

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제3호, 2013년 5월 (JBE Vol. 18, No. 3, May 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.3.435>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

향상된 지상파 DTV 채널 프로파일 측정기술

이재권^{a)†}, 전성호^{a)}, 김정현^{a)}, 서영우^{a)}, 경일수^{a)}

Improved Channel Profile Measurement Technique for ATSC Terrestrial DTV System

Jaekwon Lee^{a)†}, Sung-Ho Jeon^{a)}, Jung-Hyun Kim^{a)}, Young-Woo Suh^{a)}, and Il-Soo Kyung^{a)}

요 약

ATSC (Advanced Television System Committee) 지상파 DTV(Digital Television) 방송시스템은 6 MHz 대역폭을 이용하여 최대 19.2 Mbps의 데이터 전송률을 지원하지만, 멀티패스 페이딩이 발생하는 도심 환경에서는 수신 성능이 급격히 나빠지는 단점을 가지고 있다. 도심 환경에서 DTV 수신기의 성능 열화를 개선하기 위해서는 무엇보다도 멀티패스 페이딩 채널을 측정하고 분석하는 것이 중요하다. 하지만 ATSC 지상파 DTV 방송시스템의 8-VSB(Vestigial Sideband Modulation) 변조 방식은 동위상 채널에만 DTV 심볼 데이터를 전송하기 때문에, 직교위상 채널을 예측하지 않으면 정확한 멀티패스 페이딩 채널 측정이 어려워진다. 본 논문에서는 지상파 DTV 방송시스템의 VSB 펄스성형 필터를 이용하여 직교위상 채널을 예측하고, 이를 통해 멀티패스 페이딩 채널을 보다 정확하게 측정하는 DTV 채널 프로파일 측정기술을 제안하고 모의실험을 통해서 성능을 분석하였다.

Abstract

ATSC terrestrial DTV system can support high data rates for HDTV(High Definition Television) service, but it suffers from significant performance degradation caused by multipath fading. Thus, it is necessary to analyze multipath fading effects in order to enhance the DTV reception performance. Generally, DTV channel profile can be obtained by auto-correlation between reference pseudo random signal and received DTV signal. However, in the ATSC terrestrial DTV system, the estimation performance of DTV channel profile may be decreased due to the VSB modulation features. In this paper, improved DTV channel profile measurement technique is analyzed and proposed.

Keyword : 8-VSB, PN511, CIR, ATSC

1. 서론

1997년 말 한국의 지상파 DTV 방송 표준을 ATSC로 결정한 이래로, 2000년대 실험방송과 2012년 디지털 전환을 거쳐 본격적인 HDTV 방송시대를 맞고 있다. 이러한 ATSC 지상파 DTV 방송 표준은 8-VSB 변복조 기술을 적

a) 한국방송공사 기술연구소 (Korean Broadcasting System Technical Research Institute)

† Corresponding Author : 이재권(Jaekwon Lee)
E-mail: breeze@kbs.co.kr
Tel: +82-2-781-5264

Manuscript received January 14, 2013 Revised March 18, 2013
Accepted April 10, 2013

용하여 6MHz 채널 대역폭을 통해 최대 19.2 Mbps의 높은 데이터 전송률을 지원하지만, 송신소와 수신소 사이 각종 구조물이 있는 도심 환경에서는 전파의 반사, 회절, 산란 등으로 인한 멀티패스 페이딩 왜곡이 발생하게 된다^[1]. 따라서 고용량 DTV 데이터를 안정적으로 전송하기 위해서는, 이러한 멀티패스 페이딩 왜곡을 최소화 하는 것이 중요하다. 일반적으로 DTV 수신환경에서 멀티패스 페이딩 왜곡을 낮추는 방법으로 크게 두 가지를 고려할 수 있는데, 첫 번째는 물리적으로 수신 안테나 위치를 변경하는 것이고, 두 번째는 수신 등화기술을 이용하는 방법이다^[2]. 첫 번째 방법은 간단하게 멀티패스 페이딩 왜곡을 낮출 수 있지만, 주변 환경에 따라 물리적인 한계가 발생한다. 두 번째는 디지털로 구현하여 주파수나 변조 방식 등에 구애받지 않으며, 멀티패스 페이딩 왜곡을 효율적으로 제거할 수 있지만, 각 제조사 또는 세대 별로 수신 등화 성능이 달라진다. 따라서 송수신점 사이에서 발생하는 멀티패스 페이딩 채널을 분석하고 이를 바탕으로 적합한 왜곡 보상기술을 적용한다면, 좀 더 효율적으로 DTV 수신환경을 개선할 수 있다.

일반적으로 멀티패스 페이딩 채널을 분석하기 위해서는 상관도 검출 기반의 채널 프로파일 측정 방법을 이용한다. 하지만 동위상과 직교위상 채널 모두를 이용하여 심볼 데이터를 전송하는 DSB-QAM (Double Sideband Quadrature Amplitude Modulation) 변조 방식과는 달리, ATSC 8-VSB 변조 방식에서는 동위상 채널만 이용하여 DTV 심볼 데이터를 전송한다^[3]. 따라서 직교위상 채널을 예측하지 않으면 정확한 멀티패스 페이딩 채널 측정이 어려워지며, 결과적으로 채널 프로파일의 측정 성능이 저하되는 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 ATSC 지상파 DTV 방송시스템에서 멀티패스 페이딩 채널을 효율적으로 측정할 수 있는 채널 프로파일 측정 기술을 제안한다. 제안된 방법은 VSB 펄스성형 필터와 복소 상관도 검출 기법을 적용하여 채널 프로파일의 정확도를 향상시키는 방법이다. 모의실험 결과 제안된 방법을 이용하면 신뢰성 있는 채널 프로파일을 측정이 가능하며, 이를 통해 DTV 수신불량의 원인을 효율적으로 판별하고 나아가 DTV 수신환경 개선의 방향을 제시 할 수 있다.

