

DMB 시스템을 위한 채널 임펄스 응답 분석시스템 개발

이재권 김정현 전성호 임중곤

KBS 기술연구소

Breeze@kbs.co.kr

Development of CIR analyzer for DMB system

Lee, Jaekwon Kim, Junghyun Jeon, Sungho Yim, Zungkon

KBS Technical Research Institute

요약

DMB 시스템은 직교주파수분할 (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반의 전송방식을 사용하기 때문에, 단일 주파수 네트워크 (SFN : Single Frequency Network) 기반 방송망 구축이 가능하다. 이러한 SFN 방송망은 인접 송신기의 시간 및 주파수 동기, 송신소 사이의 거리, 송신 전력의 크기를 고려하여야 하며, 이를 위해서는 먼저 특정 수신점에서 채널 임펄스 응답 (CIR : Channel Impulse Response) 을 분석하여 간섭을 최소화되도록 설계하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 DMB 시스템에서 다중경로에 의한 간섭을 효율적으로 측정하는 기법을 제안하고, 모의실험을 통해 제안된 기법의 성능을 검증하고자 한다.

1. 서론

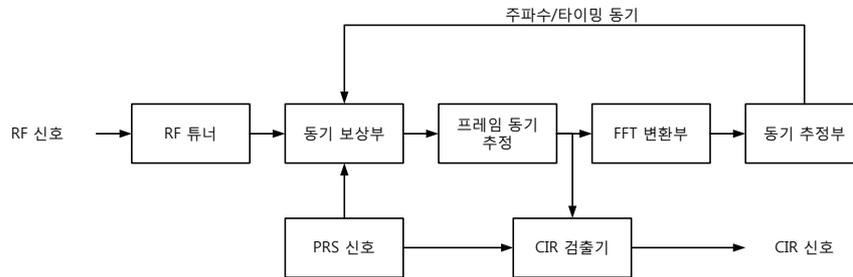
DMB 시스템은 다중경로와 도플러 간섭 등이 발생하는 환경에서 강인한 OFDM 전송방식을 사용하므로 기존의 ATSC 지상파 DTV 시스템과는 달리 SFN 방송망 구축이 가능하다. SFN은 주파수를 절약할 수 있고, 네트워크 이득으로 인한 수신 전계강도 상승을 제공하는 측면에서 넓은 지역을 커버하는 방송망 구성에 매우 효율적인 기술이다. 이러한 SFN 방송망에서는 OFDM 심볼의 보호구간을 벗어나는 신호는 간섭으로 작용하며, 수신신호의 신호대잡음비 (SNR : Signal to Noise Ratio) 특성을 열화 시키는 문제를 유발한다. 따라서 반드시 OFDM 심볼의 보호구간 이내에 모든 신호가 수신되어야만 한다.

일반적으로 SFN 구축에 의한 간섭은 크게 두 가지 해결방법으로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 OFDM 심볼의 보호구간을 최대한 길게 설정하는 것이다. 이 방법은 간편하게 모든 간섭을 OFDM 심볼의 보호구간 이내로 들어오게 할 수 있지만, 보호구간이 길어질수록 OFDM 심볼의 데이터 구축이 짧아져, 보낼 수 있는 전송률이 낮아지는 단점이 있다. 두 번째는 SFN 방송망을 구성하는 인접 송신기의 시간 및 주파수 동기, 송신소 사이의 거리, 송신 전력의 크기를 고려하여, 송신 기법 최적 Delay를 조절하는 방법이다. 이 방법은 효율적으로 SFN을 구축할 수 있지만, SFN을 구축하는 지역의 채널 환경에 따라 결과가 다르게 때문에, 상황에 따라 적절한 파라미터를 적용하는 것이 중요하다. 따라서 SFN 방송망을 구축하기 위해서는, 먼저 CIR을 분석하고, 이를 바탕으로 적절한 송신기법 파라미터를 도출하는 것이 중요하다. 또한 DMB 시스템에서는 고정 측정은 물론 이동 측정을 통한 필드 테스트가 가능한 특징이 있다. 이동 측정을 위해서는 측정 지점에서의 순간적인 연산을 통해 채널 환경을 분석하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 시스템의 복잡도를 낮춰 고속으로 측정하는 기법이 필요하다.

