h_{12} h_{14}^* \\ -h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^* & 0 & |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} \\ 0 & -h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^* & h_{13}^* h_{14}^* - h_{11}^* h_{12}^* & |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 \end{bmatrix} \quad (18)$$

다른 그룹 $\mathcal{I}_3 = \{2, 7\}$ 과 $\mathcal{I}_4 = \{3, 6\}$ 에 대한 투사행렬은 각각 다음과 같다.

$$P_3 = \frac{1}{a^2 (|h_{11}|^2 + |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 + |h_{14}|^2)} \times a^2 \begin{bmatrix} |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} & -h_{11} h_{13}^* - h_{12}^* h_{14} & 0 \\ h_{11}^* h_{12}^* - h_{13}^* h_{14}^* & |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 & 0 & h_{11} h_{13}^* - h_{12} h_{14}^* \\ -h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^* & 0 & |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} \\ 0 & -h_{12} h_{14}^* - h_{11}^* h_{13} & h_{11} h_{12}^* - h_{13}^* h_{14} & |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$P_4 = \frac{1}{a^2 (|h_{11}|^2 + |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 + |h_{14}|^2)} \times a^2 \begin{bmatrix} |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} & -h_{11} h_{13}^* - h_{12}^* h_{14} & 0 \\ h_{11}^* h_{12}^* - h_{13}^* h_{14}^* & |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 & 0 & -h_{11} h_{13}^* - h_{12} h_{14}^* \\ -h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^* & 0 & |h_{11}|^2 + |h_{14}|^2 & h_{13} h_{14} - h_{11} h_{12} \\ 0 & -h_{11}^* h_{13} - h_{12} h_{14}^* & h_{13}^* h_{14}^* - h_{11}^* h_{12}^* & |h_{12}|^2 + |h_{13}|^2 \end{bmatrix} \quad (20)$$

따라서 최적 검파는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{x}_{l_0} = \arg \min \| P_{l_0} y_1 - \sqrt{\kappa} P_{l_0} g_{l_0} \bar{x}_{l_0} \| \quad (21)$$

여기서, κ 는 SNR을 나타내며, 식(21)과 유사한 방법으로 다른 최적의 심볼들도 구할 수 있다.

IV. 시뮬레이션 분석

본 장에서는 D-ABBA의 PIC그룹 복호화 성능을 보여주는 시뮬레이션 결과를 제시한다. 시뮬레이션을 위한 채널은 Rayleigh 페이딩 환경을 가정했다. 또 심볼에 대해 QAM과 QPSK변조 방법으로 변조와 복조를 수행하였다. 그림 2에서 다른 복호화 모델과 D-ABBA

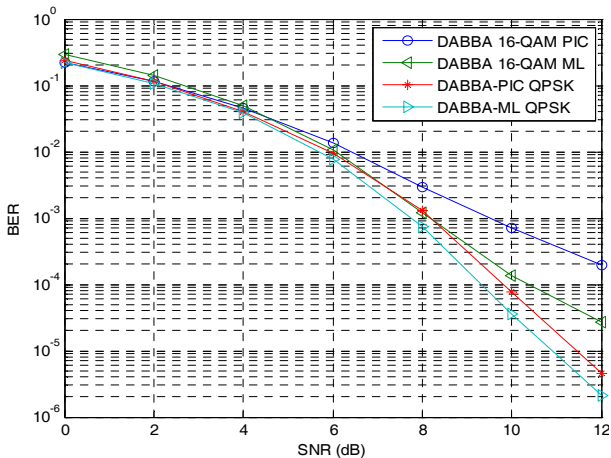


그림 2. 다른 복호화 모델과 D-ABBA의 BER비교
Fig. 2. BER Comparison of D-ABBA with different decoding Model.

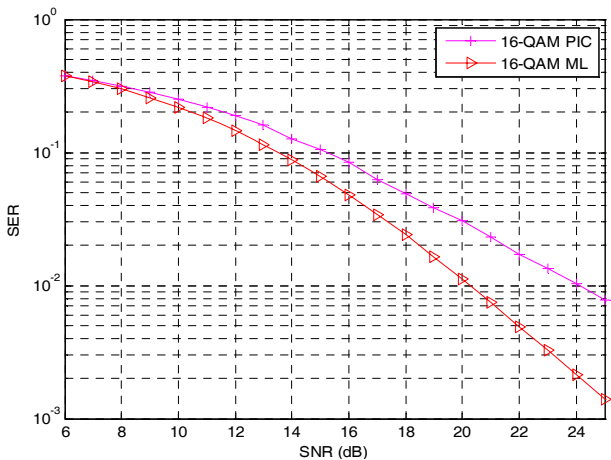


그림 3. ML과 PIC그룹 복호화 비교
Fig. 3. Comparison of ML and PIC group decoding.