II. ATSC 지상파 DTV 방송시스템 특성

1. 지상파 DTV 변복조 기술

그림 1은 ATSC 지상파 DTV 방송에 적용되는 8-VSB 변조 시스템 구조이다. 우선 8-VSB 변조가 수행되기 전에 트렐리스 부호기 출력 신호와 세그먼트 및 필드 동기 신호를 다중화하고, 직류 성분의 파일럿 신호를 더해준다. 생성된 파일럿 삽입 신호는 10.76 MHz 심볼율을 가지는 I 채널 심볼 데이터로 구성되며, 변조기 입력신호로 사용된다. 8-VSB 변조기에서는 입력된 I 채널 심볼 데이터를 2.69 MHz 주파수만큼 상향 변환 후, 정합필터를 통과시켜 I/Q 채널 VSB 신호를 생성한다. 이 때 정합필터는 송수신 환경에서 발생할 수 있는 인접 심볼 간섭을 제거하기 위해 적용되며, 차단 주파수가 2.69 MHz이고, 필터 초과대역이 11.52% 인 SRRC (Square Root Raised Cosine) 필터를 사용한다. 생성된 I/Q 채널 VSB 신호를 수식으로 모델링하면 다음과 같이 정의한다.

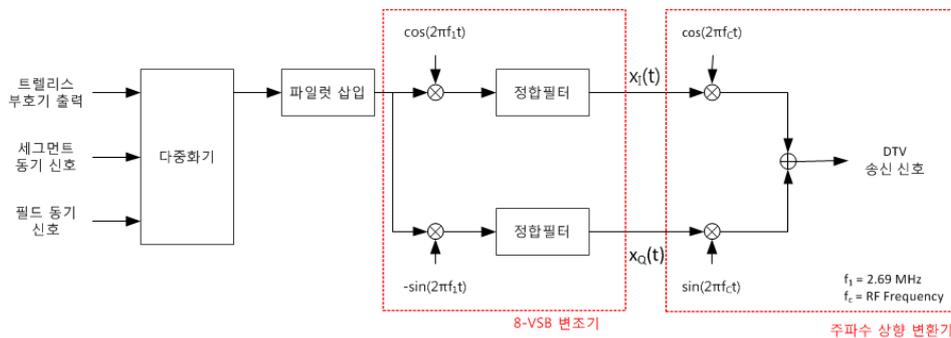


그림 1. 8-VSB 변조 시스템 모델링
Fig. 1. Modeling of 8-VSB modulation system

$$x_I(t) = x(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) * \sqrt{g}(t) \quad (1)$$

$$x_Q(t) = -x(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) * \sqrt{g}(t) \quad (2)$$

여기서 $x(t)$ 는 8-VSB 변조기 입력 신호를, $\sqrt{g}(t)$ 는 정

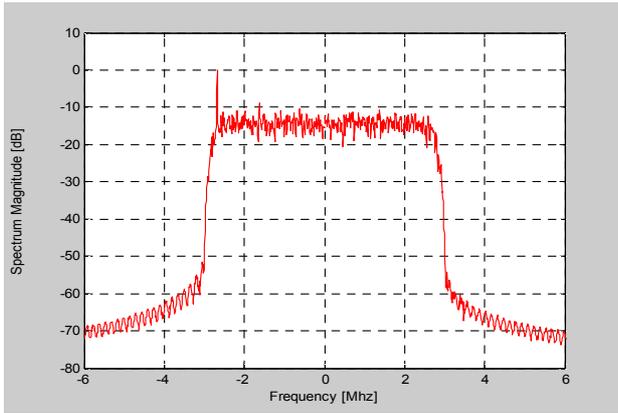


그림 2. 8-VSB 변조 신호의 채널 스펙트럼
 Fig. 2. Channel Spectrum of 8-VSB modulated signal

합필터를, *는 컨벌루션 연산을 나타낸다. 생성된 I/Q 채널 VSB 신호는 전송하고자 하는 RF 반송파 주파수로 주파수 상향변환 후 결합하여, 그림 2와 같은 VSB 채널 스펙트럼을 얻을 수 있다.

8-VSB 복조기 구조는 그림 3에 나타낸 것처럼 변조기의 역 과정으로 나타낼 수 있다. 수신된 DTV 신호를 주파수 하향 변환기를 거쳐 I/Q 채널 VSB 신호로 변환한 후, 정합 필터를 거쳐 2.69 MHz 만큼 주파수를 이동하여 더해지면, 10.76 MHz 심볼을 가지는 I/Q 채널 심볼 데이터가 그림 4과 같이 생성된다. 만약 주파수 하향 변환된 I/Q 채널 VSB 신호를 수식 (1),(2) 로 가정한다면, VSB 복조된 I/Q 채널 심볼 데이터는 다음과 같이 표현된다.

여기서 $g(t)$ 는 RC (Raised Cosine) 필터를 나타낸다. 일반적으로 I 채널 심볼 데이터를 활용하여 DTV 영상 정보를 복원하며, Q 채널 심볼 데이터는 위상 및 선형/비선형 왜곡 등의 RF 왜곡 특성을 분석 등의 내부 용도로만 사용된다.

