

ATSC 3.0 을 위한 부트스트랩 신호 검출 방식 연구

*김정창, **박성익, **김홍묵

*한국해양대학교, **한국전자통신연구원, **한국전자통신연구원

*jchkim@kmou.ac.kr

Study on Detection of Bootstrap Signals for ATSC 3.0

*Jeongchang Kim, **Sung Ik Park, and **Heung Mook Kim

*Korea Maritime and Ocean University

**Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 ATSC 3.0 규격에서 정의되는 부트스트랩 신호의 검출 방식에 대해서 소개한다. 부트스트랩 신호는 ATSC 3.0 방송 신호의 프레임에 앞서서 전송되는 신호로서 해당 방송 신호의 존재 및 이후 프리앰블에 대한 정보를 시그널링하는 역할을 하므로 ATSC 3.0 방송 신호의 복조 이전에 부트스트랩을 먼저 검출해야 한다. 본 논문에서는 부트스트랩 신호의 구조를 이용하여 수신기에서 부트스트랩 신호를 검출하는 방법을 제시한다.

1. 서론

최근, ATSC (Advanced Television Systems Committee)에서는 차세대 방송방식으로서 ATSC 3.0 규격의 개발을 진행하고 있다. 2013년부터 표준화 작업이 시작되어 [1][2], 2015년 5월에 ATSC 3.0 물리계층의 한 부분인 “System Discovery and Signaling” 후보 규격 (A/321)이 승인되었다 [3]. 또한, 2015년 9월말에는 ATSC 3.0 물리계층 후보 규격 (A/322)이 승인되었으며 [4], 2016년에 표준화가 완료될 예정이다.

ATSC 3.0 규격에서 하나의 프레임은 부트스트랩 (bootstrap), 프리앰블 (preamble), 한 개 이상의 부프레임 (subframe)으로 구성된다. 부트스트랩은 프레임의 맨 앞에 위치하며 수신기에게 ATSC 3.0 신호의 존재를 알려주며 수신기 동기 등에 사용된다. 수신기에서 신호를 복조하는데 필요한 정보를 알려주기 위하여 부트스트랩은 모든 수신기에 동일하게 사용되는 고정된 파라미터를 가지고 전송된다.

본 논문에서는 ATSC 3.0 규격에서 정의되는 부트스트랩 신호의 검출 방식에 대해서 소개한다. 부트스트랩 신호는 ATSC 3.0 방송 신호의 프레임에 앞서서 전송되는 신호로서 해당 방송 신호의 존재 및 이후 프리앰블에 대한 정보를 시그널링하는 역할을 하므로 ATSC 3.0 방송 신호의 복조 이전에 부트스트랩을 먼저 검출해야 한다. 본 논문에서는 부트스트랩 신호의 구조를 이용하여 수신기에서 부트스트랩 신호를 검출하는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 ATSC 3.0의 부트스트랩 신호의 구조에 대해서 소개하고, 3절에서 부트스트랩 신호의 검출 방법을 제시한다. 4절에서 전산 실험 결과를 제시하고 결론을 맺는다.

2. ATSC 3.0 을 위한 부트스트랩 신호의 구조

그림 1은 ATSC 3.0의 부트스트랩 신호 생성을 위한 생성기의 구조를 나타낸다. 부트스트랩 신호로 사용되는 수열은 PN (pseudo-random noise) 수열이 덧입혀진 Zadoff-Chu 수열이 사용된다. Zadoff-Chu 수열의 root 값은 부트스트랩의 major version 을 나타내고 PN 수열의 seed 는 minor version 을 나타낸다. 생성된 수열은 주파수 영역에서 부반송파에 할당되고 IFFT (inverse fast Fourier transform)를 통하여 시간영역 신호로 변환된다. ATSC 3.0의 부트스트랩 신호는 모두 4개의 OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) 심볼로 구성되며 첫 번째를 제외한 나머지 3개의 심볼은 부트스트랩 신호 뒤에 전송되는 프레임에 시스템 정보를 포함한다. 첫 번째 심볼을 제외한 나머지 심볼은 주어진 시스템 정보를 전송하기 위하여 IFFT 이후에 시간영역에서 순환 이동되어 전송된다. 즉, 전송하고자 하는 정보 비트에 따라 순환 이동 값을 달리하는 변조 방식을 사용한다. 이 때, 첫 번째 심볼은 주어진 Zadoff-Chu 수열의 root 와 PN 수열의 seed 값에 의해 생성된 신호를 순환 이동 없이 그대로 출력한다. 예를 들어, 2048 길이의 IFFT 를 사용하는 경우 심볼 당 8비트를 전송하는 경우 최대 $8 (= 2048/2^8)$ 샘플의 정수 배로 순환 이동이 가능하다. 여기서, 부트스트랩 심볼당 최대 전송 가능한 비트 수는 11이다. 그리고, 마지막 심볼은 부트스트랩의 마지막 심볼임을 알리기 위하여 180° 위상 반전을 추가로 수행한다.

