
배열 안테나를 사용한 디지털 비디오 방송용 OFDM 수신기의 성능평가

변건식* · 이성신* · 전제훈*

Performance Analysis of OFDM receiver for Digital Video Broadcasting using Array Antenna

kun-sik Byon* · sung-sin Lee* · Je-hun Jeon*

요 약

지상파 디지털 방송의 변조 방법으로 채택하고 있는 OFDM은 스펙트럼 효율이 좋고 페이딩 채널에 강인하기 때문에 고속 유무선 통신 등에 주로 사용되고 있는 변조 방식이다. 실제 무선 통신 환경에서 디지털 비디오 방송의 이동 수신 시에 수신 파의 도래 각도에 따른 반송파 주파수 오차로 인하여 성능이 열화 된다. 본 논문은 이러한 도플러 효과에 의한 성능 열화를 배열 안테나를 이용하여 수신 성능을 개선하고자 한다.

ABSTRACT

Orthogonal frequency division multiplexing(OFDM) is becoming the chosen modulation technique for wire and wireless communications with fast data rate because of good spectral efficiency and sufficient robustness of fading channel. Digital Video Broadcasting is using OFDM to modulate. But Digital Video Broadcasting has performance degradation in moving reception according to DOA(Direction of Arrival). The purpose of this paper is to improve reception performance using array antenna in environment with doppler effect.

키워드

OFDM, 배열안테나, DVB-T

1. 서 론

21세기에 들어서 인간 중심의 정보화 사회의 필요성에 의해 고 품질 멀티미디어 정보의 요구가 증대되고 이를 뒷받침 할 수 있는 첨단 기술들이 요

구되어 지고 있다. 디지털 비디오 방송은 포화된 아날로그 방송 시장 및 관련 하드웨어 시장에 새로운 수요를 창출하고 경기를 활성화 시켜줄 주역으로서, 세계적으로 미국이 2006년까지, 유럽과 일본 등이 2010년까지 전 방송의 완전 디지털 이행을 추

진해 가고 있는 상황이다. 우리나라에서도 정보통신부가 방송통신정책협의회를 지속적으로 운영함으로써 디지털 방송 서비스가 조기에 시행되도록 방송법과 시행령을 개정해 나가고 있다. 이러한 추세에 발맞춰 디지털 방송의 성능 개선을 위한 이동수신 시 발생하는 도플러효과에 의한 성능 열화를 개선하고자 배열 안테나를 접목하였다. 배열 안테나는 복수의 무지향성 안테나를 다수 개 배치하여 지향성 있는 수신을 가능하게 한다. 본 논문에서는 OFDM을 변조 방법으로 채택한 지상파 디지털 비디오 방송(DVB-T)을 중심으로 기본적인 송수신 과정을 살펴보고 배열 안테나의 기본적인 개념에 대해서 설명하였다. 마지막으로 각각 단일 안테나와 배열 안테나를 사용했을 경우 여러 가지 조건에 따른 시뮬레이션 결과를 비교검토 하였다.

II. 송수신 구성도

그림 1과 그림 2는 간략화 한 유럽 DVB-T 의 송수신 구성도이다. 오류 정정 부호 등의 부과적인 과정은 생략하였다. DVB-T의 변조 방법으로 채택된 OFDM의 상세 내용은 [1]에서 알 수 있다.

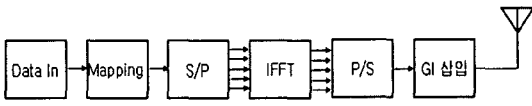


그림 1 송수신 구성도
Fig. 1 the block diagram of transmitter

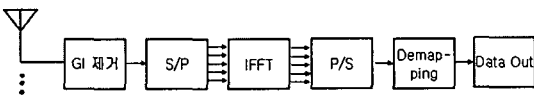


그림 2 수신기 구성도
Fig. 2 the block diagram of receiver

$$s(t) = \text{Re} \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{67} \sum_{k=K_{\min}}^{K_{\max}} c_{m,l,k} \cdot \psi_{m,l,k}(t) \right\} \quad (1)$$

$$\psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{k}{T_U} (t - \Delta - lT_S - 68m \cdot T_S)} & (l + 68 \cdot m)T_S \leq t \leq (l + 68 \cdot m + 1)T_S \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