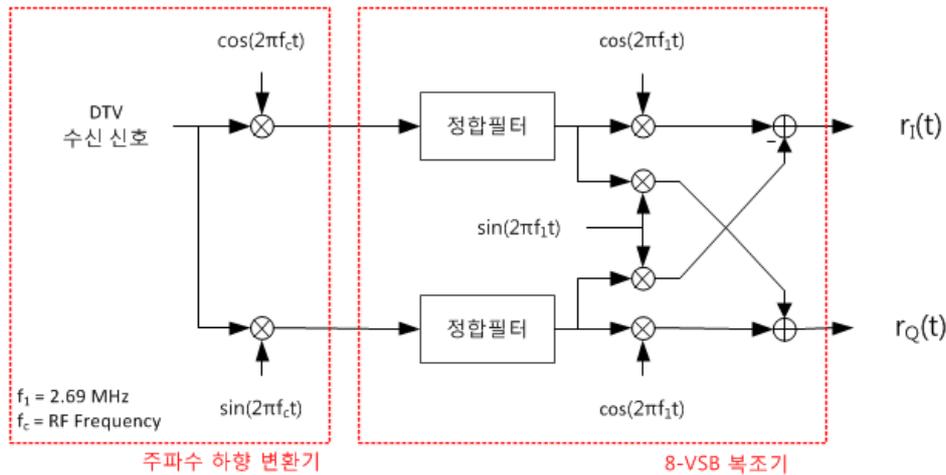


그림 3. 8-VSB 복조 시스템 모델링
 Fig. 3. Modeling of 8-VSB demodulation system

$$\begin{aligned} r_I(t) &= x_I(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) - x_Q(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) \\ &= \{x(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) * g(t)\} \cdot \cos(2\pi f_1 t) + \{x(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) * g(t)\} \cdot \sin(2\pi f_1 t) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} r_Q(t) &= x_I(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) + x_Q(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) \\ &= \{x(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) * g(t)\} \cdot \sin(2\pi f_1 t) - \{x(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) * g(t)\} \cdot \cos(2\pi f_1 t) \end{aligned} \quad (4)$$

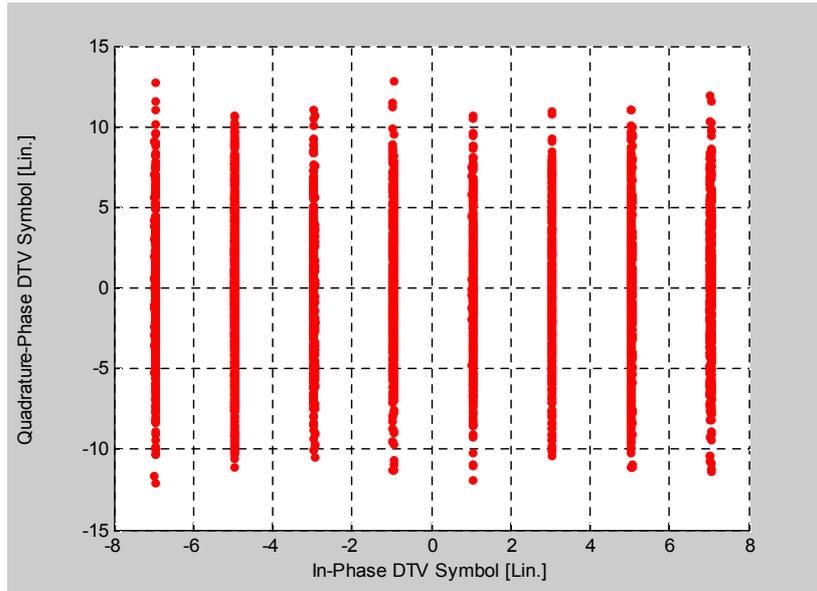


그림 4. 8-VSB 복조된 심볼 데이터 격자도
Fig. 4. Constellation of 8-VSB demodulated symbol

2. 지상파 DTV 채널 프로파일 측정 기술

도심 환경에서는 주변 구조물에 의한 전파의 반사, 회절, 산란 등의 영향으로 각각 다른 지연시간, 진폭, 위상을 갖는 다중파가 중첩된 형태로 수신되게 된다. 이러한 다중파 중첩 현상은 멀티패스 페이딩 왜곡을 발생시키며, 결과적으로 DTV 수신 성능의 열화를 발생시킨다. 따라서 DTV 수신환경을 개선하기 위해서는 무엇보다 멀티패스 페이딩 왜곡을 분석하는 것이 중요하다. 일반적으로 멀티패스 페이딩 왜곡은 채널 프로파일 측정을 통해 분석할 수 있다. 채널 프로파일은 수신 신호와 기준 신호의 상관도 검출 방법으로 측정할 수 있는데, 이때 사용되는 기준 신호는 높은 자기상관(Auto Correlation) 특성과 상호 상관 특성(Cross Correlation)을 가져야 한다^[4]. ATSC 지상파 DTV 방송시스템의 필드 동기 신호는 이러한 상관특성을 만족하기 때문에, 상기 필드 동기 신호와 VSB 복조된 심볼을 이용하여 상관도 검출 방법을 적용하면 채널 프로파일을 측정할 수 있다.

