

선택 빔형성을 적용한 다중경로 환경 VSB 수신 성능 개선

배재휘, 서재현, 김주연, 김승원
한국전자통신연구원
042-860-4827, jhbae@etri.re.kr

Reception performance improvement of VSB in multipath channel using switched beamforming

Jae-Hwui Bae, Jae-Hyun Seo, Ju-Yeun Kim, Seung-Won Kim
Electronics and Telecommunication Research Institute
042-860-4827, jhbae@etri.re.kr

Abstract

We propose a switched beamforming to improve the reception performance of VSB system in severe Rayleigh fading channel. The VSB system has only about 3% of known training signal for the receiver in a data field and the reception performance of VSB receiver is degraded significantly when there are near-0 dB ghosts in receiving signal. The switched beamforming forms several beams in different directions and selects only one beam among them. For the selection of a beam with best channel condition for VSB equalizer, we extracted the channel profiles in time domain for all the beams by correlating the PN511 sequence in VSB field sync and selected optimal beam by comparing the channel profiles. The simulation results show that the proposed method improves the reception performance of VSB system in severe Rayleigh channel.

I. 서론

VSB 방식 DTV 시스템은 다중수신 경로의 심불균 간섭에 의해 수신성능이 저하되는 특성이 나타난다. 이 문제를 개선하기 위해 채널 등화기 및 동기 성능을 개선연구가 지속적으로 수행되었지만, 열악한 다중경로 채널에서는 여전히 수신성능이 저하되는 문제점이 존재한다[1]. 이것을 극복하기 위하여 공간영역에서 채널 특성을 개선하는 연구가 국내외적으로 활발하게 진행

되고 있는 추세이며, 이러한 연구는 VSB 시스템의 실내/휴대 및 이동수신성능 개선과 단일 주파수 망 적용성을 개선하기 위하여 요구된다.

본 논문에서는 공간신호처리 기법 중의 하나인 빔형성을 적용하여 열악한 다중경로 환경에서 VSB 시스템의 수신성능을 개선하는 기법을 제안한다. 제II장에서 VSB 전송표준과 빔형성에 대하여 소개하였고, 제III장에는 VSB 표준에 적용성이 높은 빔형성 기법을 제안하였고, 제IV장에는 제안된 기법을 적용하여 열악한 다중경로 수신 채널에서 수신성능 개선 효과를 분석하여 그 결과를 도시하였다. 그리고 제V장 결론에 연구 결과의 효과와 향후연구 방향에 대하여 언급하였다.

II. 8-VSB 및 빔형성 기법 개요

이 장에서는 ATSC 8-VSB 시스템 및 빔형성 기법에 대하여 간략하게 설명한다.

1. 8-VSB 전송 시스템

ATSC 8-VSB 전송 시스템은 MPEG 부호기에서 출력되는 Transport Stream을 Reed Solomon 및 TCM 채널부호기를 거쳐 잡음에 강인한 8 성상(constellation)의 기저대역(baseband) 변조를 수행하고, VSB 변조기를 거쳐 전송을 위한 VSB 주파수 스펙트럼을 얻는다[2]. VSB 전송시스템은 그림 1과 같이 2개의 필드로 구성되고 각 필드는 313개의 데이터 세그먼트로 구성된다. 특히 313개의 세그먼트 중에서 첫 번째 한 개의

세그먼트는 필드 싱크(그림 2.)이고 나머지 312개 세그먼트는 유효부하(payload)를 전송하는데 적용된다. 필드 싱크 세그먼트에는 수신기에서 채널등화에 이용할 수 있는 PN 훈련열 정보가 포함되어 있는데, 전체 데이터 필드에 대해 약 0.3 % 정도의 비율을 가진다.

