

ATSC DTV 수신기의 성능 개선을 위한 최적의 빔 선택 알고리즘

*김주연, *배재희, *임종수
*한국 전자 통신 연구원
[*ariel@etri.re.kr](mailto:ariel@etri.re.kr)

Optimal Beamselection Algorithm for Performance Improvement of ATSC DTV Receiver

*Juyeun-Kim, *Jaehwui-Bae, *Jongsoo-Lim
*Electronics and Telecommunications Research Institute

본 논문은 열악한 채널 환경에서 ATSC 방식의 DTV 수신기의 성능 개선을 위해 빔 선택형 DTV 수신기 구조와 최적의 빔 선택을 위한 알고리즘을 제시하고자 한다. 빔 선택형 DTV 수신기의 채널 개선으로 인한 수신기의 성능 개선 효과와 이에 따른 최적 빔 선택을 위한 조건들을 살펴본다. 그리고 필드 테스트를 통해 측정된 ATSC DTV 수신 채널 모델링을 이용하여 등화기만을 사용하는 기존의 DTV 수신기와 빔 선택형 DTV 수신기의 성능을 모의 실험을 통해 확인하였다.

I. 서론

DTV 8-VSB 전송방식은 NTSC 주파수 대역을 기본으로 고품질의 비디오, 오디오 및 보조 데이터를 전송한다. 그러나 실내 수신과 이동 수신 시 건물 벽에 의한 많은 신호의 감쇄, 다중경로 신호, 도플러 효과의 영향으로 수신성능이 많이 열화된다[1-2].

본 논문에서는 빔 형성 기술을 적용하여 다중경로 신호에 의해 발생하는 성능 저하를 막아 DTV 수신기의 성능을 개선시키고자 한다. 수신 안테나를 여러 개 사용하여 주경로 신호의 방향으로 빔을 형성 할 경우 다중경로 신호들이 제거되거나 크기가 작아지기 때문에 실내 수신과 같은 열악한 채널 환경과 같은 조건에서도 수신기의 등화기가 왜곡된 채널을 보상할 수 있다. 빔 형성 기술[3]은 신호처리의 방법에 따라 적응 빔 형성 기술과 선택형 빔 형성 기술로 나누어질 수 있다. 적응 신호 처리 기술은 혼련열과 같은 신호를 이용하여 원하는 방향으로 빔을 형성 시키는 방법이고 선택형 빔 형성 기술은 원하는 방향으로 여러 개의 빔을 형성한 뒤 출력 신호의 품질에 따라 여러 개의 빔 중 하나의 빔을 선택하는 방법이다. 본 논문에서는 수신기의 성능 개선을 위해서 비교적 구현이 간단하고 쉽게 성능 개선 효과를 얻을 수 있는 선택형 빔 형성 기술을 이용하였다. 배열 안테나 소자를 이용하여 신호를 수신한 뒤 원하는 여러 방향으로 빔을 형성 시키고 각각 빔 출력을 복조한 뒤 채널 프로파일을 추정하여 가장 좋은 품질의 신호를 선택하게 된다. 이때 수신기 성능 개선을 최대화 하기 위해서 신뢰성 있는 빔 선택이 중요한 조건이 된다.

본 논문은 서론에 이어서 2 장에서 빔 선택형 DTV 수신기의 구조와 최적 빔 선택 알고리즘에 대하여 설명한다. 3 장에서는 제안한 빔 선택형 DTV 수신기와 기존 DTV

수신기의 성능을 모의 실험을 통하여 분석한 뒤 4 장에서 결론을 맺는다.

II. 빔 선택형 DTV 수신기

2.1. 빔 선택형 DTV 수신기

빔 선택형 DTV 수신기는 여러 개의 배열 안테나를 사용하여 정해진 방향으로 여러 개의 빔을 형성 시켜 신호를 수신한다. 빔 출력 신호들은 수신 신호의 방위각과 지향 빔의 방향성에 의해 각각 다른 채널 프로파일을 가지게 된다. 이때 실내 수신 채널과 같은 열악한 채널의 왜곡을 어느 정도 보상해주기 때문에 등화기의 채널 보상 부담을 줄여주게 된다. 빔 출력 신호를 각각 복조한 뒤 송신 신호의 PN511 신호와 상관시켜 채널 프로파일을 구한다. 그리고 출력 신호의 채널 프로파일이 가장 좋은 빔을 선택한다.

