

디지털 지상파 TV 수신 성능 향상을 위한 데이터 프레임 구조에 관한 연구

박성우*, 김철민*, 김대진*, 전희영+

* 전남대학교 전자공학과

+ ㈜문화방송 기술연구소

A Study on the Frame Structure for the Performance Improvement of Digital Terrestrial TV Receiver

Sung Woo Park*, Cheol Min Kim*, Dae Jin Kim* and Hee Young Jun+

* Department of Electronics Engineering, Chonnam National University

+ MBC Technical Research Center, Munhwa Broadcasting Corp.

E-mail: djinkim@chonnam.ac.kr

요 약

본 논문에서는 동적 다중경로 환경에 대한 DTV 수신 성능 개선을 위하여 정보 데이터 세그먼트 부분에서는 Stop and Go 알고리즘을 사용하고 313 세그먼트 중 한 개만이 훈련열로 쓰이는 기존의 ATSC 표준의 데이터 프레임 구조보다 더 많은 훈련열이 들어있는 새로운 데이터 프레임 구조를 제안한다. 정보가 없는 널 패킷을 훈련열로 대체하기 때문에 데이터의 손실 없이 더 많은 훈련열을 사용하여 특히 동적 다중경로 환경에서 등화기의 수렴 특성을 개선할 수 있다. 전산 모의 실험을 통하여 동적 다중경로 환경의 도플러 천이에 대한 시스템 수신 성능의 개선을 확인하였다.

I. 서 론

8VSB 디지털 TV 초창기 제품으로 테스트 한 결과 국내 지상파 디지털 방송 표준으로 결정된 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 방식이 현재의 아날로그 방식보다 도시형 난청 현상이 심할 가능성이 있고 실내 안테나로 수신할 경우 방송 수신이 제대로 안 되는 문제가 발생할 가능성이 있는 것으로 지적되었다[1]. 현재 미국 전역에서 59개 방송국을 운영하고 있는 싱글레이 브로드캐스트 그룹이 최근 ATSC 방식 지상파 방송의 수신 상태를 점검한 결과 도심에서는 안테나를 정교하게 맞추어야 하고, 아파트 안에서 실내 안테나로 수신하는데 문제가 있다는 점을 지적하

고 있다[1]. 1999년 6월 메릴랜드주 발티모어에서 싱글레이 브로드캐스트에 의해 실시된 COFDM과 8VSB의 성능 평가에서 다중경로에 대한 성능은 COFDM(Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)이 우수한 것으로 나타났다[1]. 그러나 1999년 10월 FCC(Federal Communication Commission)의 발표에 의하면 다중경로에 대한 열화는 초창기 ATSC 방식을 선정할 때 이미 예측되었던 문제이고, 서비스 영역, 임펄스 잡음에 대한 성능, 데이터 전송 속도 등 다른 여러 산업적인 면에서는 8VSB 방식이 우수하기 때문에 기존의 ATSC 방식을 계속 유지하기로 한다고 발표했다[1]. 그러나 2000년 5월에 브라질의 필드 테스트 결과가 발표되면서 다시 한번 방송사들은 ATSC 방식의 실내 수신 성능의 개선과 이동체 수신의 지원을 요구하고 있으며 심지어 이 두 특성에서 우수한 성능을 보이고 있는 DVB-T의 COFDM 방식을 검토해야 한다는 목소리도 커지고 있다. 이러한 요구 사항에 대해 ATSC에서는 ATSC RF Task Force Group을 출범시키고 ATSC 방식의 실내 수신 성능의 개선과 이동체 수신의 지원을 위해 예전의 표준을 갱신하는 것을 논의 중에 있다.

본 논문에서는 이러한 문제의 해결 방안으로 정보 데이터 세그먼트 부분에서는 Stop and Go 알고리즘을 사용하고 정보가 없는 널(Null) 패킷을 훈련 싱크로 대체하여 데이터 손실 없이 더 많은 훈련 싱크를 사용함으로써 동적인 다중경로 채널 환경에서 고정 또는 이동 수신기의 수신 성능을 향상시킬 수 있다.