본 논문에서는 DMB 시스템에서 CIR을 측정 효율을 높일 수 있는 기법을 제안하고, 컴퓨터 모의실험을 통해 검증하고자 한다.

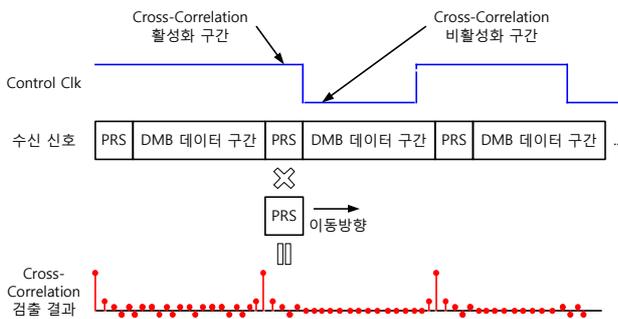
2. 시스템 구성

[그림 1]은 DMB 기반 CIR 분석 시스템의 구조를 나타낸 것이다. 수신안테나로부터 수신된 RF 신호는 다중경로에 의한 간섭 영향을 받은 신호로 RF 튜너를 통해 기저대역(BB : Baseband) 신호로 변환된다. 변환된 BB 신호는 우선 동기 보상부를 통해 주파수 및 타이밍 동기를 보상한다. 이후 주파수와 타이밍이 보상된 신호를 이용하여, 프레임 동기를 추정하게 된다. 프레임 동기는 DMB 심볼의 동기채널 안의 위상참조심볼 (PRS : Phase Reference Symbol) 신호를 이용하여, Cross-Correlation 기반 검출기법을 적용한다. 기본적으로 PRS 심볼의 경우 높은 자기상관 특성과 낮은 상호상관 특성을 가지기 때문에, 주파수/타이밍 동기가 보상된 BB 신호의 PRS 심볼이 있는 구간에서만 주기적으로 높은 피크값 특성을 보여준다. 따라서 높은 피크 값을 가지는 시점이 프레임 동기의 시작임을 알 수 있다. 프레임 동기의 시작점을 찾은 후, 수신된 PRS 심볼을 추출하여 CIR 검출기와 FFT 변환부로 전송한다. CIR 검출기는 상기 수신된 PRS 심볼과 기 약속된 송신 PRS 심볼을 Cross-Correlation 기반 검출기법을 적용하여 CIR을 계산할 수 있다. 또한 FFT 변환부에서는 입력되는 신호를 고속 푸리에 변환 (FFT : Fast fourier transform)을 적용하여 주파수 도메인에서 주파수/타이밍 동기를 추정하게 된다. 일반적으로 OFDM 전송 방식에서는 주파수 동기는 Beek 알고리즘 및 타이밍 동기는 파일럿 추정 알고리즘을 이용하여 추정할 수 있으며, 상기 추정된 주파수/타이밍 동기 정보는 다음번 OFDM 심볼에서 적용된다 [1].



[그림 1] 다중경로에 의한 간섭 측정시스템 구조

3. 시스템 연산 복잡도 저감기법



[그림 2] 시스템 연산 복잡도 저감기술

[그림 1]에서 보는 것처럼 기본적으로 CIR을 검출하기 위해서는 우선 프레임 동기를 추정하여 PRS 심볼의 시작점을 찾아야만 한다. 하지만 일반적으로 주파수와 타이밍이 보상된 수신 신호 안에 어느 시점에서 PRS 심볼이 나타나지는지를 알기 위해서는 Cross-Correlation 기반 검출기법을 적용해야 하며, 이러한 과정에서 높은 연산 복잡도를 요구하게 된다. 예를 들어 N 개의 심볼을 Cross-Correlation 할 경우, N^2 의 곱셈연산이 필요하게 된다. 또한 DMB 시스템에서는 96ms 마다 주기적으로 PRS 심볼을 전송하기 때문에, 주파수와 타이밍이 보상된 수신 신호의 모든 구간에서 Cross-Correlation 기반 검출기법을 적용하는 것은 시스템의 연산량을 증가시키게 된다.

