

FIR 필터 및 교차편파 분리도 기반 개선된 교차편파 간섭제거 기법

김 병 재*

An Enhanced Cross-polarization Interference Cancellation Method Based on FIR Filter and Cross-polarization Discrimination

Byeongjae Kim*

요 약

본 논문에서는 다중경로 채널 환경의 이중편파를 사용하는 시스템에서 발생하는 교차편파 간섭을 제거하기 위해 수신신호 및 ISI를 모사하는 FIR 필터를 적용한 신호를 교차편파 분리도에 따라 합성하여 간섭제거에 활용하는 개선된 교차편파 간섭제거 기법을 제안한다. 시뮬레이션을 통해 BER 성능을 확인한 결과 제안하는 기법이 기존 기법 대비 BER 성능이 약 0.1~ 0.2 dB 개선됨을 확인할 수 있다.

Key Words : XPI, XPD, XPIC

ABSTRACT

This paper proposes an enhanced cross-polarization interference cancellation method for using dual-polarization in multipath channel. The proposed method involves synthesizing received signals and ISI (Inter-Symbol Interference) modeled through an FIR filter based on XPD for effective interference cancellation. Simulation results demonstrate that the proposed method shows approximately 0.1~ 0.2 dB improvement in BER performance compared to conventional method

I. 서 론

최근 다양한 분야에서 무선통신이 사용되고 있고, 요구되는 데이터 용량이 커짐에 따라 전송효율을 높이는 기술들이 연구되고 있다. 이러한 전송효율을 높이는 방법 중 이중 편파를 활용하는 방법은 동일대역에서 각 편파에 다른 데이터를 전송함으로써 전송효율을 높이는 기법이다^[1]. 하지만 이때 두 편파 간 간섭이 발생하게 되고 이를 교차편파 간섭(Cross-Polarization Interference, XPI)이라 부른다. 이러한 교차편파 간섭은 시스템 종단 성능에 영향을 주어 성능 열화를 발생시키지만, 교차편파 간섭 제거(Cross-Polarization Interference Cancellation, XPIC)를 통해 보상을 할 수 있다. 하지만 기존 XPIC의 경우 교차편파 분리도(Cross-Polarization Discrimination, XPD)가 낮은 경우 큰 간섭신호로 인해 성능 열화가 발생한다.

다중경로 채널 환경의 이중 편파를 사용하는 시스템에서 이러한 문제를 해결하여 간섭제거 성능을 높일 수 있도록 본 논문에서는 채널 추정을 통해 채널을 모사하는 FIR 필터와 교차편파 분리도 기반의 개선된 교차편파 간섭제거 기법을 제안하고 시뮬레이션에 적용하여 BER 성능 개선을 확인한다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 다중경로 채널 환경의 이중 편파 전송 시스템에서 발생하는 교차편파 간섭을 포함한 신호에 대하여 등화기와 다중경로 채널을 추정, 모사하는 FIR 필터를 활용하여 추정 신호 생성하고 XPD 기반으로 신호레벨을 정의하여 수신신호와 생성신호를 합성하여 교차편파 간섭제거를 수행하는 기법을 제안한다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 교차편파 간섭제거 기법을 나타내고 있다. 송신하는 두 이중 편파 신호를 LHCP(좌회전 원편파) RHCP(우회전 원편파)라 할 때, LHCP와 RHCP는 교차편파 간섭을 포함하는 신호로 다중경로 채널 환경으로 인한 ISI 및 AWGN을 고려한 수신 신호이다^[2]. 이때 일반적인 교차편파 간섭제거 기법을 적용하는 경우 LHCP 신호에 대해 간섭제거를 한다고 할 때, RHCP 신호를 교차편파 분리도 기반으로 신호레벨을 낮추어 간섭제거를 수행하게 된다. 하지만 이러한 기존 방법의 경우 RHCP에 포함된 AWGN 또한 함께 간섭제거에 포함되기 때문에 ISI를 포함한 온

* First and Corresponding Author : (0009-0009-8796-4681) Agency for Defense Development, bj6811@add.re.kr, 정희원
논문번호 : 202408-175-B-LU, Received August 14, 2024; Revised September 10, 2024; Accepted September 10, 2024