II. 데이터 프레임 구조

그림 1은 ATSC 표준안의 데이터 프레임 구조이다. 각 데이터 프레임은 2개의 데이터 필드로 이루어져 있고 각 필드는 313 데이터 세그먼트(Data Segments)로 이루어져 있다. 데이터 필드(Data Field)의 첫번째 데이터 세그먼트는 동기용 신호인 데이터 필드 동기 신호이고 수신기측 동화기를 위해 사용되어지는 훈련용 데이터 시퀀스를 포함하고 있다. 나머지 312 데이터 세그먼트들은 각각 188 바이트 트랜스포트 패킷에 FEC용 데이터가 추가로 20 바이트씩 실려 있다. 실제로 각 데이터 세그먼트에 있는 데이터는 데이터 인터리빙 때문에 몇 개의 전송 패킷들로부터 나온다. 데이터 세그먼트는 832 개의 심볼들로 이루어져 있다. 첫번째 4개 심볼은 2진 형태로 전송되어지고 세그먼트 동기의 기준을 제공한다. 이 데이터 세그먼트 동기 신호는 MPEG 2-TS의 188 바이트 중 첫 번째 바이트인 싱크 바이트를 나타낸다. 나머지 828 심볼들은 트랜스포트 패킷의 187 바이트와 FEC의 데이터이다. 이들 828 심볼들은 8 레벨 신호로서 전송되어짐으로써 각 심볼 당 3 비트를 실어 보낸다. 따라서 2484 비트 (828 x 3)의 데이터가 각 데이터 세그먼트마다 실려 보내진다.

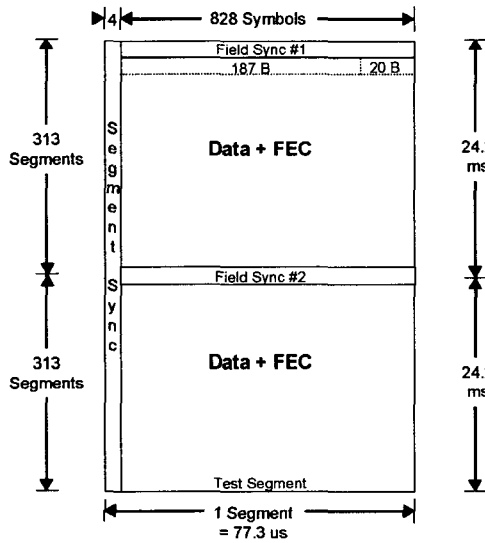


그림 1. ATSC 표준의 데이터 프레임 구조

그림 2는 본 논문에서 제안하는 데이터 프레임의 구조이다. 제안된 데이터 프레임 구조는 널 패킷이 8VSB 송신기에 입력될 경우 2-레벨의 훈련 싱크를 전송해서 수신단에서 동화기의 훈련 데이터로 사용하여

고정 및 이동 수신체의 수신 성능을 증가 시키고자 한다. MPEG2-TS(Transport Stream) 엔코더에서 MPEG 데이터가 없거나 파괴되면 널 패킷이 8VSB 처리 전에 삽입된다. 첫번째 경우는 트랜스포트 엔코더에서 트랜스포트 스트림 엔코더 출력 데이터량 보다 입력 데이터량이 작은 경우 널 패킷을 발생하는 경우이고, 두번째 경우는 8VSB 송신기 출력 데이터량 보다 입력 데이터량이 작은 경우 8VSB 처리 전에 널 패킷이 삽입된다. 종전의 방식은 이 널 패킷의 경우도 8-레벨로 변조되어 송신되고 수신단에서도 8-레벨로 디코딩한 뒤 MPEG2 트랜스포트 디코더에서 버리게 되어 있다.

훈련 싱크 할당 방법은 첫째, 널 패킷이 들어 오는 순서대로 데이터 세그먼트에 훈련 싱크를 삽입하는 방식이 있다. 이 방식은 널 패킷이 발생하는 대로 데이터 세그먼트를 2-레벨의 훈련 싱크를 전송한다. 두번째 방식은 필드 싱크 이외의 312개의 세그먼트 중에서 널 패킷개수에 따라 필드 내에 균일하게 훈련 싱크를 배열하는 방식이다. 이 방식은 프레임 포맷의 버퍼에서 하나의 필드 기간에 존재하는 널 패킷의 개수를 파악하여 데이터 필드 내에 균일하게 배치한다. 한 필드 당 널 패킷의 개수는 최소 0 개에서 최대 312 개 이다. 그러므로 훈련 싱크의 개수를 필드 싱크 내의 예비공간의 104 비트 중에서 9 비트를 사용하여 전송할 수 있다.