식(1)과 식(2)는 DVB-T 표준의 송신형태이다.[2] 여기서 1은 OFDM 심볼 수, m은 전송 프레임 수, K는 송신 캐리어 수 T_S 는 심볼 폭, Δ 는 가드 간격, f_c 는 중심 주파수, k 는 중심 주파수에 대한 캐리어 인덱스, 즉, $c_{m,l,k}$ 는 m번째 프레임에서 l번째 심볼의 캐리어 k에 대한 복소 심볼이다. 본 논문은 DVB-T 표준의 2k 모드를 기반으로 하여 시뮬레이션하였다. DVB-T 2k 모드에 대한 파라미터는 표 1 과 같다.[3]

표1 DVB-T 2k mode 파라미터
Table. 1 DVB-T 2k mode parameter

파라미터	2k mode			
캐리어 수(K)	1,705			
K_{\min}	0			
K_{\max}	1704			
주기(T_U)	224 μ s			
$1/T_U$	4,464Hz			
허용된 가드 간격 (Δ/T_U)	1/4	1/8	1/16	1/32
가드 간격의 주기	56 μ s	28 μ s	14 μ s	7 μ s
심볼 주기 ($T_S = \Delta + T_U$)	280 μ s	252 μ s	238 μ s	231 μ s

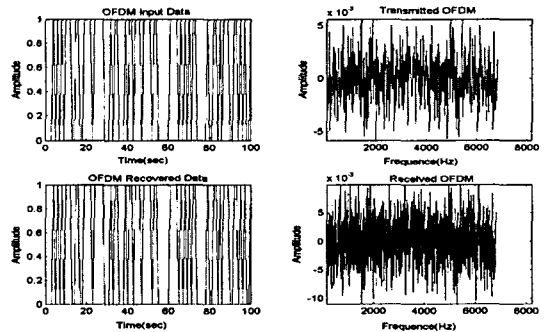


그림 3 OFDM 송수신 데이터
Fig. 3 OFDM data in transmission and reception

그림 3은 기본적인 OFDM 송수신 결과이다. 좌측의 그림이 송수신 데이터이고 우측 그림이 각각 송수신된 OFDM 신호의 형태이다.

III. 배열 안테나

본 논문에서 적용하고자 하는 배열 안테나의 기본적인 개념과 적용 방식에 대해서 알아보자. 배열 안테나는 무 지향성의 안테나를 다수 개 사용해서 지향성을 가진 수신을 가능하게 한다. 그림 4와 같이 각 안테나 소자에서 수신한 수신 파에 가중치를 곱하여 진폭과 위상이 조정된 신호를 합성하여 복조 한다.[4][5]

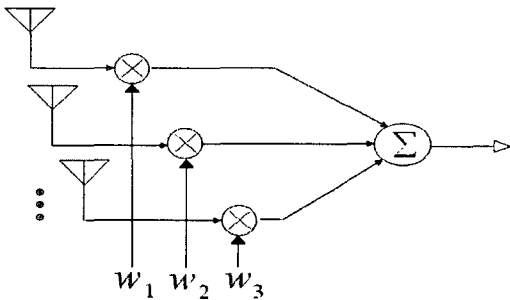


그림 4 배열 안테나
Fig. 4 Array Antenna

배열 안테나를 통해 수신된 데이터는 식(3)과 같이 다수 개의 안테나에 의해 수신된 데이터가 각각 가중치가 곱해져서 조합된 형태이다. 식(4)는 수신된 데이터에 곱해지는 가중치 벡터의 표현이다.