하지만 ATSC 지상파 DTV 방송의 경우, 기준 신호로 이용하는 필드 동기 신호가 I 채널 심볼 데이터로만 구성되기

때문에, 생성된 채널 프로파일 결과 역시 동위상으로만 측정된다. 이 경우 직교위상에 해당하는 위상 성분만큼 오차가 발생하며, 결과적으로 측정된 채널 프로파일의 성능이 나빠지게 된다. 이러한 문제를 해소하고자 그림 5과 같이 기존에는 측정된 동위상 채널 프로파일을 이용하여 직교위상을 생성하는 힐버트 변환기반의 포스트 신호처리 방법이 연구되었다^[5]. 이때 힐버트 변환의 정의는 다음과 같다.

$$\sigma_H(\omega) = \begin{cases} i = e^{i\pi/2} & \text{for } \omega < 0 \\ 0 & \text{for } \omega = 0 \\ -i = e^{-i\pi/2} & \text{for } \omega > 0 \end{cases} \quad (5)$$

힐버트 변환기반의 포스트 신호처리 방법을 적용하면 직교위상 채널 프로파일을 대략적으로 예측할 수 있지만, 다음과 같은 문제점이 발생한다. 식 (5)에 나타난 것처럼, 힐버트 변환은 직류 성분 근처에서 위상 불균형 특성을 가지기 때문에 힐버트 변환으로 얻은 직교위상 채널 프로파일 역시 직류 성분 근처에서 위상 불균형 주파수 응답특성을 가지며, 이로 인하여 성능 열화가 발생할 수 있다. 또한 멀티패스 페이딩 채널에 진폭 왜곡과 위상 왜곡이 존재할 경

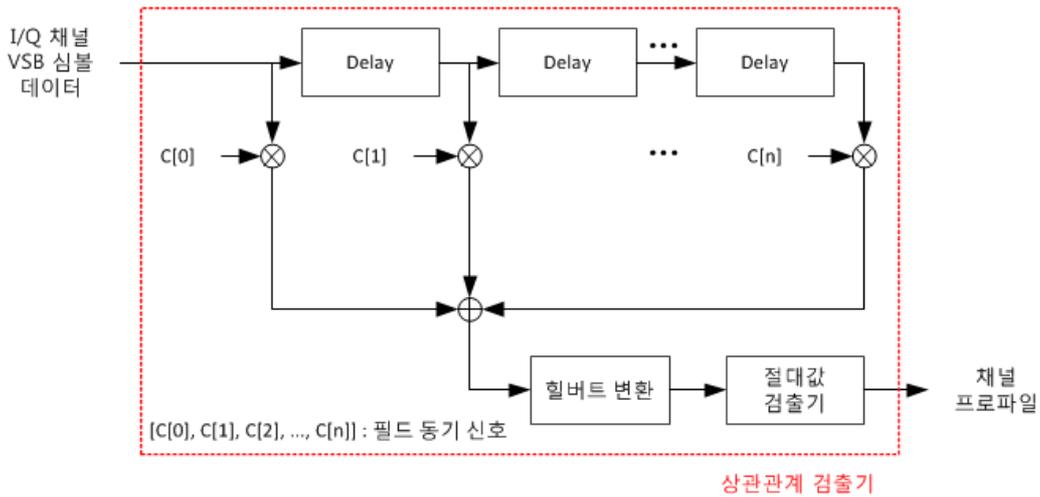


그림 5. 힐버트 변환을 이용한 채널 프로파일 측정기술
 Fig. 5. Channel profile measurement technique using hilbert transform

우, 힐버트 변환 기반의 포스트 신호처리 방법으로는 이러한 위상 왜곡을 측정하기 어렵다. 따라서 DTV 전송 시스템에서 신뢰성 있는 채널 프로파일을 획득하기 위해서는 멀티패스 페이딩 채널의 진폭 및 위상 왜곡을 효율적으로 측정할 수 있는 새로운 방법이 제안될 필요가 있다.

III. 향상된 지상파 DTV 채널 프로파일 측정 기술

일반적으로 ATSC 지상파 DTV 방송시스템에서 상관도

기반 채널 프로파일 검출 방법의 성능이 떨어지는 원인은 기준 신호로 사용되는 필드 동기 신호가 I 채널 심볼 데이터로만 구성되어 있기 때문이다. 따라서 제안하는 채널 프로파일 측정 방법은, 그림 6에 나타난 것처럼, 기준 신호로 사용되는 필드 동기 신호의 Q채널 심볼 데이터를 VSB 펄스성형 필터를 이용하여 생성하고, 이를 활용하여 VSB 복조된 I/Q 채널 DTV 심볼 데이터와 복소 상관도 검출 기법을 적용하여 채널 프로파일을 측정하는 것이다. 이 경우에는, 추가적인 힐버트 변환 기반 포스트 신호처리 과정 없이, 동위상 및 직교위상 채널 프로파일을 측정할 수 있다. 여기서 VSB 펄스성형 필터 출력 신호는 다음과 같이 계산한다.

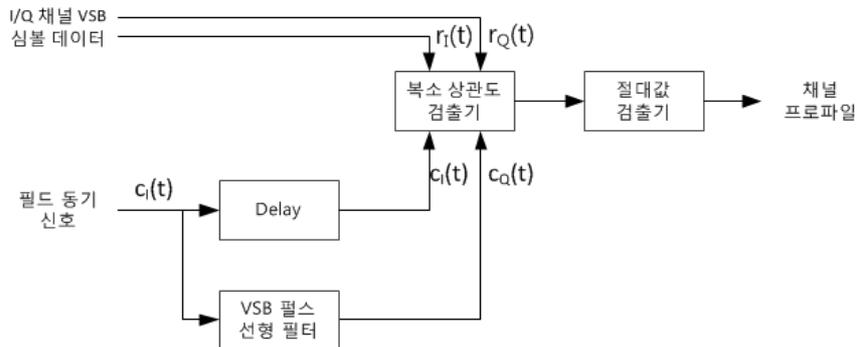


그림 6. 제안된 채널 프로파일 측정 기술
 Fig. 6. Proposed DTV channel profile measurement technique

$$c_Q(t) = 2 \cdot c_I(t) * g(t) \cdot \{\sin(2\pi f_1 t) * \cos(2\pi f_1 t)\} \quad (6)$$

그림 7과 그림 8은 제안된 구조의 VSB 펄스성형 필터 계수와 주파수 응답 특성을 나타낸다. 만약 멀티패스 채널을 통과하여 수신기로 입력된 DTV 신호를 주파수 하향 변환하였을 경우, VSB 복조된 I/Q 채널 심볼 데이터는 다음과 같이 표현된다.

