
주파수 오프셋 환경에서의 역선회 원편파를 이용한 XCP-OFDM 시스템의 성능 개선

김병옥*

Performance improvement of XCP-OFDM system using cross-handed circular polarization in frequency offset environments

Byung-Ok Kim*

요 약

직교주파수분할다중화방식(OFDM)은 부채널간의 직교성을 이용하여 주파수 스펙트럼을 중첩시킴으로써 스펙트럼 효율을 이상적으로 증가시킨 고속의 병렬 변조방식이다. 그러나 OFDM은 부채널 간의 스펙트럼이 크게 중첩됨으로 인하여 안정된 채널 환경을 요구하기 때문에 주파수 오프셋이 발생할 경우에는 부채널간의 직교성이 상실되어 시스템의 큰 성능 저하가 발생한다. 이러한 주파수 오프셋에 따른 성능 저하를 극복하기 위하여 역선회 원편파를 이용한 새로운 XCP-OFDM 시스템을 제안하였다. 제안된 XCP-OFDM 시스템은 부채널을 우선회 원편파 채널과 좌선회 원편파 채널로 분리하여 부채널간의 중첩을 제거하는 특성을 가지고 있다. 이러한 XCP-OFDM 시스템의 특성을 이용하여 주파수 오프셋에 따른 채널간 간섭을 줄이고 직교성을 강화시켜 시스템의 성능을 개선할 수 있음을 보였다

ABSTRACT

An OFDM system using cross-handed circular polarization(XCP-OFDM) is newly proposed in this paper. The proposed XCP-OFDM system divides the subchannels into a right-handed circular polarization(RHCP) channel and a left-handed circular polarization(LHCP) channel that alternate each other. Therefore, the overlaps between subcarriers in XCP-OFDM system can be reduced to a great extent compared to the conventional OFDM system. By this reason, it can improve the orthogonality and reduce the inter-channel interference due to frequency offset. In this paper, it can be seen that the proposed XCP-OFDM system shows robust against frequency offset.

키워드

XCP-OFDM, OFDM, 역선회 원편파, 직교성

1. 서론

OFDM 시스템은 많은 부반송파를 사용하여

데이터를 동시에 병렬 형태로 변조하는데 여기에 부반송파의 직교성을 이용한다. 스펙트럼 효

* 한국해양수산연수원 부교수

접수일자 : 2003. 5. 12

율을 높이기 위하여 많은 수의 부반송파가 서로 크게 중첩이 되어 있으나 상호 직교성을 가지고 있기 때문에 데이터를 샘플링 하는 위치에서는 상호간 간섭을 일으키지 않도록 구성되어 있다. 채널의 시변 요인의 주된 파라미터인 주파수 오프셋의 영향은 부채널간의 직교성을 손상시켜 시스템의 성능을 저하시키는 주요 요인으로 알려져 있다[1]. 특히 주파수 오프셋은 OFDM 시스템의 성능에 심각한 영향을 주게 되는데 이는 주파수 오프셋이 수신단에서 모든 부반송파의 주파수를 천이시켜 각 부채널의 직교성을 상실시키고 부채널간의 간섭을 야기하기 때문이다[2]. 다중 반송파를 사용하는 OFDM 방식에서는 심볼의 검출이 각 부채널별로 이루어지는데, 주파수 오프셋이 발생할 경우 각 부반송파의 주파수간의 직교성이 유지되지 않아 인접 부채널간의 간섭 현상이 일어난다. 특히 OFDM의 부채널 수가 증가할수록 각 부반송파들이 정해진 대역 안에 조밀하게 분포하여 작은 주파수 오프셋 값에도 인접 부채널간의 간섭이 심하게 발생하게 된다. 그러므로 주파수 오프셋에 대한 영향은 OFDM 방식이 단일 반송파 전송 시스템에 비하여 매우 민감한 것으로 알려져 있다[3].

본 논문에서는 상호 역선회하는 원편파를 사용하여 다중경로 간섭 영향을 줄이고 부반송파 스펙트럼의 중첩성을 제거함으로써 부반송파의 직교성을 크게 향상시켜 주파수 오프셋으로 인한 시스템의 성능 저하를 개선할 수 있는 XCP-OFDM 시스템(Orthogonal Frequency Division Multiplexing System using Cross-handed Circular Polarization)을 제안하였다.