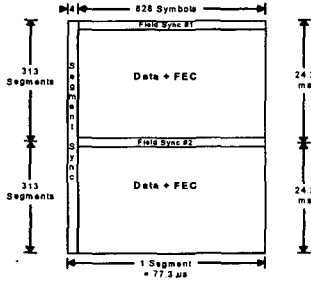


그림 1. VSB 데이터 프레임

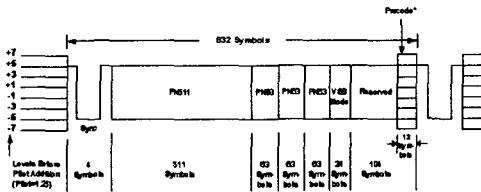


그림 2. VSB 데이터 필드 싱크

2. 빔형성 기법

빔형성 기법은 크게 적응 빔형성과 선택 빔형성으로 나누어진다. 적응 빔형성은 그림 3(a)와 같은 빔패턴을 가지며, 원치 않는 다중경로에 대해서는 널(null)을 형성하여 효과적으로 제거한다. 적응 빔형성은 신뢰성 있는 지향 벡터를 구하기 위해 충분한 크기의 훈련열 신호가 요구되므로, CDMA와 같이 지속적인 훈련열 신호가 존재하는 경우에는 적용성이 높다[3]. 그러나 훈련열의 비율이 0.3 %에 불과한 VSB 시스템에는 적용하기 어려운 점이 있다. 선택 빔형성은 그림 3(b)와 같이 정해진 빔패턴에서 원하는 빔을 선택하여 출력하는 기능을 가진다. 미리 정해진 방위를 지향하는 빔을 형성하므로 다중경로 제거 측면에서는 적응 빔형성 대비 효과도가 낮을 수 있지만 수신단에서 이용할 수 있는 훈련열 신호가 없어도 안정되게 동작 가능하다는 장점을 가진다.

III. 선택 빔형성을 적용한 VSB 수신개선

전술한 바와 같이 VSB 전송 시스템은 수신측에서 이용할 수 있는 미리 알고 있는 신호의 비율이 약 0.3 %에 불과한 특징을 가진다. VSB 시스템은 훈련열의 비율이 낮기 때문에 채널변화가 큰 경우에 등화기만으로

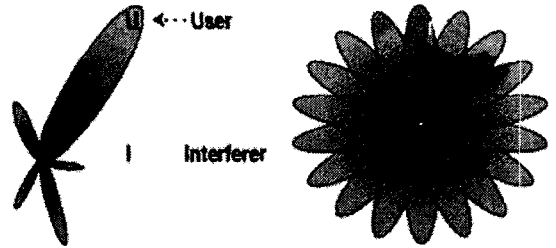


그림 3. (a)적응빔형성 빔패턴, (b)선택빔형성 빔패턴

충분히 채널 영향을 보상하지 못하여 수신성능이 저하되는 현상이 나타난다. 따라서 VSB에 적합한 빔형성은 반복주기 24msec 및 작은 비율의 훈련열 신호에서도 안정된 방위선택적인 수신 성능을 보유해야 열악한 다중경로 채널에서 수신성능개선이 가능하다.

적응 빔형성은 오차를 최소화하는 지향벡터를 구하기 위해 충분히 긴 훈련열 신호를 요구된다. 이 과정은 열악한 다중경로 채널에서 훈련열이 없는 경우에 신뢰성 있는 동작을 보장할 수 없는 채널 등화기의 단점을 그대로 지속하게 되므로 VSB 적용성이 낮다[4]. 반면에 선택형 빔형성은 미리 정해진 방위만 지향하므로 훈련열 의존도가 없고, 최적 빔을 선택과정에서 필드 싱크내의 PN511신호를 이용할 수 있다. 따라서 선택형 빔형성이 훈련열 비율이 낮은 VSB에 적용성이 높다.

IV. 실험 및 고찰

여기서 안테나 소자 5개가 있는 선형배열 안테나를 적용하여 3개의 빔을 형성하는 선택 빔형성 예제를 적용하여 설명한다. 3개 빔의 지향각은 -22.5°, 0° 및 +22.5°를 적용하며, 빔패턴은 그림 4와 같다. 이들 각 빔 출력 신호에 대하여 DTV 원신호 복원에 요구되는 최소 신호대 잡음비인 TOV(threshold of visibility)를 구하여 성능분석을 수행하였다.

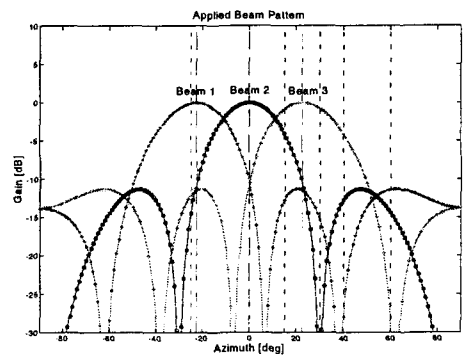


그림 4. 적용된 빔 패턴
적용된 채널모델은 현재 알려진 DTV 채널 중에서 가

장 열악한 특성을 가지는 브라질 테스트의 Type D를 적용하고, 각 경로별 수신각은 임의로 부여하였다. 적용된 채널 모델의 다중경로 프로파일과 수신각 정보는 다음 표 1. 과 같다. 브라질 D 채널 프로파일은 그림 5와 같고, 이 실험에 적용된 채널 모델의 6개 수신경로를 방위와 시간에 대하여 위치를 표시하면 그림 6. 와 같이 나타난다.