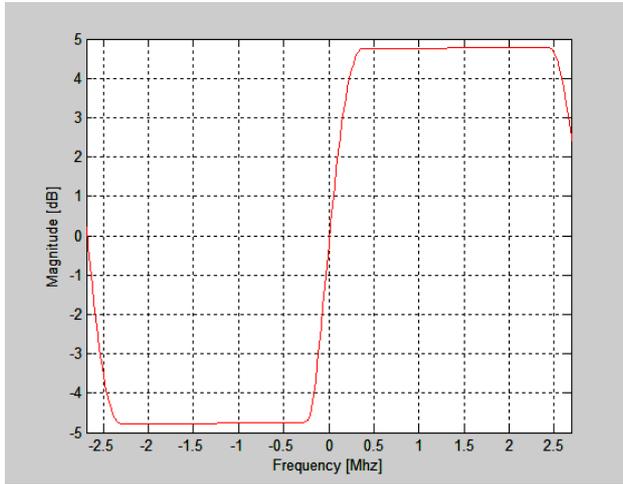


그림 7. 제안된 VSB 펄스성형 필터의 주파수 응답
Fig. 7. Frequency response of proposed VSB pulse shaping filter

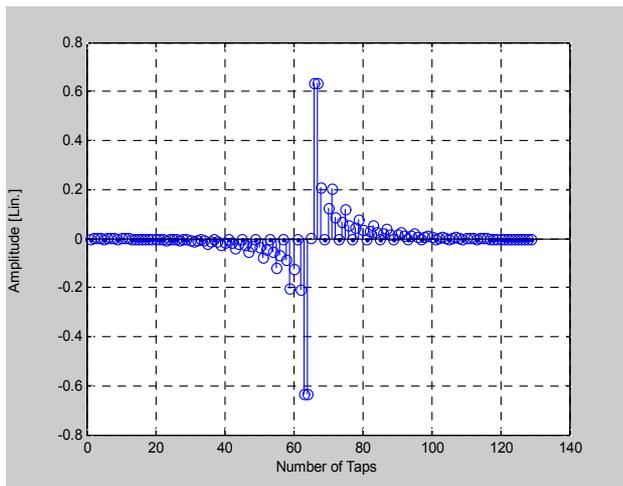


그림 8. 제안된 VSB 펄스성형 필터의 계수
Fig. 8. Filter coefficient of proposed VSB pulse shaping filter

$$z_I(t) = x_I(t) * h_I(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) - x_Q(t) * h_Q(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) = r_I(t) * h_I(t) - r_Q(t) * h_Q(t) \quad (7)$$

$$z_Q(t) = x_I(t) * h_I(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \sin(2\pi f_1 t) + x_Q(t) * h_Q(t) * \sqrt{g}(t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) = r_I(t) * h_I(t) + r_Q(t) * h_Q(t) \quad (8)$$

여기서, $h_I(t) = a(t)\cos(\theta(t))$ 는 I 채널 멀티패스 페이딩 등가 모델을 $h_Q(t) = a(t)\sin(\theta(t))$ 는 Q 채널 멀티패스 페이딩 등가모델을 나타내며, $a(t)$ 와 $\theta(t)$ 는 멀티패스 진폭 및 위상 왜곡을 나타낸다. VSB 복조된 I/Q 채널 심볼 데이터와 앞에서 얻은 I/Q 채널 필드 동기 신호를 이용하여 복소 상관도 검출 기법을 적용하면, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} R_{xx-I}(t) &= c_I(t) * z_I(t) + c_Q(t) * z_Q(t) \\ &= c_I(t) * \{r_I(t) * h_I(t) - r_Q(t) * h_Q(t)\} + c_Q(t) * \{r_I(t) * h_I(t) + r_Q(t) * h_Q(t)\} \\ &= \sum_{l=1}^L c_I(l) \cdot r_I(t-l) * h_I(t) - \sum_{l=1}^L c_I(l) \cdot r_Q(t-l) * h_Q(t) + \sum_{l=1}^L c_Q(l) \cdot r_I(t-l) * h_I(t) + \sum_{l=1}^L c_Q(l) \cdot r_Q(t-l) * h_Q(t) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} R_{xx-Q}(t) &= c_Q(t) * z_I(t) + c_I(t) * z_Q(t) \\ &= c_Q(t) * \{r_I(t) * h_I(t) - r_Q(t) * h_Q(t)\} + c_I(t) * \{r_I(t) * h_I(t) + r_Q(t) * h_Q(t)\} \\ &= \sum_{l=1}^L c_Q(l) \cdot r_I(t-l) * h_I(t) - \sum_{l=1}^L c_Q(l) \cdot r_Q(t-l) * h_Q(t) + \sum_{l=1}^L c_I(l) \cdot r_I(t-l) * h_I(t) + \sum_{l=1}^L c_I(l) \cdot r_Q(t-l) * h_Q(t) \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 L은 I/Q 채널 필드 동기신호의 길이를 나타낸다.