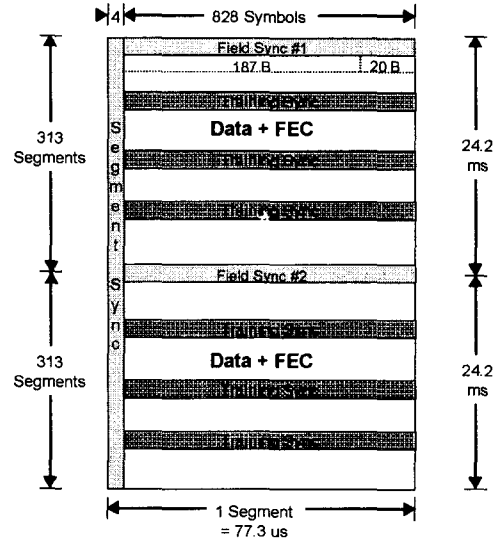


그림 2. 제안된 데이터 프레임 구조

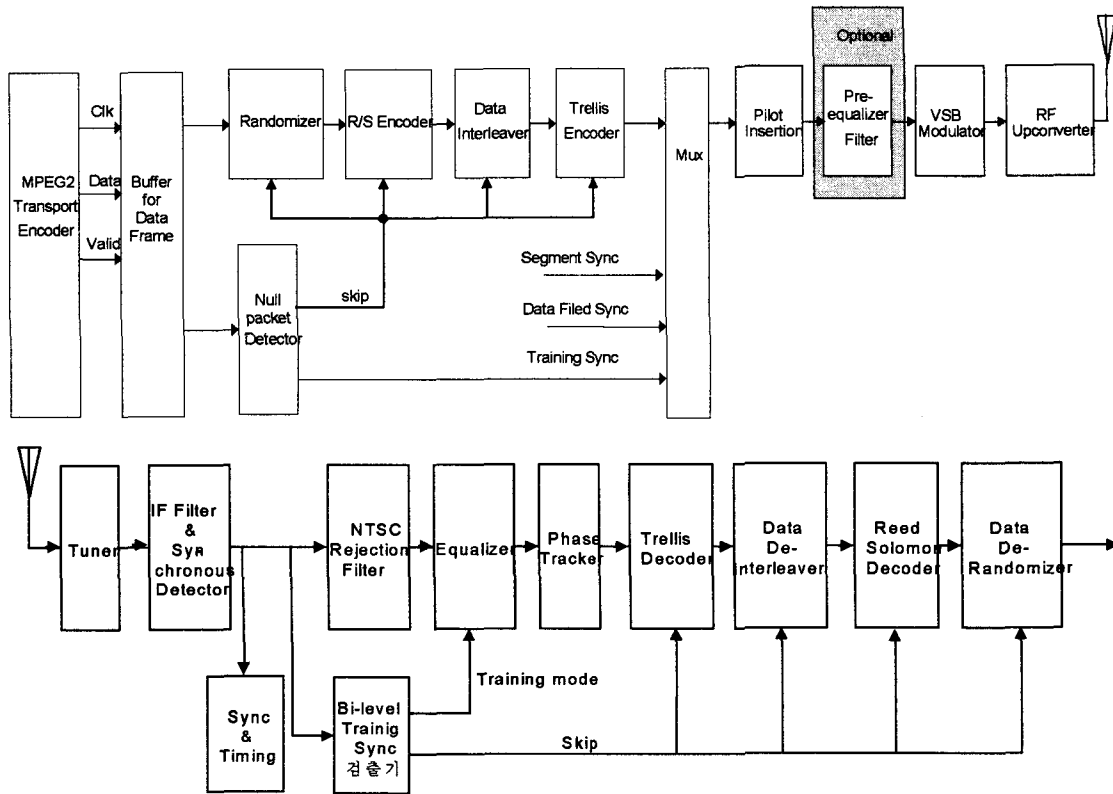


그림 3. 제안된 송신기 및 수신기 구조

그림 3은 제안된 데이터 프레임에 대한 송수신 시스템의 블록 다이어그램이다.