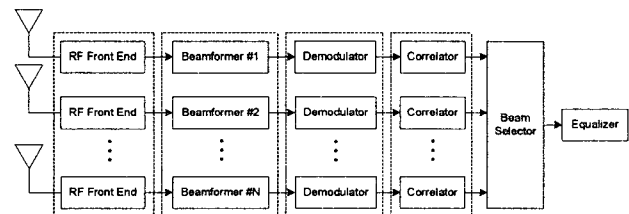


그림 1. 빔 선택형 DTV 수신기의 블록도

그림 1은 빔 선택형 DTV 수신기의 블록도이다. N 은 빔 형성기의 개수를 나타낸다. 주경로 신호의 입사방향으로 빔을 적응적으로 형성시키는 것이 아니기 다중경로 신호를 모두 제거하지 못하고 주경로 신호에 대해서도 지향오차가

발생한다. 그러나 등화기에서 잔존 다중경로 신호나 지향 오차에 의해 생기는 주경로 신호의 왜곡을 보상해줄 수 있다.

2.2. 최적의 빔 선택 알고리즘

빔 선택형 DTV 수신기에서 가장 중요한 것은 여러 개의 빔 출력 신호 중 채널 개선의 효과가 가장 큰 빔을 적절하게 선택하는 것이다. 빔 형성기가 채널을 개선시켜도 잘못된 빔을 선택할 경우 수신기의 성능을 더욱 열화시킬 수 있다. 빔 출력 신호의 채널 프로파일을 이용하여 빔을 선택하는 것을 여러 가지 방법이 있다[4]. 이동 통신 시스템에서나 빔을 선택하는 방법으로는 다이버시티 기법에서 채널이 양호한 신호를 선택할 때 출력 신호가 최대 전력 값을 가지는 신호를 선택하는 방법이 사용되고 있다. 그러나 이는 주경로와 다중경로 신호의 크기와 지연시간 상호관계에 의해서 등화 성능이 결정되는 등화기의 입장에서 볼 때는 효과적인 선택방법이 될 수 없다. 따라서 본 논문에서는 DTV 수신기의 성능 개선을 위해 신뢰성 있는 최적 빔 선택 방법을 제안한다.

그림 3 에서 7 은 각 빔 출력 신호의 채널 프로파일을 나타낸 것이다. 실내 수신 채널 환경 모델인 브라질 C 채널[1]의 상황에서 수신 신호의 입사각이 각각 10° , -33° , -66° , -60° , 35° , 63° 이고 4 개의 선형 어레이 안테나를 -30° 에서 30° 까지 15° 도 간격으로 빔을 형성 시켰다. 주경로 신호의 입사각은 -33° 방향이므로 그림 2 와 같이 -30° 지향 빔 출력 신호의 채널 개선 효과가 가장 좋다.

본 논문에서는 DTV 수신기의 성능 개선을 위해 신뢰성 있는 최적의 빔 선택을 위해 다음과 같은 알고리즘을 제안한다. 채널 프로파일에서 SMNR(Signal to Multipath and Noise Ratio)와 SDMR(Signal to Dominant Multipath Ratio) 조건을 이용한다. SMNR 을 이용하여 여러 개의 빔 중 2~3 개의 빔을 선택하게 된다. 여기서 선택된 빔은 모두 다중 경로 신호가 어느 정도 제거되어 DTV 수신기의 성능을 개선시킬 수 있는 가능성을 가지게 된다. 1 차 선택되는 빔의 개수는 사용하는 빔의 개수에 따라서 결정된다. 그리고 1 차적으로 선택된 빔들의 SDMR 을 계산한다. SDMR 은 주경로 신호 대 가장 크기가 큰 다중경로 신호로 계산한다. 이러한 조건으로 비교하는 것은 다중경로 신호의 크기 분포를 통해 등화기에 좀더 유리한 채널의 빔을 선택하기 위해서 이다. 예를 들어 1 차적으로 선택된 빔들의 SMNR 이 비슷한 값일 때 한 개의 큰 다중경로 신호가 있는 빔 출력 신호와 작은 다중경로 신호들이 여러 개 존재하는 빔 출력 신호가 있다면 등화기 입장에서는 작은 다중경로 신호가 여러 개 있는 빔 출력 신호의 왜곡을 보상하는 것이 쉽다.