표 2 . 적용된 브라질 D 채널 모델과 경로별 입사각

경로	절 대 진 폭	진폭 [dB]	지연시간 [us]	입사각 [°]	비고
1	0.2045	0 dB	0.15	0°	기준경로
2	0.1341	-3.7 dB	0.63	-25°	
3	0.1548	-2.4 dB	2.22	30°	
4	0.1789	-1.2 dB	3.05	60°	
5	0.2077	0.1 dB	5.86	15°	
6	0.1509	-2.6 dB	5.93	40°	

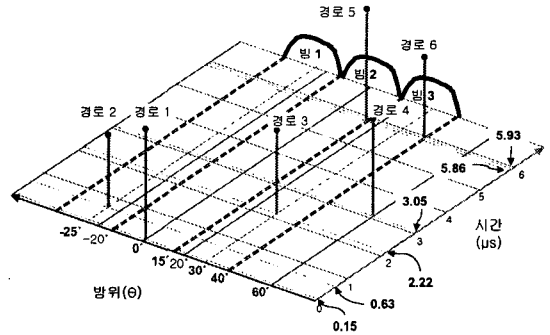


그림 6 . 적용 빔패턴과 채널의 방위-시간 프로파일

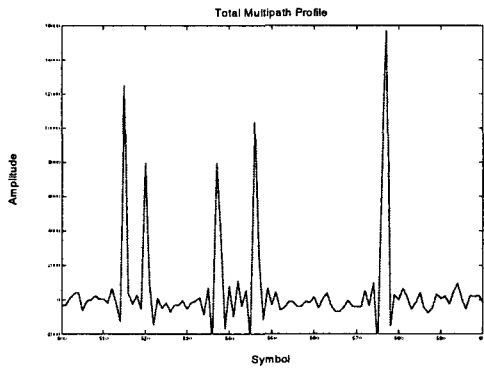


그림 5 . 브라질 D 채널의 전체 프로파일

전술한 것과 같은 형태의 선택 빔형성기의 출력 빔을 분석하여 열악한 Rayleigh 채널에서 선택 빔형성 기법을 적용한 경우 채널 특성이 어떻게 개선되는지를 분석한다. 그리고 다수의 빔 중에서 채널 특성이 가장 많이 개선된 빔을 선택하는 방안에 대하여 분석한다.

가. 1번 빔(-22.5°) 출력

1번 빔의 지향각은 -22.5°이며, 주엽 빔의 -3 dB 범위로 입사하는 신호는 경로 2(진폭 -3.7dB, 지연시간 0.63us)만 존재한다. 0°로 입사하는 신호는 약 10 dB 정도 감소되기 때문에 거의 영향이 없다. 1번 빔의 에너지는 약 11.1 로 가장 작으며, 채널 특성은 그림 7. 과 같이 주경로가 존재하는 Ricean 특성을 가진다.

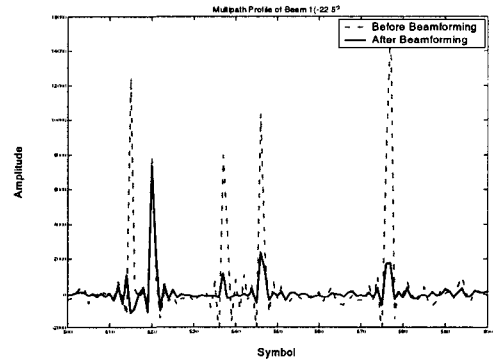


그림 7 . 빔 1의 다중경로 프로파일

나. 2번 빔(0°) 출력

2번 빔의 지향각은 0°이며 주엽 빔의 -3 dB 범위로 입사하는 신호는 경로 1(진폭 0dB, 지연시간 0.15us)만 존재하고, 경로 5(진폭 0.1dB, 지연시간 5.86us)가 -3 dB 범위를 약간 지나는 방위 15°에서 약 -4 dB로 입사한다. 경로 2(0°)는 감쇄없이 수신되는 반면에, 경로 5(15°)는 빔형성에 의해 약 -4 dB가 감쇄되어 빔 출력신호는 그림 8.과 같이 주경로와 다중경로가 4 dB 이상 차이나는 Ricean 채널에 가까운 특성을 가진다. 빔2의 에너지는 빔1 보다는 크고 빔3 보다는 작다.