앞 장에서 살펴본 것처럼, 기준 신호로 사용하는 I/Q 필드 동기 신호는 높은 자기 상관특성과 낮은 상호 상관특성을 지니기 때문에, 다음과 같은 수렴 특성을 보인다.

$$\sum_{l=1}^L c_I(l) \cdot r_I(t-l), \sum_{l=1}^L c_Q(l) \cdot r_Q(t-l) \simeq 1 \quad (11)$$

$$\sum_{l=1}^L c_I(l) \cdot r_Q(t-l), \sum_{l=1}^L c_Q(l) \cdot r_I(t-l) \simeq 0 \quad (12)$$

결과적으로 식 (9) 및 (10)는 다음과 같은 표현할 수 있다.

$$R_{xx-I}(t) \simeq h_I(t) + h_Q(t) \quad (13)$$

$$R_{xx-Q}(t) \simeq h_I(t) - h_Q(t) \quad (14)$$

따라서 계산된 상관도 검출 결과의 절댓값을 구하면 최종적으로 다음과 같은 채널 프로파일을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Channel Profile} &= \sqrt{R_{xx-I}^2(t) + R_{xx-Q}^2(t)} \\ &= \sqrt{2 \cdot (h^{2I}(t) + h^{2Q}(t))} \\ &= \alpha \cdot a(t) \end{aligned} \quad (15)$$

여기서 α 는 스케일링 상수 값을 나타낸다. 식 (13)에서 보는 것처럼 제안된 채널 프로파일 측정기법은 위상 불균형 문제없이, 효율적으로 채널 프로파일 측정이 가능하다.

IV. 모의실험 결과

본 장에서는 제안된 채널 프로파일 측정기술의 성능을 검증하고, 그 유용성을 입증하고자 한다. 모의실험에서는 256탭의 정합필터를 적용한 VSB 변복조 시스템을 구성하였고, 128탭의 제안된 8-VSB 펄스성형 필터를 이용하여 필드 동기 신호의 Q채널 심볼 데이터를 생성하였다. 또한 브라질 E 채널모델과 [표 1]과 같이 위상 왜곡이 포함된 브라

질 E 채널모델을 이용하여 제안된 채널 프로파일 검출기법과 기존 힐버트 변환 기반의 포스트 신호처리 방법의 성능을 분석하였다.

표 1. 수정된 브라질 E 채널모델
 Table 1. Modified Brazil E channel model

	지연시간 [us]	진폭 [dB]	위상 [deg]
멀티패스 1	0	0	60
멀티패스 2	1	0	70
멀티패스 3	2	0	80

또한 제안된 방법과 기존 방법의 성능을 분석하기 위한 지표로 채널 프로파일의 평균제곱오차 (Mean Square Error)를 사용하며, 다음과 같이 정의하였다.

$$MSE(dB) = 10 \log \left(\sum_n^N |CIR_{Actual} - CIR_{Measured}|^2 \right) \quad (16)$$

여기서 CIR_{Actual} 는 모의실험에 적용된 실제 채널모델, $CIR_{Measured}$ 는 수신 신호로부터 측정된 채널모델, N 는 채널 모델의 멀티패스 수를 나타낸다. 그림 9,10은 브라질 E 채널모델과 수정된 브라질 E 채널모델의 평균제곱오차 성능을 10000번 반복하여 측정된 통계적 특성 결과를 나타낸다. 그림 9,10에 나타난 것처럼, 동위상 성분만으로 채널 프로파일을 측정할 경우 정확한 채널 추정이 불가능하지만, 동위상 및 직교위상 성분을 이용하여 채널 프로파일을 측정할 경우에는 좀 더 정확한 채널 추정이 가능함을 알 수 있다. 그리고 기존 힐버트 변환기반 포스트 신호처리 방법의 경우, 직류 성분 근처에서 위상 불균형 주파수 응답특성으로 인하여 제안된 방법보다 평균제곱오차의 성능이 나빠진 것을 알 수 있다. 또한 수정된 브라질 E 채널모델처럼 멀티패스 페이딩 채널에 진폭 왜곡과 위상 왜곡이 동시에 존재할 경우, 기존 힐버트 변환기반 포스트 신호처리 방법으로는 이러한 위상 왜곡을 측정하기 어려워 추가적인 평균제곱오차 성능 손실이 발생함을 알 수 있다. 그에 비해 제안된 방법은 위상 왜곡이 있더라도 항상 신뢰성 있는 채

널 프로파일 측정 성능을 보여줄 수 있다.

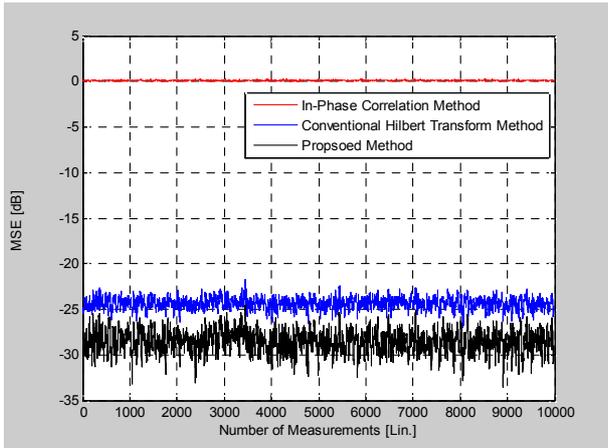


그림 9. 브라질 E 채널을 이용하여 측정한 채널 프로파일 성능
Fig. 9. MSE performance of channel profile using brazil E channel

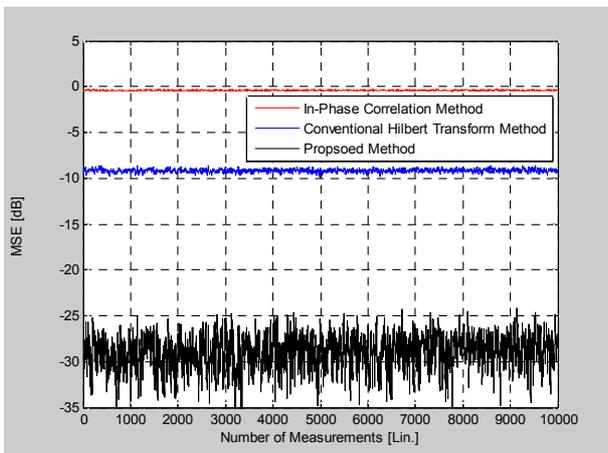


그림 10. 수정된 브라질 E 채널을 이용하여 측정한 채널 프로파일 성능
Fig. 10. MSE performance of channel profile using modified brazil E channel

그림 11~14은 브라질 E 채널 모델과 수정된 E 채널 모델에 대한 채널 프로파일 측정 결과를 나타내었다.