$$Y(t) = W^H X(t) = \sum_{k=0}^{K-1} w_k^* x_k(t) \quad (3)$$

$$w^* = [w_1, w_2, \dots, w_{K-1}]^T \quad (4)$$

이러한 가중치를 계산하는 여러 가지 방법이 있지만[6][7], 본 논문에서는 가장 간단한 형태로 수신 신호의 방향 벡터의 복소 공액을 가중치로 하여 수신 신호를 강하게 하였다. 이상적인 수신 형태는 입사하는 도래 각도를 추정 알고리즘을 이용하여 추정하고, 추정된 각도로 빔 형성(Beamforming)을 하여 신호를 강하게 하여 수신하는 형태지만, 즉 적용 배열 안테나인 스마트 안테나(Smart Antenna)를 이용한 수신 형태지만, 수신 신호의 각도와 도래 파수를 정확히 알고 있다는 가정 하에서 시뮬레이션 하였다. 본 논문에서 사용한 수신기 구성도는 그림 5와 같다. 또한 시뮬레이션

파라미터는 표2 와 같으며, 신호의 지연파는 직접파 신호를 10샘플 지연해서 생성 하였다. 각각의 시뮬레이션은 신호의 도래 각도와 빔형성 각도에 따른 결과와 직접파 대 지연 성분의 비에 따른 결과들이다.

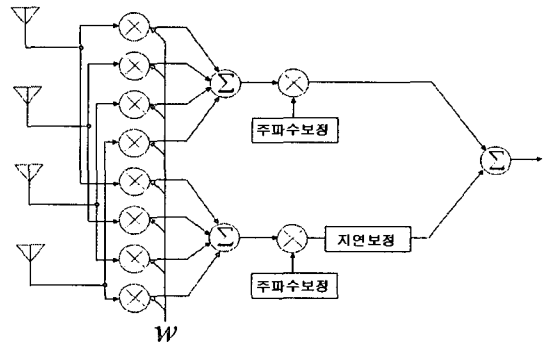


그림 5 배열 안테나를 이용한 수신기
Fig. 5 the receiver using Array Antenna

표2 시뮬레이션 파라미터
Table. 2 simulation parameter

입사 신호 수	직접파 1 지연파 1
안테나 수	4개
데이터 수	20,460개
mapping	16QAM
캐리어 수	1705
FFT점	2048
도플러 주파수	50Hz

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문의 시뮬레이션은 DVB-T를 기반으로 하였으며, 실제 무선 환경에서, 즉 다중로와 도플러 효과를 겪는 이동 수신시에 성능 개선을 위해 배열 안테나를 적용하였다. 다음 각각의 시뮬레이션은 지향성을 가지지 않는 단일 안테나, 지연파에 대한 수신을 고려하지 않고 직접파의 방향으로만 지향성을 가진 단일 안테나, 그리고 배열 안테나를 통하여 직접파와 지연파를 분리 수신하여 각각의 발생한 주파수 오차를 보정하고 시간지연을 보정한

형태로 나누어서 시뮬레이션 하였다.

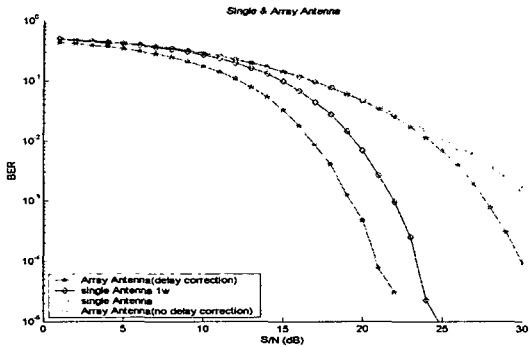


그림 6 단일 안테나와 지연 보정한 배열안테나
Fig. 6 Single Antenna and Array Antenna with delay correction

그림 6은 단일 안테나와 지연 보정한 배열 안테나의 시뮬레이션 결과이다. 지향성을 가지지 않는 수신 형태인 단일 안테나가 가장 열화 된 성능을 보이고, 배열 안테나를 이용하여 지연 보정 없이 간섭으로 간주하고 수신했을 경우가 그 다음의 성능을 나타낸다. 그리고 단일 안테나를 이용하여 직접파의 방향으로만 지향성을 통해 분리 수신한 경우가 그 다음의 성능을 나타내고, 배열 안테나를 이용하여 직접파와 지연파를 분리 수신해서, 발생한 주파수 오차와 시간 지연을 보정한 형태가 가장 우수한 성능을 나타낸다.