따라서 PRS 심볼의 주기성을 이용하여 Cross-Correlation을 활성화 구간과 비활성화 구간으로 나누면 연산 복잡도를 감소시킬 수 있다. [그림 2]에 나타난 것처럼, 수신신호의 맨 처음 DMB 심볼 프레임 동안에는 모든 구간에서 Cross-Correlation 기반 검출기법을 적용하여, 피크 값의 위치를 측정한다. 그 후 두 번째 DMB 심볼 프레임에서는 첫 번째 찾은 피크 값의 위치에서 다음 번째 PRS 심볼이 발생하는 주기만큼의 시간동안 Cross-Correlation 검출을 비활성화시킨 후, 다음 번째 PRS 심볼이 발생하는 구간에서만 Cross-Correlation 검출을 활성화시킨다. 이러한 경우 Cross-Correlation 기반 검출기법이 비활성화 되는 DMB 데이터 심볼 구간에서는 프레임 동기 추정, FFT 변환부, CIR 검출부 등의 후속 연산을 진행하지 않기 때문에, 전반적인 시스템 연산 복잡도를 낮출 수 있다.

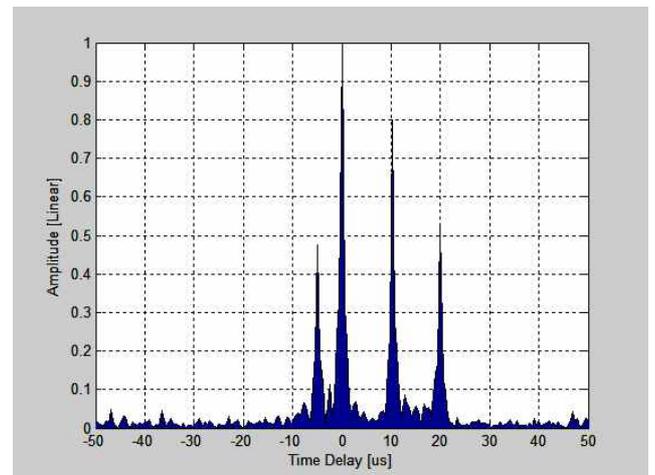
4. 모의실험 결과

DMB 시스템에서 제안된 기법의 성능을 분석하기 위하여 모의실험

를 수행하였다. [표 1]은 제안된 기법을 분석하기 위한 CIR 모델링 파라미터이다. 실험결과 [그림 3]에서 보는 것처럼 전반적인 시스템의 연산 복잡도를 낮추면서도 [표 1]에 나타난 CIR 모델링 파라미터와 거의 유사한 진폭을 측정할 수 있음을 알 수 있다.

[표 1] CIR 모델링 파라미터

	Delay [us]	Amplitude [Lin.]
Pre-Ghost #1	-5.0	0.50
Main Signal	0	1.00
Post-Ghost #1	10	0.79
Post-Ghost #2	20	0.50



[그림 3] 다중경로에 의한 간섭 측정결과

5. 결론

본 논문에서는 DMB 시스템에서 다중경로에 의한 간섭을 효율적으로 측정할 수 있는 기법을 제시하였다. 제안된 기법은 Cross-Correlation 기반 검출기법을 PRS 구간에만 적용함으로써, 전반적인 시스템 연산 복잡도를 낮추면서도 우수한 CIR 측정 성능을 보여준다. 추후 필드환경에서 실측을 통한 시스템의 성능을 연구할 계획이다.

참고문헌

[1] Van de Beek, "A time and frequency synchronization scheme for multiuser OFDM", IEEE Transactions on Selected Areas in Communications, pp. 1900-1914, Vol. 17, Issue 11, Nov. 1999.