그림 11,12에서 보는 것처럼, 기존 힐버트 변환 기반의 포트 신호처리 방법으로 측정된 채널 프로파일의 경우 위상 불균형 왜곡으로 인한 약간의 진폭 오차를 포함하는데 비하여 제안된 방법으로 측정된 채널 프로파일에서는 거의 실제 채널모델 값을 측정함을 알 수 있다. 또한 멀티패

스 페이딩 채널에 위상 왜곡이 있는 경우, 기존 방법으로 측정된 채널 프로파일에서는 추가적인 진폭 손실이 발생하여 측정 결과의 신뢰성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 반면 제안된 방법은 기준 신호의 Q채널 심볼 데이터와 비교신호인 VSB 복조된 Q채널 심볼 데이터를 바탕으로 직교위상의 채널 프로파일을 측정하기 때문에 상대적으로 신뢰성 있는 채널 프로파일 측정 결과를 보여줄 수 있다.

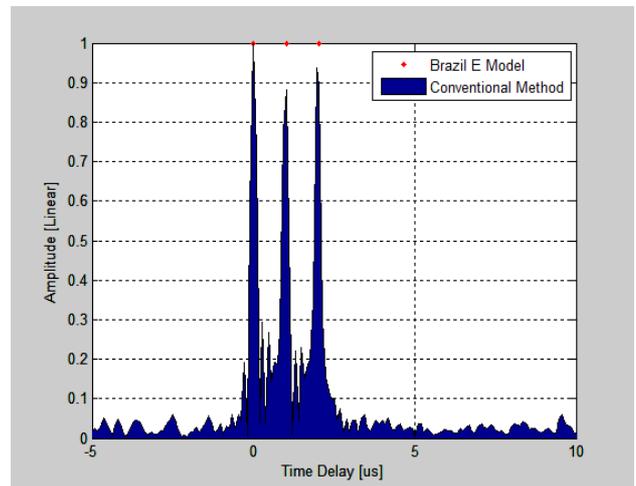


그림 11. 힐버트 변환기반 채널 프로파일 검출 방법 (브라질 E 채널)
Fig. 11. Channel profile using conventional Hilbert transform method (Brazil E Channel)

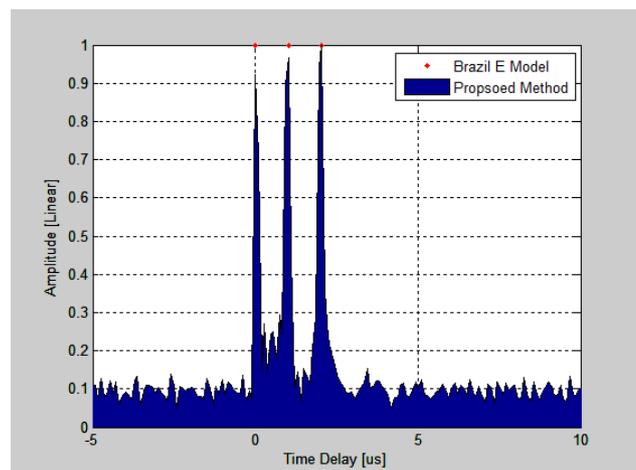


그림 12. 제안된 채널 프로파일 검출 방법 (브라질 E 채널)
Fig. 12. Channel profile using proposed method (Brazil E Channel)

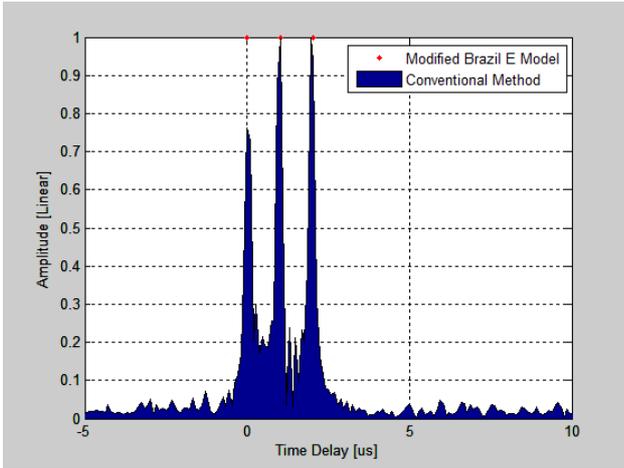


그림 13. 힐버트 변환기반 채널 프로파일 검출 방법 (수정된 브라질 E 채널)
 Fig. 13. Channel profile using conventional hilbert transform method (Modified Brazil E Channel)

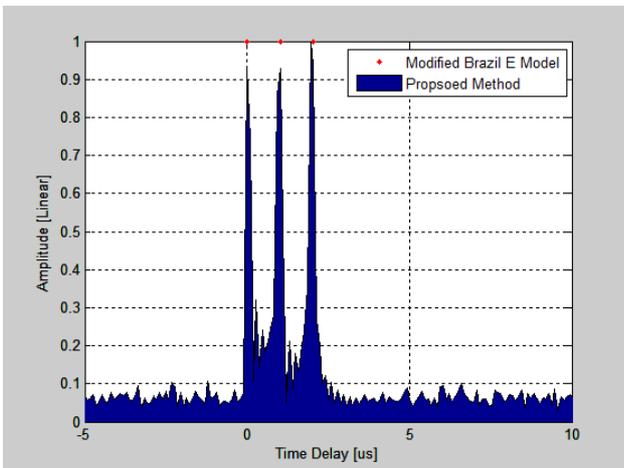


그림 14. 제안된 채널 프로파일 검출 방법 (수정된 브라질 E 채널)
 Fig. 14. Channel profile using proposed method (Modified Brazil E Channel)

