

SFN 환경에서의 모바일 방송 수신 성능 향상 기법

이훈희 윤정일 송윤정 배병준 임형수

한국전자통신연구원

hunhee@etri.re.kr

A Novel Detection Scheme for Mobile Broadcasting System in Single Frequency Network

Lee, Hun-Hee, Yun, Joungil, Song, Yun-Jeong, Bae, Byungjun, Lim, Hyoungsoo

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

AT-DMB의 향상계층은 DQPSK 신호에 BPSK 또는 QPSK 신호를 더하여 변조하는 계층변조 방식을 사용하였기 때문에 수신기에서 채널 왜곡을 보상해야 신호의 복조가 가능하다. 다중 경로가 많은 지역에서는 주파수 선택적 페이딩이 발생하기 때문에 페이딩을 정확하게 추정하지 못하면 AT-DMB 향상계층 수신 성능이 저하되게 된다. 채널왜곡 추정을 위하여 AT-DMB 수신기에서는 채널추정 값을 스무딩하는 대역제한 필터를 사용한다. AT-DMB의 향상 계층 성능은 이 스무딩 필터의 대역폭에 따라 결정이 되며 적절한 필터 대역을 채널의 지연에 따라 설정해야 한다. 특히 SFN 환경에서는 수신 전력이 큰 둘 이상의 서로 다른 지연시간을 가지면서 수신이 되기 때문에 고정 대역폭 스무딩 필터를 사용한 채널왜곡 추정은 성능의 저하를 가져올 수 있다. 본 논문에서는 채널 지연 값을 추정하고 필터의 대역폭을 가변적으로 결정하는 방법에 대하여 설명하고 실험 결과를 보여준다.

1. 서론

T-DMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)는 다른 모바일 TV 시스템 대비 설치비용이 저렴하고, 커버리지가 넓은 등 많은 장점이 있지만, 채널용량이 작아 다채널 서비스와 고품질 서비스 등 다양한 서비스를 제공하는 점에서 어려움이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 AT-DMB(Advanced Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting) 기술이 새로이 개발되었다. AT-DMB는 T-DMB와 역호환성을 유지하고 전송 용량을 늘리기 위해 계층변조를 적용하고 향상계층은 고성능 에러정정 기술인 터보코드를 사용하는 기술이다[1].

T-DMB 변조 방식은 DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying)를 사용하였기 때문에 채널 왜곡의 보상 없이 신호의 복조가 가능하다. 하지만 AT-DMB는 DQPSK 신호에 BPSK 또는 QPSK 신호를 더하여 변조하는 계층변조 방식을 사용하였기 때문에 수신기에서 채널 왜곡을 보상 해주어야지만 향상계층 신호의 복조가 가능하다. AT-DMB의 향상계층에 적용한 복조 방식은 채널왜곡을 추정해 이 정보를 이용하는 방식이어서 페이딩 왜곡을 정확하게 추정하지 못하면 AT-DMB 향상계층 수신 성능이 저하된다. AT-DMB 채널왜곡 추정은 과거에서는 추정된 채널추정 값을 스무딩하기 위해 LPF(Low Pass Filter)를 사용한다. AT-DMB의 향상 계층 성능은 이 스무딩 필터의 대역폭에 따라 결정이 되어 채널의 지연에 적절한 필터 대역폭을 따라 설정해야 한다. 하지만 이동하는 단말기에서는 일정한 채널의 지연을 가지는 신호가 수신되지 않고 채널의 지연 시간이 변화되는 신호가 수신된다. 이러한 이유로 채널의 지연을 분석하여 스무딩

필터의 대역을 설정하는 방법이 필요하다.