II. XCP-OFDM 시스템의 구성

XCP-OFDM 시스템은 부반송파 채널을 우선회 원편파(RHCP) 채널과 좌선회 원편파(LHCP) 채널로 전송 채널을 분리하여 상호 역선회하는 원편파에 의하여 전송하는 시스템으로서 시스템의 구성 방식과 부반송파의 스펙트럼은 각각 그림 1 및 그림 2와 같다.

그림 1에서 직렬로 입력되는 데이터열은 우선 부호화를 행한 후 신호 매핑을 거치고 부반송파 변조를 하기 위하여 부채널 수의 크기를 가지는 직병렬 변환기에 의해 병렬로 변환된다. 병렬로 변환된 신호의 출력에서 기수 번째 신호는 좌선회 원편파 채널로, 우수 번째 신호는 우선회 원편파 채널로 분리되어 부반송파 변조기의 각각 해당하는 부채널에 입력된다. 이렇게 분리 입력된 신호는 IFFT에 의하여 부반송파 변조를 하고 각각의 전송 심볼을 형성한다. 이렇게 형성된 심볼의 앞에 보호구간을 삽입하여 각각의 신호 프레임 만들고 이 프레임을 다시 직렬로 변환한 다음 부반송파로 변조하여 RHCP 채널과 LHCP 채널을 통해 전송한다. 이 경우 기저대역에서의 스펙트럼은 그림 2와 같이 되며 수신은 송신과정의 역과정을 거쳐 원래의 데이터를 복원하게 된다.

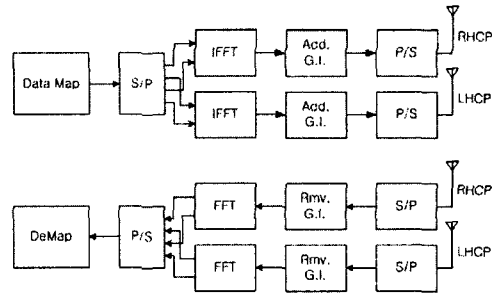


그림 1. XCP-OFDM 시스템 구성 방식
Fig. 1 Structure of XCP-OFDM system.

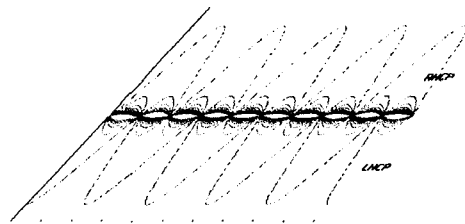


그림 2. XCP-OFDM 부반송파 스펙트럼
Fig. 2 Spectra of XCP-OFDM subcarriers.

XCP-OFDM 시스템에서 우선회 원편파 채널과 좌선회 원편파 채널의 송신 신호를 각각 $s_R(t)$, $s_L(t)$ 라고 하면, 각 신호의 기저대역에서

의 표현식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$s_R(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=0}^{(N-1)/2} \frac{C}{T_s} d_{n,(2k)} e^{j2\pi f_{(2k)} t} \times p(t-nT_s) \quad (1)$$

$$s_L(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=0}^{(N-1)/2} \frac{C}{T_s} d_{n,(2k+1)} e^{j2\pi f_{(2k+1)} t} \times p(t-nT_s) \quad (2)$$

따라서 수신된 신호 $r_R(t)$ 와 $r_L(t)$ 는 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_R(t) = h_{11}s_R(t) + \Gamma_c h_{21}s_L(t) + N_R(t) \quad (3)$$

$$r_L(t) = h_{22}s_L(t) + \Gamma_c h_{12}s_R(t) + N_L(t) \quad (4)$$

위의 식에서 h_{ij} 는 i -채널로 전송하여 j -채널로 수신될 경우의 전달함수를 의미하고, $N_R(t)$ 와 $N_L(t)$ 는 각 채널의 AWGN을 의미한다. 또한 Γ_c 는 원편파에 대한 교차편파 식별도(XPD: Cross Polarization Discrimination)의 역함수를 나타내며 다음 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Gamma_c = 20 \log_{10} \left| \frac{E_{RL}}{E_{RR}} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{E_{LR}}{E_{LL}} \right| \quad (5)$$