V. 결론

본 논문에서는 ATSC 지상파 DTV 방송시스템에 멀티패스 페이딩 왜곡을 효과적으로 측정하는 향상된 채널 프로파일 측정방법 및 구조에 대해 살펴보았다. 제안된 채널 프로파일 측정 방법은 VSB 펄스성형 필터를 이용하여 펄드

동기신호의 Q채널 심볼 데이터를 생성하고, 복소 상관도 기반 검출 방법을 적용하여 추가적인 힐버트 기반 포스트 신호처리 과정 없이 동위상 및 직교위상 채널 프로파일을 검출하는 것이다. 제안된 방법은 멀티패스 페이딩 채널에 진폭 및 위상 왜곡이 존재하더라도 항상 신뢰성 있는 채널 프로파일 측정이 가능함을 모의실험을 통해 검증하였다. 이러한 채널 프로파일 측정 결과를 바탕으로 DTV 수신환경 개선의 방향을 제시할 수 있으며, 향후에는 본 측정 방법의 하드웨어 적용 및 성능 개선을 통해 방송사 DTV 수신환경 개선을 위한 분석 시스템에 활용할 계획이다.

참고 문헌

- [1] Digital Broadcasting Experts Group, "Comments on the ABERT/SET Final Report", July 2000.
- [2] Laud, T., "Performance of 5th generation 8-VSB receivers", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Nov. 2004.
- [3] ATSC, "ATSC Digital Television Standard - Part 2: RF/Transmission System Characteristics", ATSC Standard A/53, Dec. 2011.
- [4] Sarwate, D.V. and Pursley, M.B., "Crosscorrelation properties of pseudorandom and related sequences", Proceedings of the IEEE, May 1980.
- [5] Y. Suh, J. Lee, H. Mok, J. Choi and J. Seo, "Channel and Data Analysis System for Digital TV Broadcasting Using Modified Hilbert Transform", Journal of the Korean Society of Broadcast Engineers, July 2009.
- [6] H. Kim, Y. Lee and S. Kim, "Mathematical Modeling of VSB-Based Digital Television Systems", ETRI Journal, Feb. 2003.
- [7] J. Lee, Y. Suh, J. Choi and J. Seo, "VSB-Based Digital On-Channel Repeater with Interference Cancellation System", ETRI Journal, Oct. 2011.
- [8] S. Park, J. Lee, H. Kim, and W. Oh, "Transmitter Identification Signal Analyzer for Single Frequency Network", IEEE Trans. on Broadcasting, Sep. 2008.
- [9] S. Yim, C. Su, M. Shiue, L. Huang, C. Wang, S. Jou, W. Way, "A New VSB Modulation Technique and Shaping Filter Design", IEEE International Symposium on Circuit and Systems, May 1996.
- [10] Brian D.O. Anderson and Michael Green, "Hilbert transform and gain/phase error bounds for rational functions", IEEE Trans. on Circuits and Systems, May. 1988.
- [11] Pandey, J.N., "The Hilbert transform of Schwartz distributions and applications", John Wiley, 1996.
- [12] S. Osnaghi, "Effects of the channel profile on correlation measurements", Electronics Letters, Mar. 1968.
- [13] Li, Mingqi, Tan Jianguo and Zhang Wenjun, "A channel estimation method based on frequency-domain pilots and time-domain processing

for OFDM systems", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Nov. 2004.

[14] Zhang, Hong, "Cyclostationarity-based doppler spread estimation in mobile fading channels", IEEE Trans. on Communications, Apr. 2009.

저 자 소 개



이 재 권

- 2002년 3월 ~ 2006년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학사)
- 2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학과 (공학석사)
- 2006년 3월 ~ 2008년 3월 : 한국전자통신연구원 인지접속연구팀 석사과정 연구생
- 2008년 3월 ~ 현재 : KBS 방송기술연구소 연구원
- 주관심분야 : VSB 및 OFDM 전송시스템, 디지털 RF, 안테나 설계



전 성 호

- 2005년 8월 : 연세대학교 공과대학 전기전자공학부 공학학사
- 2007년 2월 : 연세대학교 일반대학원 전기전자공학과 공학석사
- 2007년 3월 ~ 현재 : KBS 기술연구소 주임연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 일반대학원 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : UHD TV 지상파 전송시스템, MIMO-OFDM 전송 기술



김 정 현

- 2006년 2월 : 연세대학교 공과대학 전기전자공학부 공학학사
- 2008년 2월 : 연세대학교 일반대학원 전기전자공학과 공학석사
- 2008년 3월 ~ 현재 : KBS 기술연구소 연구원
- 주관심분야 : 지상파 DTV 전송시스템



서 영 우

- 1991년 3월 ~ 1995년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학석사)
- 2007년 3월 ~ 2011년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : KBS 방송기술연구소 수석연구원
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, RF 신호처리, DTV 전송시스템



경 일 수

- 1984년 : 고려대학교 전자공학과 학사
- 1987년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- 1990년 : 삼성종합기술원
- 현재 : KBS 기술연구소 팀장
- 2012년 : 지상파 UHD TV 실험방송 추진
- 주관심분야 : 모바일/DTV 방송, 스마트 DMB, UHD TV