그림 7은 배열 안테나를 사용했을 경우 주파수 보정 값에 따른 시뮬레이션 결과이다. 이상적으로 50Hz로 보정했을 경우가 가장 우수한 성능을 나타내고 있고, 30Hz로 주파수 보정을 했을 경우가 3가지 경우 중 가장 열화 된 성능을 보이고 있다.

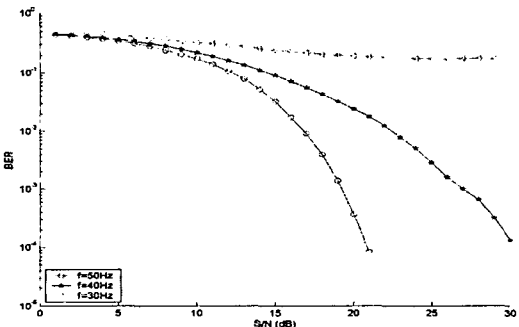


그림 7 배열 안테나의 경우 주파수 보정에 따른 BER
Fig. 7 BER in case of Array Antenna according to frequency correction

그림 8은 직접파 신호의 입사각과 지연파에 의한 신호의 입사각이 10도와 40도 일 때, 빔 형성을 20도와 50도의 방향으로 했을 경우의 시뮬레이션 결과이다. 정확한 방향으로 빔 형성을 하였을 경우보다 좀 더 열화 된 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

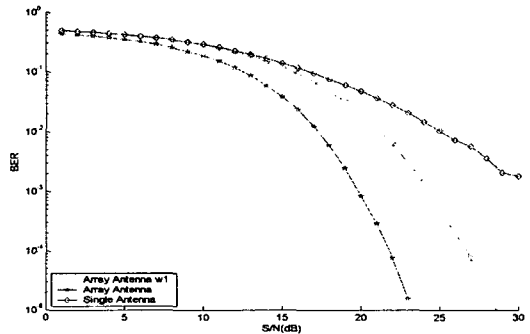


그림 8 수신파와 빔형성 각도가 상이할 경우 (10도차)
Fig. 8 in case of having difference in beamforming degree and reception wave degree (10 degree)

그림 9는 직접파 신호의 입사각과 지연파에 대한 입사각이 10도와 40도 일 때, 빔형성을 25도와 55도의 방향으로 했을 경우의 시뮬레이션 결과이다. 단일 안테나를 이용하여 직접파의 방향으로 빔을 형성한 경우는 빔형성 각도가 크게 상이할 경우 지향성을 가지지 않는 단일 안테나 보다 못한 성능을 보이고 있다.

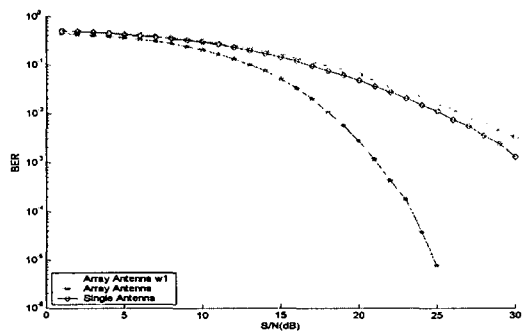


그림 9 수신파와 빔형성 각도가 상이할 경우 (15도차)
Fig. 9 in case of having difference in beamforming degree and reception wave degree (15 degree)

그림 9는 직접파 신호의 입사각과 지연파에 대한 입사각이 10도와 40도 일 때, 빔형성을 25도와 55도의 방향으로 했을 경우의 시뮬레이션 결과이다.