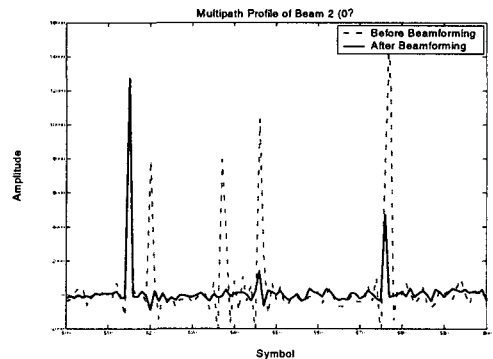


그림 8 . 빔 2의 다중경로 프로파일

다. 3번 빔(+22.5°) 출력

3번 빔의 지향각은 +22.5°이며, 주엽 빔의 -3dB 범위로 입사하는 신호는 경로 5(진폭 0.1dB, 지연시간 5.86 us)와 경로 3(진폭 -2.4dB, 지연시간 2.22us)만 존재한다. 그리고 경로 6(진폭 -2.6dB, 지연시간 5.93us)이 방위 40°로 약 -4 dB 정도 감소되어 입사한다. 3번 빔의 에너지는 약 33.6 으로 가장 큰 에너지를 가진다. 수신신호의 채널 특성은 그림 9와 같이 경로 5와 3 사이에 약 2.4 dB 정도 차이가 존재하는 비교적 큰 두 개의 경로가 존재하고, 6번 경로가 비교적 작은 크기로 나타나는 Rayleigh 페이딩 채널의 특성을 가진다.

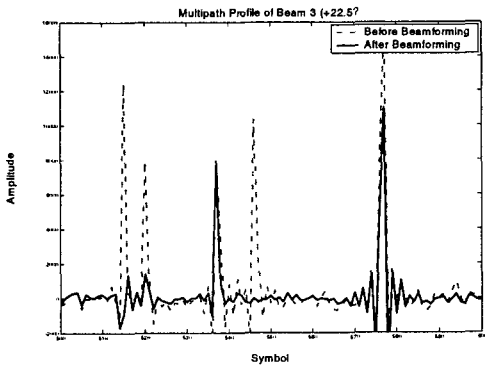


그림 9 . 빔 3의 다중경로 프로파일

라. TOV 분석

3개 빔 출력의 TOV(SER=0.2) 분석은 그림 10과 같이 나타난다. 빔 1은 약 16dB에서, 빔 2는 약 12.3dB에서 TOV가 나타났다. 반면에 가장 큰 에너지를 가지는 빔 3은 TOV가 얻어지지 않는 것을 볼 수 있다. 여기서 최적 빔은 빔 2인데, 각 빔 출력신호의 채널 프로파일을 비교하여 최적 빔을 선택할 수 있다. 최적 빔 선택 과정에서 에너지보다는 채널 프로파일이 더 중요하다는 것을 알 수 있다. 또한 배열이득에 의해 이상적인 채널인 AWGN (additive white Gaussian noise) 채널(TOV=15dB) 보다 더 낮은 TOV를 얻을 수 있는데, 이것은 실내 및 도심지 환경과 같은 더 낮은 전계강도에서도 수신 가능하다는 것을 의미한다.

V. 결론

본 논문에서는 열악한 다중경로 채널에서 VSB 수신 성능 개선을 위하여 기존의 시간영역 채널등화기 외에 공간영역에서 다중경로를 제거하는 빔형성을 적용한 수신성능 개선기법을 제안하였다. 수신기에서 이용할 수 있는 미리 알고 있는 훈련열의 비율이 낮은 VSB 전송시스템에 적용성이 높은 선택형 빔형성을 적용하

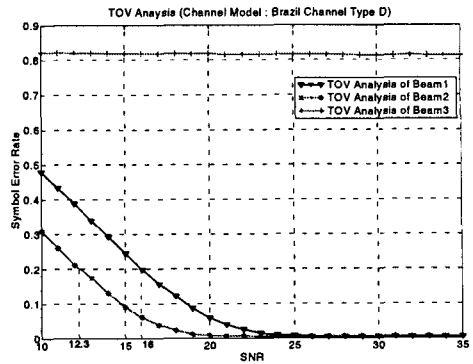


그림 10 . 3개 빔의 TOV 분석 결과

여 브라질 D 채널과 같은 매우 열악한 채널에서 수신 성능이 크게 개선되는 것을 컴퓨터 모의실험을 통하여 확인하였다. 방위 선택적으로 신호를 수신하여 다중경로 신호를 제거는 물론이고, 배열 이득에 의해 AWGN 채널보다 더 낮은 값에서 TOV를 얻을 수 있었다.

향후의 연구는 이동채널에서 수신성능을 개선하기 위한 연구와 빔형성 DTV 수신기의 상용화를 위하여 빔형성에 적용되는 배열 안테나의 크기를 줄이는 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- [1] H. N. Kim, Y. T. Lee and S. W. Kim, Blind decision feedback equalization for VSB-based DTV receivers, *IEEE Transactions on Consumer Electronics* vol. 48, Aug. 2002.
- [2] Advanced Television Systems Committee, *ATSC Digital Television Standard(A/53A)*, April 2001.
- [3] C. K. Kim, K. C. Lee and Y. S. Cho, Adaptive beamforming algorithm for OFDM systems with antenna arrays, *IEEE Transactions on Consumer Electronics* vol 46, Nov. 2000.
- [4] J. C. Liberti and T. S. Rappaport, *Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications*, NJ: Prentice Hall, 1999.