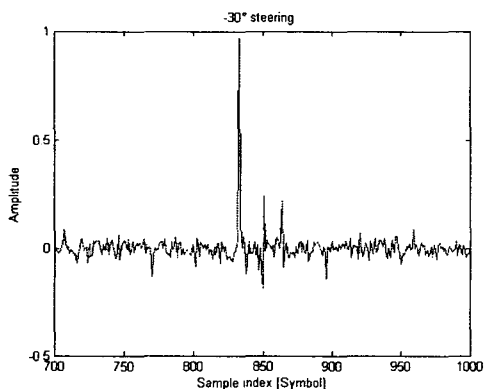


그림 2. -30° 지향 빔 출력 신호의 채널 프로파일

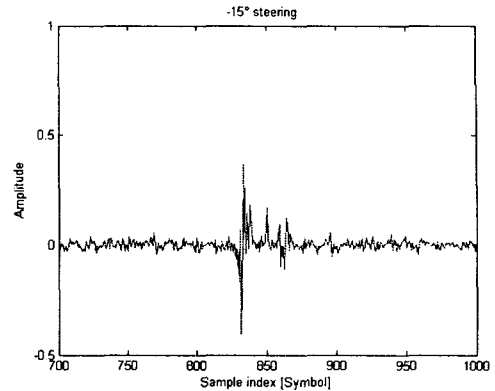


그림 3. -15° 지향 빔 출력 신호의 채널 프로파일

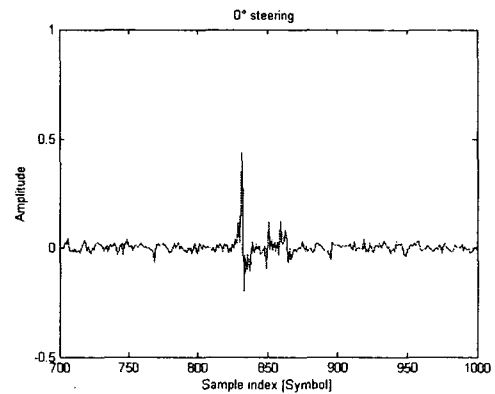


그림 4. 0° 지향 빔 출력 신호의 채널 프로파일

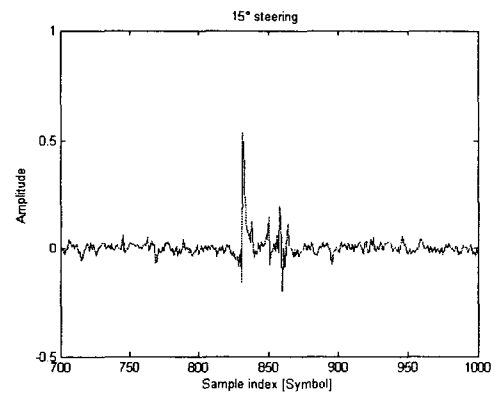


그림 5. 15° 지향 빔 출력 신호의 채널 프로파일

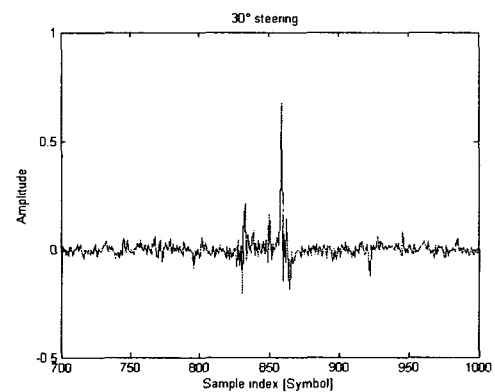
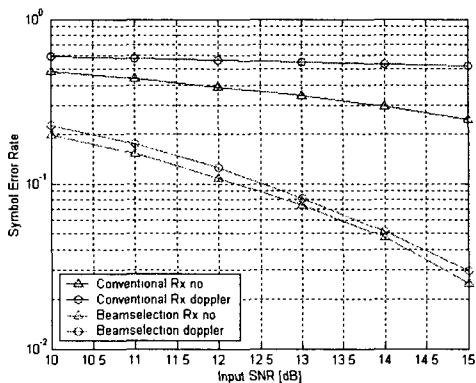