여기에서 E_{RL} 은 우선회원편파로 송신하여 좌선회 원편파로 수신한 전계강도를 나타내며, E_{RR} 은 우선회 원편파로 송신하여 우선회 원편파로 수신하는 경우를 나타낸다. E_{LR} 과 E_{LL} 의 경우에도 같은 형태의 의미를 가지고 있다. 따라서 n 번째 신호구간에서의 우선회 원편파와 좌선회 원편파의 수신 신호는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} r_R(t) &= \frac{C}{T_s} d_{n,(2k)} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} h_{11}(t) dt \\ &+ \sum_{k=0, k \neq i}^{(N-1)/2} \frac{C}{T_s} d_{n,(2k)} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} h_{11}(t) \\ &\quad \times e^{-j2\pi(2i-2k)t/T_s} dt \\ &+ \Gamma_c \sum_{k=0}^{(N-1)/2} \frac{C}{T_s} d_{n,(2k+1)} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} h_{21}(t) \\ &\quad \times e^{-j2\pi(2i-2k-1)t/T_s} dt \\ &+ N_{n,(2k)} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} r_L(t) &= \frac{C}{T_s} d_{n,(2k+1)} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} h_{22}(t) dt \\ &+ \sum_{k=0, k \neq i}^{(N-1)/2} \frac{C}{T_s} d_{n,(2k+1)} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} h_{22}(t) \\ &\quad \times e^{-j2\pi(2i-2k)t/T_s} dt \\ &+ \Gamma_c \sum_{i=0}^{(N-1)/2} \frac{C}{T_s} d_{n,(2k)} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} h_{12}(t) \\ &\quad \times e^{-j2\pi(2i+1-2k)t/T_s} dt \\ &+ N_{n,(2k+1)} \end{aligned} \quad (7)$$

위의 두 식에서 첫 번째 항은 해당 채널의 원하는 신호 성분을 나타내고 제 2항은 동일한 채널인 정선회 원편파의 인접채널 간섭성분을 나타낸다. 그리고 제 3항은 역선회 원편파의 인접채널 간섭 성분을 나타내며, 제 4항은 각 편파에 대한 AWGN을 나타낸다.

III. 주파수 오프셋에 따른 XCP-OFDM 시스템의 성능

송신단에서 k 번째 채널을 통해 전송할 데이터의 심볼을 d_k 라고 할 때 기저대역에서의 부반송파 변조된 신호 $s(m)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$s(m) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} d_k e^{j2\pi km/N} \quad (8)$$

따라서 전송 채널에서 주파수 오프셋이 발생할 경우의 수신 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_e(k) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} d_k h_k e^{j2\pi(k+\Delta k)m/N} + n_k \quad (9)$$

여기에서 h_k 는 k 번째 부채널의 전달 함수이고 n_k 는 채널의 복소 부가잡음을 나타내며, Δk 는 채널의 주파수 오프셋을 부채널 간격으로 정규화한 값으로서 주파수 오프셋을 f_e , 부채널의 주파수 간격을 Δf 라고 할 때 다음 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta k = \frac{f_e}{\Delta f} = f_e \cdot \frac{T_s}{N} \quad (10)$$

따라서 수신단에서 보호구간을 제거한 후 부반송파 복조를 하여 얻어낸 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} R(m) &= \sum_{m=0}^{N-1} r_e(k) e^{-j2\pi lm/N} \\ &= \sum_{m=0}^{N-1} \left\{ \left[\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} d_k h_k e^{j2\pi(k+\Delta k)m/N} \right] + n_k \right\} \\ &\quad \times e^{-j2\pi lm/N} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} d_k h_k e^{j2\pi(k+\Delta k-l)m/N} + \sum_{m=0}^{N-1} n_k \\ &\quad \times e^{-j2\pi lm/N} \end{aligned} \quad (11)$$

수신 신호 중에서 잡음을 제외한 데이터 신호 성분 $R_s(m)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} R_s(m) &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} d_k h_k \sum_{m=0}^{N-1} e^{j2\pi(k+\Delta k-l)m/N} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} d_k h_k \frac{e^{j2\pi(k+\Delta k-l)} - 1}{e^{j2\pi(k+\Delta k-l)/N} - 1} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} d_k h_k e^{j\pi(k+\Delta k-l) \frac{N-1}{N}} \\ &\quad \times \frac{\sin\{\pi(k+\Delta k-l)\}}{\sin\{\pi(k+\Delta k-l)/N\}} \end{aligned} \quad (12)$$