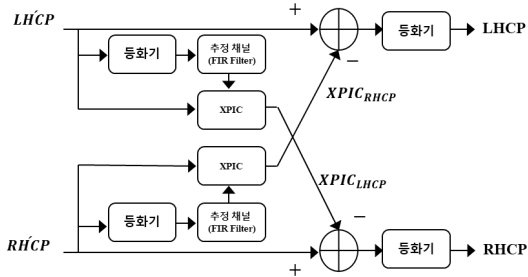


그림 1. 제안하는 교차편파 간섭제거 기법
Fig. 1. Proposed XPIC Method

전한 교차편파 간섭신호만이 제거된다고 보기 어렵다^[4]. 이를 보완하기 위한 그림 1과 같은 교차편파 간섭제거 기법을 제안한다. 예를 들어 LHCP의 교차편파 간섭제거를 수행하는 과정은 수신신호 RHCP를 1차적으로 등화하여 채널 추정 기반으로 채널을 모사하는 FIR 필터에 통과시켜 교차편파 간섭을 제외한 다중경로 채널 환경으로 인한 심볼간 간섭만을 포함하는 간섭 신호 RHCP_{FIR}를 모사하고, XPD에 따라 아래 수식 (1)과 같이 합성하여 간섭제거 신호 XPIC_{RHCP}를 생성한다.

$$XPIC_{RHCP} = RHCP * XPD^{-1} + RHCP_{FIR} * (1 - XPD^{-1}) \quad (1)$$

이때 제안하는 기법과 달리 XPD 기반으로 신호를 합성하지 않고 RHCP_{FIR} 신호만 이용하여 간섭제거를 수행할 수 있다. 하지만 이러한 방법의 경우 XPD가 낮을 때 오히려 제거를 위한 신호가 간섭신호로 작용할 수 있다. 따라서 이를 보완하기 위해 XPD가 변화하더라도 성능 이득을 얻을 수 있도록 수식(1)과 같이 XPD에 따라 간섭제거 신호를 합성하는 기법을 제안한다.

III. 시뮬레이션 결과

3장에서는 제안하는 방법에 대한 성능을 비교를 위해 MATLAB으로 시뮬레이션 환경 및 시스템을 구성하고 통해 BER 성능을 확인한다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameter

Parameter	Value
Modulation	QPSK
Channel Coefficients	[0.9 0.8 0.3 0.2]
Equalization	MLSE Trace-back Depth = 21
XPD(dB)	15 / 20 / 25

표 1은 시뮬레이션에 적용한 조건들이다. QPSK 기반의 시스템에서 다중경로 채널환경을 통과한 신호를 MLSE 등화 기반으로 그림 1과 같이 구성한 교차편파 간섭 제거기법을 적용하여 XPD에 따라 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2는 XPD를 15dB로 설정하고 FIR 필터를 활용해 ISI 간섭신호를 모사한 신호만을 활용하여 간섭제거를 수행하는 기법과 제안하는 방법의 BER 성능을 비교한 결과이다. SNR이 낮은 구간에서는 두 기법 모두 유사한 BER 성능이 관측되나, SNR이 높은 환경에서는 등화 및 FIR 필터를 적용한 신호를 이용하여 간섭제거를 수행할 경우 BER 성능이 열화되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 제안하는 기법을 적용함으로써 SNR이 높

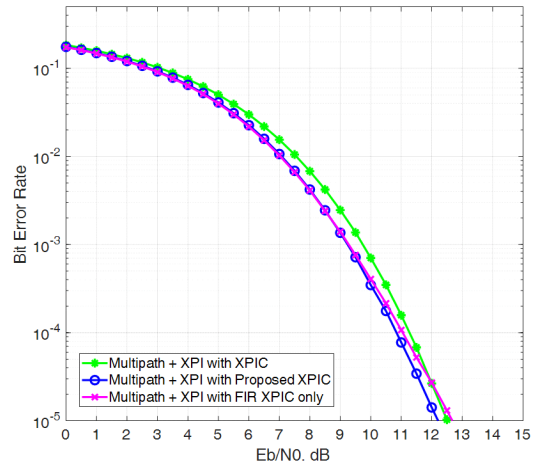


그림 2. FIR XPIC vs 제안하는 XPIC (XPD=15dB)
Fig. 2. FIR XPIC vs Proposed XPIC (XPD=15dB)