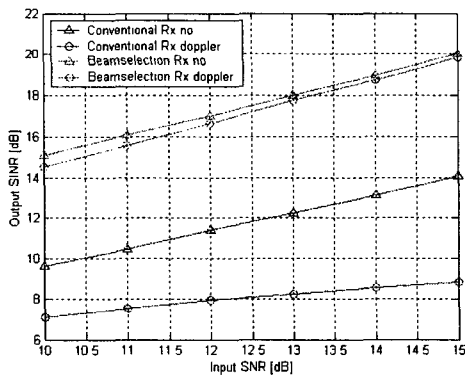
그림 6. 30° 지향 빔 출력 신호의 채널 프로파일

III. 모의 실험

제한한 빔 선택형 DTV 수신기 구조와 빔 선택 알고리즘을 사용했을 때 등화기만을 이용하여 채널 왜곡을 보상하는 기존의 DTV 수신기와와의 성능 비교를 위해 다음과 같이 모의 실험을 수행하였다. 수신 신호의 입사각 정보는 10° , -33° , -66° , -60° , 35° , 63° 이다. 2.2 에서와 같은 조건에서 5 개의 빔 형성기를 이용하고 DFE[5]구조의 등화기를 적용하였다. 등화기의 피드 포워드 탭은 150 개를 사용하였고 피드백 탭은 300 개를 사용하였다. 고정 채널 실험을 위해 브라질 필드 테스트 모델을 사용하였고 다이나믹 채널에서의 성능 분석을 위해 브라질 채널모델의 다중경로 신호에 도플러 효과를 넣어 실험하였다. 각 다중경로 신호에 각각 0, -27.93, -42.65, -40.80, 15.35, 27.90 Hz 의 도플러 주파수를 실어 다이나믹 채널 효과를 넣어주었다.



(a) SER

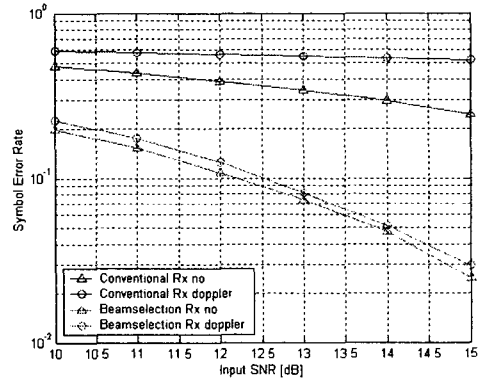


(b) 출력 SNR

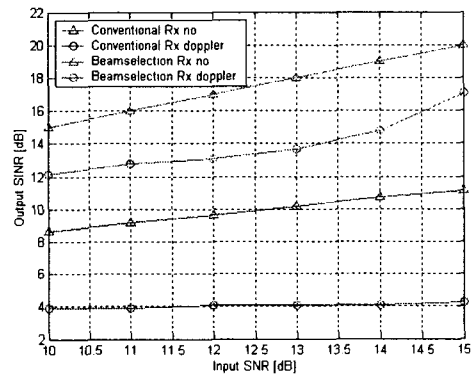
그림 7. 브라질 A 채널에서 기존의 DTV 수신기와 빔 선택형 DTV 수신기의 성능 비교

그림 7(a)와 (b)는 SNR(Signal to Noise Ratio)이 10dB 에서 15dB 일 때 기존의 DTV 수신기와 빔 선택형 DTV 수신기의 수신기의 SER(Symbol Error Rate)와 출력 SNR 을 비교한 것이다. 그림 7(b)를 살펴보면 브라질 A 채널에서 빔 선택형 DTV 수신기가 기존의 DTV 수신기보다 5~6dB 정도 출력 SNR 이득을 얻을 수 있었다. 브라질 A 채널과 같은 경우 기존의 DTV 수신기의 등화기도 쉽게 채널 왜곡을 보상할 수 있지만 빔 선택형 DTV 수신기 같은 경우 4 개의 안테나 소자를 이용함에 따라 약 6dB 정도의 SNR 이득을 얻을 수 있다. 이는 TOV(threshold of visibility)를 만족하는 SNR 이 낮다는 것을 나타낸다. 즉 기존의 DTV 수신기 보다 잡음이 더 많은 환경에서도 빔 선택형 DTV 수신기가 동작할 수 있다는

결과를 나타낸다. 브라질 A 채널에 도플러 주파수가 실려있을 때, 즉 다중경로 신호가 다이나믹성을 가질 때 두 수신기의 성능을 비교하면 빔 선택형 DTV 를 사용할 때 도플러 효과에 의한 성능 열화가 기존의 수신기 보다 덜함을 알 수 있다. 이는 빔 형성기가 채널의 다중경로 신호의 크기를 줄여주기 때문에 등화기가 도플러 주파수의 영향을 덜 받기 때문에 등화기의 성능 열화가 낮기 때문이다.