이 식으로부터 원하는 신호는 $l = k$ 일 때 얻을 수 있으며, 또한 채널간 간섭에 의한 성분은

$l \neq k$ 일 때 얻을 수 있다. 따라서 원하는 신호 성분을 $R_{so}(m)$ 이라 하고, 채널간 간섭에 의한 간섭 성분을 $R_{s_i}(m)$ 이라고 할 때 각각의 성분들은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{so}(m) = \frac{1}{N} d_l h_l e^{j\pi \Delta k \frac{N-1}{N}} \frac{\sin \pi \Delta k}{\sin \frac{\pi \Delta k}{N}} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} R_{s_i}(m) &= \frac{1}{N} \sum_{\substack{k=0 \\ k \neq l}}^{N-1} d_k h_k e^{j\pi(k+\Delta k-l) \frac{N-1}{N}} \\ &\quad \times \frac{\sin\{\pi(k+\Delta k-l)\}}{\sin\{\pi(k+\Delta k-l)/N\}} \end{aligned} \quad (14)$$

식 (13)에서 주파수 오프셋이 발생할 경우 원하는 신호 성분은 $A(\Delta k) = \frac{\sin(\pi \Delta k)}{\sin(\pi \Delta k/N)}$ 에 의해 진

폭 왜곡이 발생하고, $\Psi(\Delta k) = e^{j\pi \Delta k \frac{N-1}{N}}$ 에 의해 위상 왜곡이 발생하는 것을 알 수 있다. 즉, 주파수 오프셋에 의한 영향은 단일 반송파 시스템과 달리 진폭 왜곡 외에 부반송파의 위상왜곡이 동시에 발생함으로써 부반송파의 직교성을 상실 시켜 채널간 간섭을 야기함을 알 수 있다.

수신단에서 복조된 신호 성분 $R_s(m)$ 의 분산은 식 (12)로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma_s^2 &= \sum_{k=0}^{N-1} \left| \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} d_k h_k \right. \\ &\quad \left. \times e^{j2\pi(k+\Delta k-l)m/N} \right|^2 \\ &= \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} |d_k|^2 |h_k|^2 \\ &\quad \times \left| \sum_{m=0}^{N-1} e^{j2\pi(k+\Delta k-l)m/N} \right|^2 \\ &= \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{m=-(N-1)}^{N-1} (N - |m|) \\ &\quad \times e^{j2\pi(k+\Delta k-l)m/N} \\ &= \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{m=-(N-1)}^{N-1} (N - |m|) \\ &\quad \times e^{j2\pi(k+\Delta k)m/N} e^{-j2\pi lm/N} \\ &= \frac{1}{N^2} \left[N^2 + \sum_{m=1}^{N-1} 2(N-m) \right. \\ &\quad \left. \times \cos\left(\frac{2\pi m(k+\Delta k)}{N}\right) \sum_{m=0}^{N-1} e^{-j2\pi lm/N} \right] \end{aligned} \quad (15)$$

식 (15)의 두 번째 항의 $e^{-j2\pi lm/N}$ 은 cosine 함수와 sine 함수의 합으로 표현할 수 있으며 각 함수의 m 주기를 N 등분하여 합한 형태가 되므로 다음의 식 (16)을 만족하게 된다.

$$\begin{aligned} & \sum_{m=0}^{N-1} e^{-j2\pi lm/N} \\ &= \sum_{m=0}^{N-1} \left[\cos\left(\frac{2\pi lm}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi lm}{N}\right) \right] \quad (16) \\ &= \begin{cases} N, & (\text{for } m=0) \\ 0, & (\text{for } m \neq 0) \end{cases} \end{aligned}$$

따라서 식 (15)와 식 (16)으로부터 복조된 신호 성분의 분산 σ_s^2 은 1이 됨을 알 수 있다.