송신기 구조를 보면 MPEG2 트랜스포트 엔코더에서 송신기로 데이터가 입력되면 널 패킷 검출기에서 널 패킷을 검출한다. 널 패킷을 제외한 데이터 스트림은 난수화기를 거쳐, RS 엔코더, 데이터 인터리버, 트렐리스 엔코더를 거쳐 8-레벨의 전송용 파형으로 변형된다. 널 패킷에 대응하는 2-레벨의 훈련 싱크는 트렐리스 엔코더 뒤의 믹스(Mux)에서 삽입된다.

널 패킷에 대응하는 훈련 싱크가 삽입될 데이터 세그먼트의 기간동안에는 정지 신호를 발생하여 정지(skip) 시에는 난수화기, R/S 엔코더, 데이터 인터리버, 트렐리스 엔코더의 동작을 정지 시킨다.

제안된 방식의 수신기 구조는 싱크와 타이밍 블럭 뒤에 2-레벨 훈련 싱크 검출기가 존재한다. 수신기 채널 등화기에서는 훈련 싱크 검출 구간에서는 훈련 싱크를 훈련용 데이터로 사용하여 등화기를 수렴시킨다. 그리고 이후에는 훈련 싱크에 해당하는 정지 신호를 발생시켜 이 신호일 경우 송신기에서 한 것과 마찬가지로 트

렐리스 디코더, 데이터 디인터리버, RS 디코더, 데이터 역난수화기를 정지(freeze)시킨다. 수신기에서는 종전의 데이터 프레임의 경우 보다 많은 2-레벨 데이터가 존재하므로 등화기에서 수렴 속도를 높일 수 있으며 멀티패스 신호나 도플러 효과에 의한 신호 간섭에 대한 수신 신호 성능을 향상시킬 수 있다.

III. 전산 모의 실험

이 장에서는 케이던스사의 SPW 툴을 사용하여 8VSB 송수신기를 구현하고 앞장에서 설명한 데이터 프레임에 대하여 도플러 천이가 있는 동적인 환경에서 전산 모의 실험을 수행하여 수신 성능을 비교 분석하였다.

ATSC 표준의 데이터 프레임 구조와 각각 5%, 10%, 20%의 널 패킷이 있는 경우에 훈련 싱크로 대체된 데이터 프레임 구조가 사용되었다. 이 때, 훈련 싱크는 균등하게 분배되어 삽입되었다고 가정한다. 일반 정보 데이터 부분에서는 Stop and Go 알고리즘[4]을 사용하였다. 시스템의 성능은 SER(Symbol Error Rate)로 측정되었다. TOV(Threshold Of Visibility)를 만족하는 세그먼트 에러율

은 2×10^4 인데[3] 이것은 RS 디코딩 이후의 비트에러율 3×10^{-6} 과 등화기 이후 대략 0.2 심볼에러율에 해당된다.

다중경로 환경은 주경로와 $1 \mu\text{s}$ 지연의 -3 dB 에코 한개로 이루어져 있으며 도플러 주파수를 바꾸어 가면서 실험하였다. 그림 4는 도플러 주파수가 각각 0 Hz, 10 Hz, 20 Hz 일 때의 SER 을 보여준다. 등화기의 스텝 사이즈는 정적 다중경로 환경에 알맞게 훈련열 모드와 블라인드 모드 모두 1×10^{-5} 으로 설정되어 있다. 도플러가 없는 정적인 환경에서는 네개의 데이터 프레임 구조의 성능 차이가 거의 없다. 10 Hz 정도의 도플러 주파수에서는 훈련 싱크가 많이 들어가 있는 프레임 구조가 더 좋은 성능을 나타내지만 Stop and Go 알고리즘도 어느정도 수렴하는 것을 알 수 있다. 도플러 주파수가 20 Hz로 커지면 Stop and Go 알고리즘은 수렴하지 않고 훈련 싱크이 많을 수록 훨씬 더 좋은 성능을 나타냄을 볼 수 있다. 그리고 더 좋은 성능을 얻기 위해서는 트래킹 능력이 좋도록 스텝 사이즈를 키우는 것이 필요하다.