다. 단일 안테나를 이용하여 직접파의 방향으로 빔을 형성한 경우는 빔형성 각도가 크게 상이할 경우 지향성을 가지지 않는 단일 안테나 보다 못한 성능을 보이고 있다.

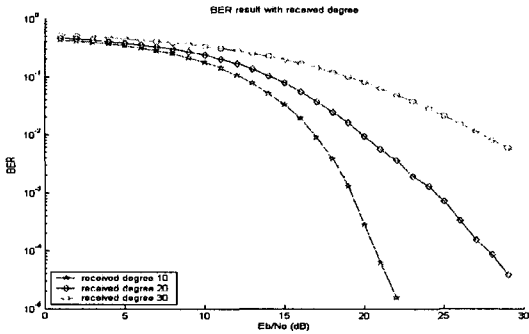


그림 10 빔형성 각도에 따른 BER
Fig. 10 BER according to beamforming degree

그림 10은 배열 안테나의 경우에 신호가 10도 방향으로 입사했을 경우 빔 형성을 각각 10도, 20도, 30도로 하였을 경우의 시뮬레이션 결과이다. 정확히 빔 형성을 하였을 때 가장 우수한 성능을 나타내고 있다. 이 결과는 switched beam 안테나와 스마트 안테나, 즉 신호의 크기가 가장 강한 안테나를 선택 수신하는 안테나와 수신 각도를 추정하여 정확히 빔을 형성하는 스마트 안테나의 간접 시뮬레이션 결과라 할 수 있겠다.

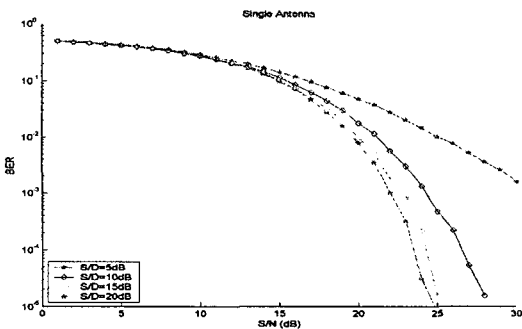


그림 11 단일 안테나의 지연파 비에 따른 BER
Fig. 11 BER in Single Antenna according to S/D rate

그림 11은 단일 안테나를 사용했을 경우 지연파 비에 따른 시뮬레이션 결과이다. 신호대 지연파 비를 20dB로 했을 때 가장 우수한 성능을 나타내고

5dB로 했을 때 가장 열화 된 성능을 보이고 있다.

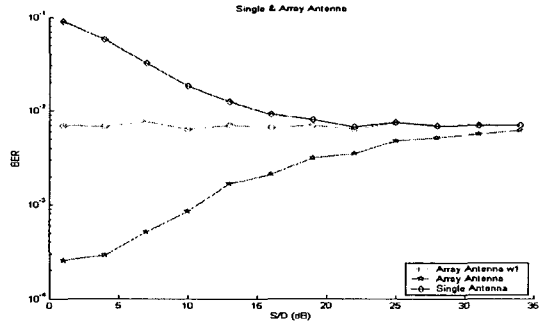


그림 12 직접파와 지연 신호의 비에 따른 BER (지연 보정)

Fig. 12 BER according to S/D rate (delay correction)

그림 12는 S/D비 즉, 신호 대 지연 신호 비에 따른 시뮬레이션 결과이다. 즉 S/D가 크면 클수록 지연 신호의 크기가 작아지는 것을 의미한다. 단일 안테나의 경우 지연 보정없이 수신한 경우이므로 지연 신호의 크기가 작을수록 더 우수한 성능을 나타낸다. 배열 안테나의 성능이 열화 되는 것은 신호의 지연 성분을 지연 보정을 통해 복조에 이용했기 때문이다. 결국 지연 성분이 작아 질수록 거의 동일한 결과를 나타낸다.