또한 복조된 전체 신호 중에서 원하는 신호 성분의 분산 σ_{so}^2 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \sigma_{so}^2 \\ &= \left| \frac{1}{N} d_l h_l e^{\frac{j\pi(N-1)\Delta k}{N}} \frac{\sin(\pi\Delta k)}{\sin\left(\frac{\pi\Delta k}{N}\right)} \right|^2 \quad (17) \\ &= \frac{1}{N^2} \left[\frac{\sin(\pi\Delta k)}{\sin\left(\frac{\pi\Delta k}{N}\right)} \right]^2 \end{aligned}$$

여기에서 $\Delta k \ll N$ 이므로

$\sin\left(\frac{\pi\Delta k}{N}\right) \approx \frac{\pi\Delta k}{N}$ 으로 근사 시킬 수 있다. 따라

서 σ_{so}^2 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma_{so}^2 &= \frac{1}{N^2} \left[\frac{\sin(\pi\Delta k)}{\left(\frac{\pi\Delta k}{N}\right)} \right]^2 \quad (18) \\ &= \left[\frac{\sin(\pi\Delta k)}{(\pi\Delta k)} \right]^2 \end{aligned}$$

식 (15)와 식 (18)로부터 XCP-OFDM 시스템에서의 채널간 간섭에 의한 간섭 성분의 분산 $\sigma_{s_i}^2$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma_{s_i}^2 &= \frac{1}{2} (1 + \Gamma_c) (\sigma_s^2 - \sigma_{so}^2) \quad (19) \\ &= \frac{1}{2} (1 + \Gamma_c) \left\{ 1 - \left[\frac{\sin(\pi\Delta k)}{(\pi\Delta k)} \right]^2 \right\} \end{aligned}$$

따라서 매핑 방식으로 QPSK를 사용하는 OFDM 시스템의 BER은 비트 당 평균 SNR을 $\bar{\gamma}_b$ 라고 할 때 다음의 식 (20)을 이용하여 구할 수 있다.

$$P_e = \text{erfc}\left(\sqrt{\frac{\bar{\gamma}_b}{2}} \sin \frac{\pi}{4\sqrt{2}}\right) \quad (20)$$

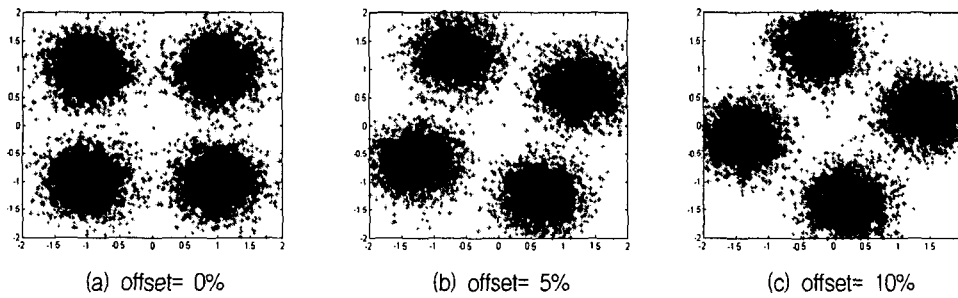


그림 3. 주파수 오프셋에 따른 위상천이
Fig. 3 Phase distortion due to frequency offset.

IV. 시스템 성능 분석

제안된 XCP-OFDM 시스템의 성능을 검증하기 위한 환경으로는 현재 OFDM 방식을 표준으로 하고 있는 고속 무선 LAN 방식인 IEEE 802.11a 파라미터를 기준으로 적용하였다. IEEE 802.11a 고속 무선 LAN의 표준에서는 3.2 μ s의 주기를 가지는 64-point IFFT를 사용하고 있으며 샘플링 주기는 50ns이고 16개의 샘플에 해당하는 0.8 μ s의 보호구간을 사용하고 있다. OFDM 총 심볼의 주기는 4 μ s이고 OFDM의 전송대역폭은 20MHz이며 주반송파의 주파수는 5GHz대를 사용하고 있다[4]. 본 논문에서도 이와 동일한 환경을 적용하였으며 매핑 방법은 QPSK를 적용하여 모의 실험을 수행하였다. 또한 기존의 OFDM 방식과 새로 제안한 XCP-OFDM 방식을 동일한 조건에서 서로 비교하였으며 교차편파 식별도는 5~20[dB]를 순차 적용하였다.