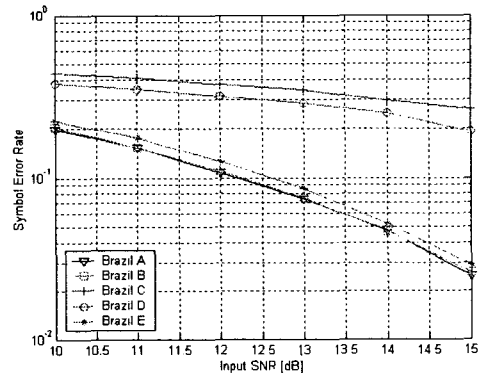
(a) SER



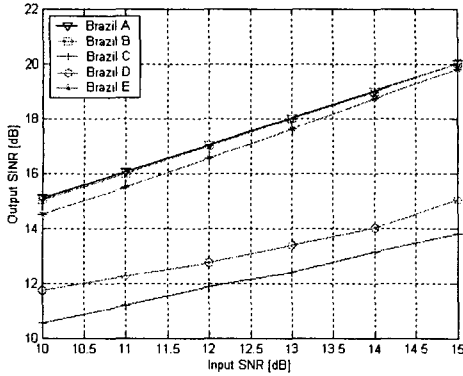
(b) 출력 SNR

그림 8. 브라질 B 채널에서 기존의 DTV 수신기와 빔 선택형 DTV 수신기의 성능 비교

그림 8 은 브라질 B 채널에서 기존의 DTV 수신기와 빔 선택형 DTV 수신기의 성능을 비교한 표이다. 그림 7 의 결과와 같이 빔 선택형 DTV 수신기를 사용할 때 6dB 에서 8dB 의 출력 SNR 이득을 얻을 수 있다. 그리고 도플러 효과에 의한 성능 열화도 기존의 DTV 수신기 보다 훨씬 덜함을 알 수 있다.



(a) SER



(b) 출력 SNR

그림 9. 브라질 채널에서 빔 선택형 DTV 수신기의 성능 분석

그림 7 과 8 과 같이 브라질 A 와 브라질 B 채널에서는 기존 수신기의 등화기가 채널 왜곡을 보상하여 수신기가 동작 가능하였지만 브라질 C 와 D 그리고 E 채널에서는 등화기가 채널 보상을 하지 못하였다. 그림 9 는 모든 브라질 채널에서 빔 선택형 DTV 수신기의 성능을 채널별로 비교한 것이다. 그림 9(a)는 SER 의 결과를 나타내고 그림 9(b)는 출력 SNR 의 결과를 나타낸 것이다. 그림 9 에서 브라질 A 와 B 채널에서는 5dB 에서 6dB 의 출력 SNR 이득을 얻을 수 있었다. 브라질 E 채널에서도 약 4dB 이상의 출력 SNR 이득을 얻을 수 있었다. 브라질 C 와 D 채널에서는 약 1dB 의 출력 SNR 이득을 얻을 수 있었다. 여기서 빔 선택형 DTV 수신기와 같은 경우 기존의 DTV 수신기가 채널을 보상할 수 없었던 C 와 D 그리고 E 채널과 같은 경우 동작을 가능하게 할 수 있었다. 그러나 브라질 A 와 B 채널에 비해 출력 SNR 이득이 약 3dB 에서 5dB 정도 감소됨을 알 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 DTV 수신기의 성능 개선을 위해 빔 선택형 DTV 구조를 제안하였고 신뢰성 있는 빔 선택을 위해 최적의 빔 선택 알고리즘을 제안하였다. 브라질 채널에서 기존의 등화기만을 이용하여 채널 보상을 하는 DTV 수신기와 제안한 최적 빔 선택 알고리즘을 사용한 빔 선택형 DTV 수신기의 성능을 전산 모의 실험을 통해 확인하였다. 제안한 빔 선택형 DTV 수신기는 여러 개의 안테나 소자를 이용하여 빔을 형성시켜 열악한 채널 환경을 개선시킴으로써 등화기의 채널 보상 부담을 덜고 또 다수의 안테나 소자에 의한 출력 SNR 이득을 얻을 수 있었다.

[1] ABERT/SET, "VSB/COFDM Comparison Report," May2000

[2] ATSC standard A/53A, "ATSC Digital Television Standard," Apr. 2001.

[3] Joseph C. Liberti, JR, *Smart Antennas for Wireless Communications : IS-95 and Third Generation CDMA Applications*, Prentice Hall, 1999.

[4] Tadashi Matsumoto, "Beam-Selection Performance Analysis of a Switched Multibeam Antenna System in Mobile Communications Environments," *IEEE Trans. Commun.* vol. 46, No. 1, Feb. 1997.

[5] J. G. Proakis, *Digital Communications*, MacGrawHill, 2001.