본 논문은 채널의 지연시간을 추정하고 필터의 대역을 가변적으로 선택하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 고정 대역을 사용하는 LPF 수신 기법

기존의 AT-DMB에서의 수신기는 수신 신호가 입력되면 동기부를 거쳐 CP(Cyclic Prefix) 제거 후 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행한다. AT-DMB 시스템은 혼린 신호가 없기 때문에 FFT 출력 신호를 이용하여 채널 왜곡 보상을 통해 최종적으로 신호를 복조하게 된다. 채널 왜곡을 보상하기 위해 채널 추정된 신호는 LPF를 통과하게 된다. 이 때 기존 방식은 LPF를 수행할 때 고정된 대역을 사용하는 데 이때 채널 지연 시간의 변화가 발생하면 성능의 저하를 가져올 수 있다. 이러한 현상은 SFN을 구성하였을 때 자주 나타나게 된다. 즉, 서로 다른 송신기에서 전송된 신호가 수신되는 경우 수신 전력이 큰 둘 이상의 서로 다른 지연시간을 가지면서 신호가 수신 되는 것이다. 지연시간의 차이가 클수록 LPF 대역폭도 커져야 채널 왜곡을 정확하게 추정할 수 있지만 LPF필터의 대역폭을 고정 시키면 채널의 지연 시간이 변하는 환경에서는 성능의 열화가 발생하게 된다.

예를 들어 SFN을 구성하지 않았을 경우에는 실제 채널 환경에서 최대 지연 신호의 지연 값이 20μ sec 이내이고 크기도 작아 지연 값이 20μ sec인 경우에 최적화된 필터 대역을 적용하면 신호 복조에 문제가 없다. 하지만 SFN을 구축하였을 경우에는 최대 지연 시간이 20μ sec가 넘어 가게 되고 신호의 크기도 크게 수신되는 경우가 빈번하게 발

생하게 된다. 이러한 경우 20μ sec로 구성된 필터의 대역을 사용하면 현저하게 성능의 저하가 발생하게 된다.

3. 가변 대역을 사용하는 LPF 수신 기법

본 논문에서는 채널의 지연시간을 추정하여 LPF 대역을 가변적으로 적용하는 수신 기법을 제안하며, 그 방법은 다음과 같다.

1. 채널 추정 결과를 FFT 하여 주파수 응답을 구한다.
2. 주파수 응답을 길이가 R 인 M 개의 그룹으로 나누고 아래의 식 (1)과 같이 각 그룹의 전력 합을 구한다. 여기서 F_j 의 값은 채널 추정 값을 FFT한 결과의 j 번째 값의 전력을 나타낸다.

$$P(i+1) = \sum_{j=Range \times i}^{(i+1) \times Range} F_j, \quad 0 \leq i \leq M-1 \quad (1)$$

3. P 의 값을 오름차순 정렬한다.
4. 오름차순 정렬 한 값을 SFN을 구성하는 송신기의 수에 따라 적절한 LPF 대역을 정하게 된다. SFN을 구성하는 송신기의 수는 미리 설정하거나, TII를 이용하여 추정할 수 있다. SFN을 구성하는 송신기 수가 N 대 이면 N 번째 큰 크기의 값이 수신되는 그룹을 찾아 LPF의 대역폭으로 정하게 된다.
5. LPF를 적용한 채널왜곡 값을 수신신호에 보상해준다.

그림 1은 2대의 송신기로 구성된 SFN 환경에서 채널 추정용 대역폭을 결정하는 예를 보여준다. 그림 1에서 채널 추정결과와 FFT 출력을 그림과 같이 M 개의 구간으로 나누어 각각의 전력합을 구한다. 그 중 두 번째로 전력합이 큰 구간(그림 1에서 세 번째 구간) 까지를 채널 추정용 LPF의 대역폭으로 선택한다.