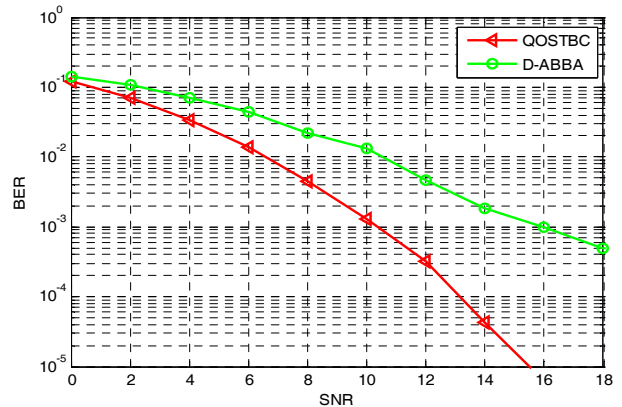


그림 4. D-ABBA QOSTBC의 SER 분석
Fig. 4. SER analysis of QOSTBC with D-ABBA.

와의 BER 성능을 비교하였다. 또 그림 3은 ML과 PIC 그룹 복호화를 비교하고 있다. 여기서 ML은 PIC그룹 복호화에 비해 보다 나은 BER성능을 보여주고 있으나, PIC는 고차 안테나 다이버시티에서 발생하는 복호화 복잡도를 더욱 줄일 수 있는 장점이 있다. 따라서 성능과 복잡도 사이에 trade-off가 존재한다. 그림 4는 D-ABBA QOSTBC의 SER(Symbol Error Rate)분석을 보여주고 있다. 또한 제안 시스템은 불럭 데이터를 수신단에 전송함으로써 전송 시간을 줄여 준다.

V. 결 론

본 논문에서는 D-ABBA QOSTBC 부호를 복호화 하는데 PIC 그룹 복호화를 이용하였다. 본 QOSTBC는 PIC그룹 복호화를 이용하여 복호화 하였기 때문에 full diversity를 달성하였다. 또한 원하는 부호율을 달성하고 복잡도를 줄이며 전송시간을 줄일 수 있는 불록단위의 전송기법을 제시 하였고, PIC 그룹 복호화가 고차 안테나의 복호화시에 복잡도를 줄일 수 있는 능력이 성능에 비해 우수함을 제시 하였다.

참 고 문 헌

[1] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 16, pp. 1451 - 1458, Oct. 1998.
[2] V Tarokh, H Jafarkhani, AR Calderbank, "Space-time block codes from orthogonal designs," *IEEE Trans Inf Theory*, vol. 45, 1456

- 1467 (1999).

[3] G Li, X. G Xia, and Y. Wu, "An Optimal Zero-Forcing PIC Group Decoding for Two-User Layered Alamouti Code," *IEEE Trans. on Communication*, Vol. 59, No. 12, December 2011.

[4] V. Tarokh, A. Naguib, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, "Combined array processing and space-time coding," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 45, no. 4, pp. 1121 - 1128, May 1999.

[5] E Jorswieck, B Ottersten, A Sezgin, A Paulraj, *Guaranteed performance region in fading orthogonal space-time coded broadcast channels*. ERASIP J Wireless Commun Networking, 2008.

[6] X. Guo and X. G. Xia, "On Full Diversity Space-Time Block Codes With Partial Interference Cancellation Group Decoding," *IEEE Trans on Information Theory*, vol. 55, no. 10, October 2009.

[7] L. Dai, S. Sfar, and K. B. Letaief, "An efficient detector for combined space-time coding and layered processing," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 53, no. 9, pp. 1438 - 1442, Sep. 2005.

— 저 자 소 개 —



모하마드 아부 하니프(학생회원)
2001년~2005년 Asian University of Bangladesh, Bangladesh (방글라데시아시안 대학)
2010년 2월 전북대학교 전자공학부 석사과정 졸업

2010년 3월 전북대학교 전자공학부 박사과정 재학
<주관심분야 : 무선이동통신, 이동통신 TH Precoding 설계>



박 주 용(정회원)
1982년 전북대학교 전자공학과 학사
1994년 전북대학교 전자공학과 박사 졸업.
1991년 3월~2006년 2월 서남대학교 전자공학부 교수

2007년 3월~현재 신경대학교 인터넷정보통신학과 부교수
<주관심분야 : 무선이동통신>



이 문 호(평생회원)-교신저자
1984년 전남대학교 전기공학과 박사, 통신기술사
1985년~1986년 미국 미네소타 대학 전기과 포스트닥터
1990년 일본동경대학 정보통신 공학과박사

1970년~1980년 남양MBC 송신소장
1980년 10월~2010년 2월 전북대학교 전자공학부 교수
2010년 2월~현재 WCU-2 연구책임교수
<주관심분야 : 무선이동통신>