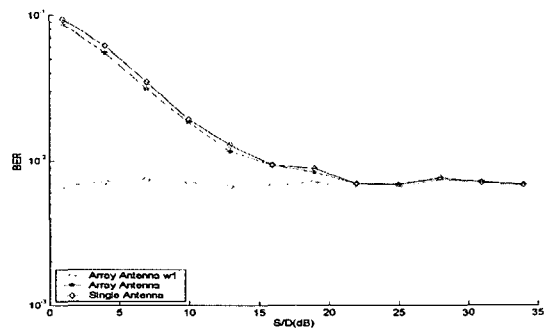


그림 13 직접파와 지연 신호의 비에 따른 BER (지연 보정 없음)

Fig. 13 BER according to S/D rate (No delay correction)

그림 13은 그림12와 동일한 조건이지만 단지 배열 안테나의 경우 지연 보정 하지 않은 경우의 결

과이다. 지연 보정 하지 않은 경우 지향성을 가지지 않는 단일 안테나의 경우와 거의 유사한 성능을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 지상파 디지털 비디오 방송의 이동 수신 시 발생하는 도플러 효과에 의한 성능 열화를 배열 안테나를 이용하여 개선하고자 단일 안테나와 배열 안테나를 비교 시뮬레이션 하였다. 단일 안테나를 사용했을 때 보다 배열 안테나를 적용했을 때가 더 우수한 성능을 나타냈다. 그리고 신호의 도래 각도와 빔형성 각도의 차가 클수록 더 열화 된 성능을 나타내는 것을 알 수 있었다. 앞으로 가중치를 부여하는 여러 가지 알고리즘과 송신 다이버시티, 즉 Space Time Coding을 이용한 수신부 뿐만 아니라 송신부에서도 다수의 안테나를 사용하는 MIMO에도 관심을 가지고 연구해 나갈 계획이다.

참고문헌

[1] R. V. Nee and R. Prasad , "OFDM Wireless Multimedia Communications", Artech House, 2000.

[2] Reimers. U. "DVB-T;the COFDM-based system for terrestrial television", Electronics & Communication Engineering Journal, Vol.9, Feb. 1997.

[3] Reimers. U. "Digital Video Broadcasting Communications", Magazine IEEE. June 1998.

[4] B. Suard, "Performance of CDMA mobile communications systems using antenna arrays", Proceedings ICASSP, 1993.

[5] Lal C, Godara, "Application of antenna arrays to mobile communication, Part2: Beam-Forming and direction of arrival considerations", Proc of IEEE, vol.85, no.8

pp.1195-1245, August 1997.

[6] Chiba. I., Younezawa, R., Kihira, K. "Adaptive array antenna for mobile communication", 2000 IEEE international Conference. May 2000.

[7] Ayman F. Naguib, "Adaptive antennas for cdma wireless networks", thesis for the degree of Ph,D in stanford university, 1996.

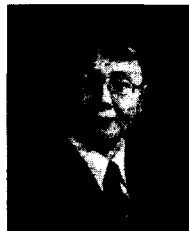
저자소개

변건식(Kun-Sik Byon)



'72년 2월 한국항공대학교 항공 전자공학과 졸업(공학사)
'80년 2월 동아대학교(공학석사)
'87년 2월 영남대학교 전자공학과 공학박사
1989년 9월~1990년 8월 국립요코하마대학교 전자정보공학과 객원교수
1980년 2월~현재 동아대학교 전자공학과 교수
※관심분야 : CDMA, OFDM, SDR, UWB

이성신(Sung-Sin Lee)



'93년 2월: 동아대(공학석사)
'93년 9월~'02년 1월: 대양전기(주)기술연구소 책임연구원
'02년 3월~'04년 2월: 동아대학교 전자공학과 박사수료
※관심분야 : UWB, CDMA, OFDM

전제훈(Je-Hun Jeon)



2001년 2월 동아대학교 전자공학과 졸업
2002년 8월~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 석사과정
※관심분야 : CDMA, OFDM, SDR, UWB