그림 5는 동적인 환경에 알맞게 트래킹 능력이 좋도록 등화기의 스텝 사이즈를 훈련열 모드는 4×10^{-5} 으로, 블라인드 모드는 2×10^{-5} 으로 설정하여 실험한 결과를 보여준다. 훈련 싱크가 전체 데이터의 10 %이면 도플러 주파수가 30 Hz, 40 Hz 일 때 정적 환경과 비교하여 약 1 ~ 2.5 dB 의 CNR 손실만 있고 20 %이면 약 0.5 ~ 1.5 dB 의 손실만 있다. 또한 그림 4의 20 Hz 일 때와 같이 스텝 사이즈를 조정하면 30 Hz 일 때보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

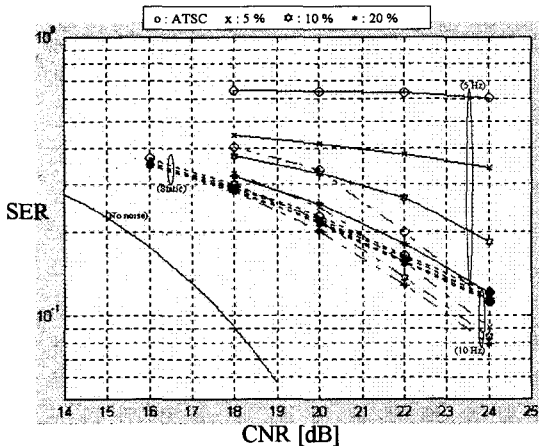


그림 4. Static, 10 Hz, 20 Hz 일 때의 SER

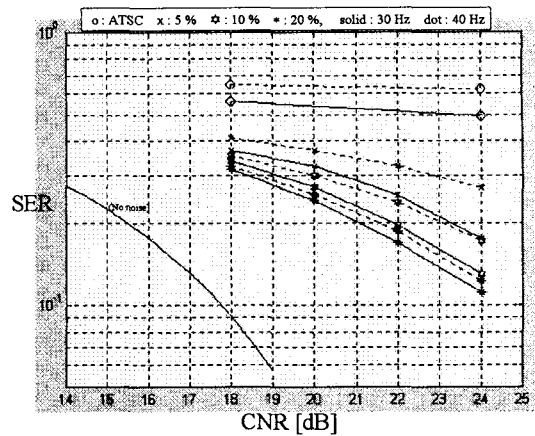


그림 5. 30 Hz, 40 Hz 일 때의 SER

IV. 결론

본 논문에서는 8VSB 디지털 지상파 TV의 수신 성능을 저하시키는 요인이 되고 있는 동적 다중경로 환경의 도플러 천이에 대한 시스템 수신 성능의 개선을 위하여 데이터 손실 없이 더 많은 훈련 싱크를 사용하는 새로운 데이터 프레임 구조를 제안하고 전산 모의 실험을 통하여 검증하였다.

본 논문에서 제안한 널 패킷을 이용한 데이터 프레임 구조에 대한 전산 모의 실험 결과 종래의 데이터 프레임 구조보다 더 많은 훈련 싱크를 사용함으로써 동적 다중경로 환경에 대한 수신기의 성능이 향상되었다.

참고 문헌

- [1] FCC, OET Report FCC/OET 99-2, DTV report on COFDM and 8VSB performance, Sep. 1999.
- [2] ATSC, ATSC Doc. A/53, ATSC digital television standard, 1995.
- [3] ATSC, ATSC Doc. A/54, Guide to the use of the ATSC digital television standard, 1995.
- [4] G. Picchi and G. Prati, Blind equalization and carrier recovery using a Stop-and-Go decision-directed algorithm, IEEE Trans. on Comm., vol. COM-35, No.9, pp. 877-887, Sep. 1987.