그림 3은 주파수 오프셋에 따른 OFDM 시스템 신호 위상의 천이 정도를 나타내는 것이다. OFDM 시스템에서의 주파수 오프셋은 전력의 변화뿐만 아니라 오프셋의 정도에 따라 신호의 위상도 천이 시킴으로서 일반적인 시스템보다 주파수 오프셋에 대한 영향이 크게 나타남을 알 수 있다.

그림 4는 주파수 오프셋에 따른 신호와 채널 간 간섭 성분의 전력을 기존의 OFDM 시스템과 제안한 XCP-OFDM 시스템에 대하여 비교한 그림이다. 주파수 오프셋이 증가할수록 원하는 순수 신호의 전력 성분은 감소하고 채널 간 간섭에 의한 간섭 성분의 전력은 주파수 오프셋에 따라 증가함을 알 수 있다. 그러나 XCP-OFDM 방식에서는 기존의 OFDM 방식보다 채널 간 간섭에 의한 간섭 성분의 전력이 작게 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 부반송파의 스펙트럼이 중첩되어 있지 않기 때문에 주파수 오프셋이 발생하더라도 기존의 스펙트럼이 중첩되어 있는 OFDM 방식보다 채널 간 간섭 성분이 작게 발생하기 때문이다.

그림 5부터 그림 8까지는 기존의 OFDM 시스템과 XCP-OFDM 시스템에 있어서 주파수 오프

셋에 따른 심볼 오율 성능을 비교한 그림이다. 주파수 오프셋의 정도 표현은 주파수 오프셋을 부채널 간격으로 나누어 정규화된 값으로 표현하였다. 교차편파 식별도가 10[dB]일 경우 주파수 오프셋이 5%인 경우에는 10⁻⁶의 SER을 기준하여 약 1[dB] 정도의 이득이 발생하며 주파수 오프셋이 7.5%인 경우에는 약 4[dB] 이상 이득이 발생함을 알 수 있다. 주파수 오프셋의 정도가 커질수록 XCP-OFDM 시스템의 성능이 기존의 OFDM 시스템 성능보다 크게 개선됨을 알 수 있다. 또한 XPD 값에 따라 성능의 개선 정도가 다르게 나타나며, 주파수 오프셋이 10% 이하로 비교적 작을 경우에는 XPD가 10[dB]이상이면 거의 동일한 성능 개선 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그러나 주파수 오프셋이 10% 이상 커질 경우에는 XPD가 커질수록 시스템의 성능이 근소한 추가 개선이 나타남을 알 수 있다.

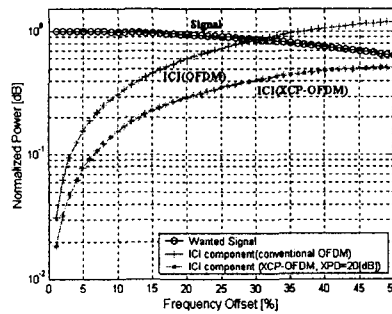


그림 4. 채널간 간섭 성분의 전력
Fig. 4 Power of interchannel interference.

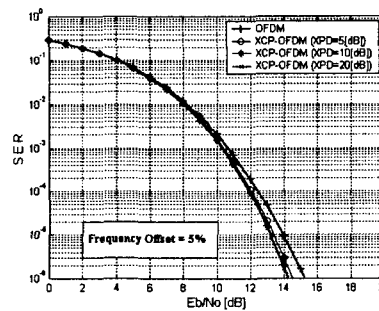


그림 5. 주파수 오프셋이 5%인 경우의 SER
Fig. 5 SER Performance when frequency offset is 5%.

V. 결론

본 논문에서는 OFDM 시스템의 단점인 주파수 오프셋에 의한 성능 저하를 줄이기 위하여 상호 역선회하는 원편파를 이용한 새로운 XCP-OFDM 시스템을 제안하였다. XCP-OFDM 시스템은 부반송파간의 직교성을 강화하기 위하여 전송 채널을 우선회 원편파 채널과 좌선회 원편파 채널로 분리함으로써 부반송파간의 스펙트럼 중첩을 제거하여 주파수 오프셋에 의한 성능을 개선하였다.