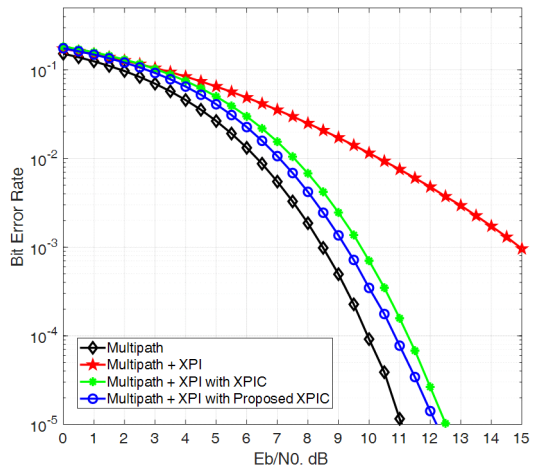


그림 3. 시뮬레이션 결과 (XPD=15dB)
Fig. 3. Simulation Result (XPD=15dB)

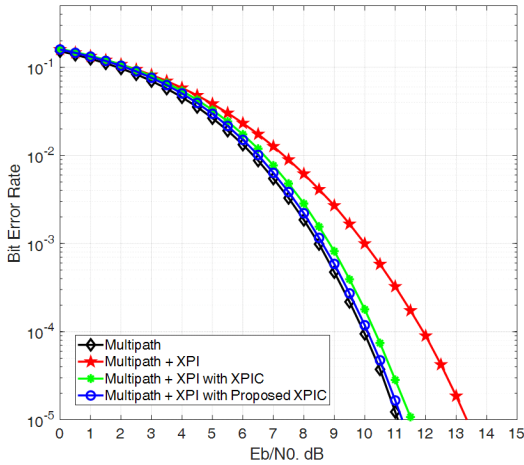


그림 4. 시뮬레이션 결과 (XPD=20dB)
 Fig. 4. Simulation Result (XPD=20dB)

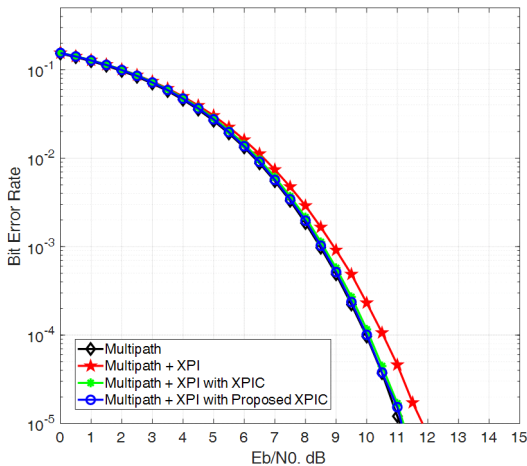


그림 5. 시뮬레이션 결과 (XPD=25dB)
 Fig. 5. Simulation Result (XPD=25dB)

은 구간에서 발생하는 성능 열화 문제를 해결할 수 있다.

그림 3부터 그림 5까지는 XPD 조건값을 15, 20, 25dB 순으로 적용하여 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 시뮬레이션 결과 제안하는 기법이 XPD 조건이 변화하더라도 SNR이 높은 구간에서 성능 열화 없이 기존 기법 대비 약 0.1~0.2dB의 성능 개선을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 다중경로 채널에서 XPD 기반으로 FIR 필터를 활용하는 개선된 교차편파 간섭 제거기법을 제안하고 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였다. 성능 분석 결과 제안하는 방법이 XPD가 높은 조건에서 발생하는 성능 열화 문제를 해결할 수 있고, XPD가 변화하더라도 기존 기법 대비 약 0.1 ~0.2 dB의 BER 성능 이득이 있음을 확인하였다.

References

- [1] P. Noel and M. Klemes, "Doubling the through-put of a digital microwave radio system by the implementation of a cross-polarization interference cancellation algorithm," *2012 IEEE Radio and Wireless Symp.*, pp. 363-366, Santa Clara, CA, USA, Jan. 2012.
 (<https://doi.org/10.1109/RWS.2012.6175360>)
- [2] J. Kim, G. S. Gwak, and J. M. Ahn, "Structure of dual polarized system for wireless communication," *J. KICS*, vol. 39, no. 8, pp. 746-755, 2014.
 (<https://doi.org/10.7840/kics.2014.39C.8.746>)
- [3] M. Takahashi, H. Takahashi, and T. Tanaka, "Cross polarization interference canceler for microcellular mobile communication systems," in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. ICC '95*, pp. 910-914, Seattle, WA, USA, Jun. 1995.
 (<https://doi.org/10.1109/ICC.1995.524234>)
- [4] H. Vasseur, "Degradation of availability performance in dual-polarized satellite communications systems," in *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, no. 3, pp. 465-472, Mar. 2000.
 (<https://doi.org/10.1109/26.837049>)