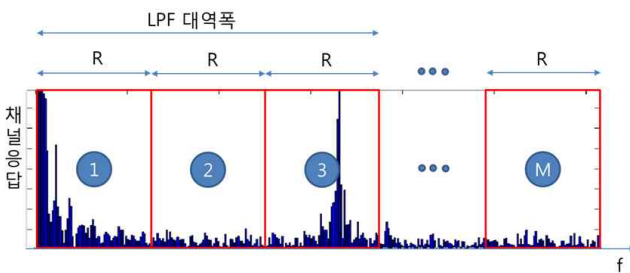


그림 1. 채널 추정 스무딩 LPF 대역폭 결정 방법

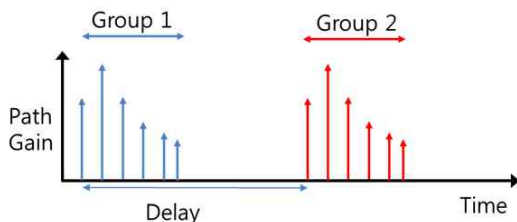


그림 2. 시뮬레이션 채널 환경

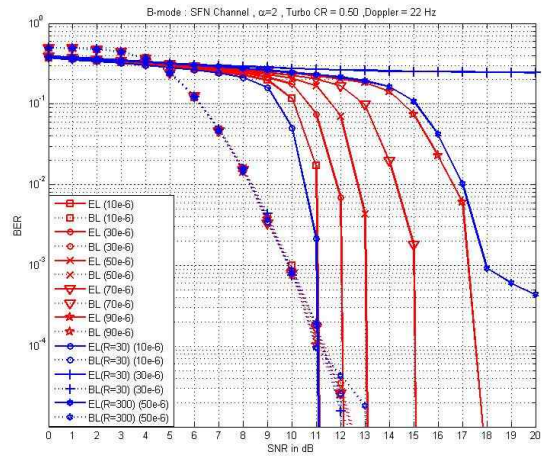


그림 3. 모의 실험 결과

4. 모의 실험 결과

본 논문에서는 그림 2와 같이 2대의 AT-DMB B모드 신호를 송출하는 송신기로 구성된 SFN 채널을 고려하였다. 각각의 채널 그룹들은 TU6 채널로 구성되어 있고 그룹간의 거리는 SFN에 의한 채널 지연시간을 의미한다.

그림 3은 채널 시간 지연과 LPF 대역폭에 따른 성능을 보여준다. 고정 대역폭을 사용하는 LPF 방식은 파랑색 선이며 가변적인 대역폭을 사용하는 LPF 방식은 빨간색으로 표시되어 있다. R 의 값은 LPF의 대역폭을 뜻한다. LPF 대역폭의 Range 값의 대역폭을 30으로 설정하면 채널 지연이 10μ sec 일 경우 문제없이 복호 되지만 채널지연이 30μ sec경우 복조가 안 되는 상황이 발생하게 된다.

고정대역폭의 값을 200으로 설정하면 채널 지연이 50μ sec일 경우 복조에 문제가 없지만 성능 저하가 발생하게 된다. 성능저하의 이유는 채널 지연의 시간이 길어지면 LPF 대역폭도 늘어나야 하기 때문이다. 하지만 채널 지연을 추정하여 가변적인 LPF 대역폭을 가지는 수신 기법은 LPF 대역폭 설정 없이 90μ sec채널 지연을 가져도 채널 지연에 따른 성능 저하는 있지만 신호를 복호하지 못하는 문제는 생기지 않는다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 채널 지연 값을 추정하여 가변적인 LPF 대역폭으로 채널을 추정하고 수신 신호를 검출하는 기법을 제안하였다. 모의실험을 통해 제안된 기법이 기존 기법보다 신호의 지연 변화에 상관없이 우수한 성능을 보인다는 것을 확인 하였다.

ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송 (ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음 (과제명 : 주파수 공유형 방송 기술 개발)”

참고 문헌

- [1] 이훈희, 김광용, 윤정일, 김영수, 송윤정, “정지 환경에서 AT-DMB 실험방송 추정 결과”, 2012년 한국방송공학회 하계학술대회