이러한 XCP-OFDM 시스템의 성능을 확인하기 위하여 이론적인 해석과 더불어 IEEE 802.11a 표준을 기준으로 하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 결과를 분석하였다. XCP OFDM 시스템의 경우 주파수 오프셋이 5% 이하로 비교적 작은 경우에는 10^{-6} 의 SER에서 약 1[dB] 정도의 이득을 얻을 수 있지만 주파수 오프셋이 7.5%일 경우에는 이득이 약 4[dB] 정도로 커지며, 주파수 오프셋이 10%일 경우에는 10^{-4} 의 SER에서 6[dB] 이상 이득을 얻을 수 있음을 확인하였다. 이러한 성능은 교차편파 식별도가 10[dB] 정도만 되어도 만족할 만한 성능 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있었으며 주파수 오프셋이 커질수록 성능 이득은 더 크게 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

향후 이러한 XCP-OFDM 시스템을 발전시키기 위하여서는 교차편파 식별도를 보다 안정되게 유지할 수 있는 방법에 대하여 계속 연구할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] David T. Harvatin and Rodger E. Ziemer, "Orthogonal Frequency Division Multiplexing Performance in Delayed and Doppler Spread Channels," Proc. of IEEE VTC'97, Vol.3, No.2, pp. 1644-1648, May, 1997.
- [2] T. Pollet, M. V. Bladel, and M. Moeneclaey, "BER sensitivity of OFDM systems to carrier frequency offset and Wiener

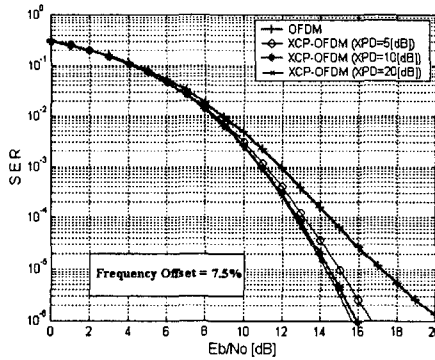


그림 6. 주파수 오프셋이 7.5%인 경우의 SER
Fig. 6 SER Performance when frequency offset is 7.5%.

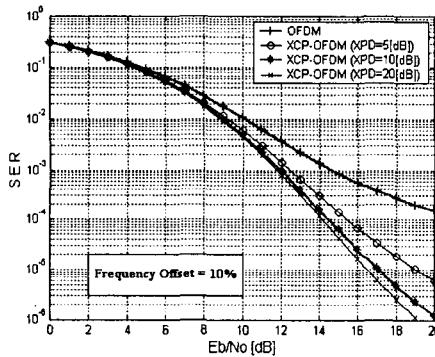


그림 7. 주파수 오프셋이 10%인 경우의 SER
Fig. 7 SER Performance when frequency offset is 10%.

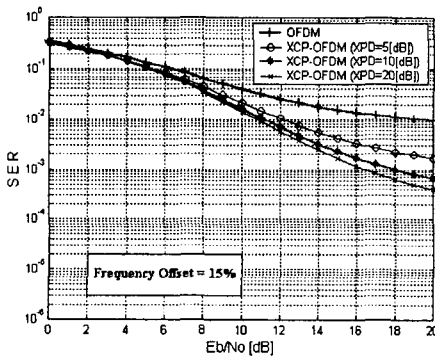


그림 8. 주파수 오프셋이 15%인 경우의 SER
Fig. 8 SER Performance when frequency offset is 15%.

- phase noise," IEEE Trans. on Commun., Vol. 43, No. 2/3/4, pp. 191-193, Feb./Mar./Apr. 1995.
- [3] P. H. Moose, "A technique for orthogonal frequency division multiplexing frequency offset correction," IEEE Trans. on Commun., Vol. 42, No. 10, pp. 2908-2914, Oct. 1994.
- [4] IEEE Std802.11a-1999, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-speed Physical Layer in the 5Ghz Band," IEEE-SA Standard Board, pp. 3-45, Sep. 1999

저자 소개



김병옥(Byung-Ok Kim)

1983년 한국항공대학교 항공통신
공학과(공학사)

1997년 부경대학교 전자공학과 (공
학석사)

2002년 부경대학교 전자공학과 (공학박사)

E-mail: kimbo@seaman.or.kr

Tel: +82-51-620-5770

※ 관심분야 : OFDM, 해상통신시스템