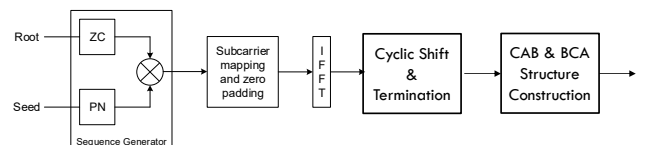


그림 1. ATSC 3.0 부트스트랩 신호 생성기.

그림 1 에서 순환 이동은 상대적 순환 이동 (relative cyclic shift)과 절대적 순환 이동 (absolute cyclic shift)으로 나뉜다. 상대적 순환 이동 값은 각 심볼에 할당된 정보 비트가 나타내는 값으로서 이전 심볼의 순환 이동된 위치를 기준으로 상대적인 위치를 나타낸다. 절대적 순환 이동 값은 상대적 순환 이동 값에 따라 계산된 각 심볼의 실제 순환 이동 값을 나타낸다. 예를 들어, 심볼 1 과 심볼 2 의 정보 비트에 대한 정수 값은 상대적 순환 이동 값으로서 각각 8, 16 일 경우 심볼 1 에 대한 절대적 순환 이동 값은 8 이고 심볼 2 의 절대적 순환 이동 값은 8+16=24 이다.

정보 비트열로부터 상대적 순환 이동 값과 절대적 순환 이동 값을 구하는 과정은 다음과 같다. 먼저, n 번째 부트스트랩 심볼에 대한 정보 비트열 $b_0^n, b_1^n, \dots, b_{N_b^n-1}^n$ 에 대해서 상대적 순환 이동 값 \tilde{M}_n 의 이전 표현 $(m_{10}^n, m_9^n, \dots, m_0^n)$ 은 다음과 같이 주어진다 [3]. 여기서, N_b^n 은 n 번째 부트스트랩 심볼로 전송되는 정보 비트 수를 나타낸다.

$$m_i^n = \begin{cases} \left(\sum_{k=0}^{10-i} b_k^n \right) \bmod 2 & , i > 10 - N_b^n \\ 1 & , i = 10 - N_b^n \\ 0 & , i < 10 - N_b^n \end{cases} \quad (1)$$

그러면, 절대적 순환 이동 값 M_n 은 다음과 같이 계산된다 [3].

$$M_n = (M_{n-1} + \tilde{M}_n) \bmod 2 \quad (2)$$

IFFT 출력은 M_n 값에 의해서 순환 이동된 후 그림 2 와 같이 C-A-B 구조 및 B-C-A 구조로 시간영역에서 전송된다 [3]. 여기서, 첫 번째 부트스트랩 심볼은 C-A-B 구조를 갖고 나머지 심볼은 모두 B-C-A 구조를 갖는다.

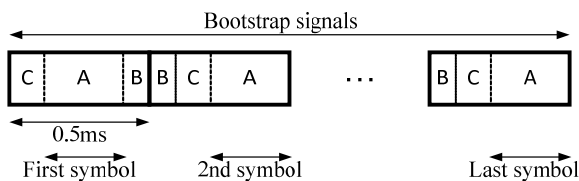


그림 2. ATSC 3.0 부트스트랩 신호의 시간영역 구조.

3. 부트스트랩 검출 방식

수신기에서는 상대적 순환 이동 값 $(\hat{m}_{10}^n, \hat{m}_9^n, \dots, \hat{m}_0^n)$ 을 추정할 후 다음 수식 (3)과 같이 정보 비트를 검출할 수 있다 [3].

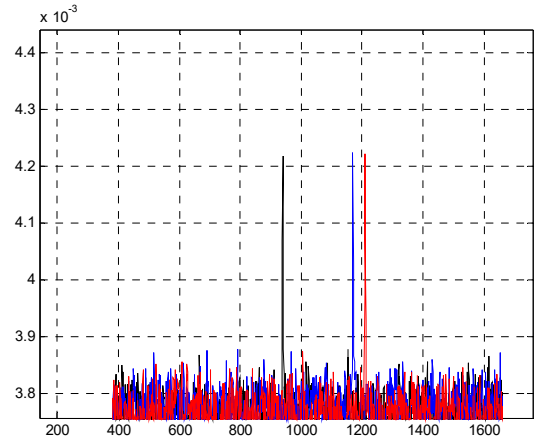


그림 3. 부트스트랩 심볼의 상대적 순환 이동 값 검출.

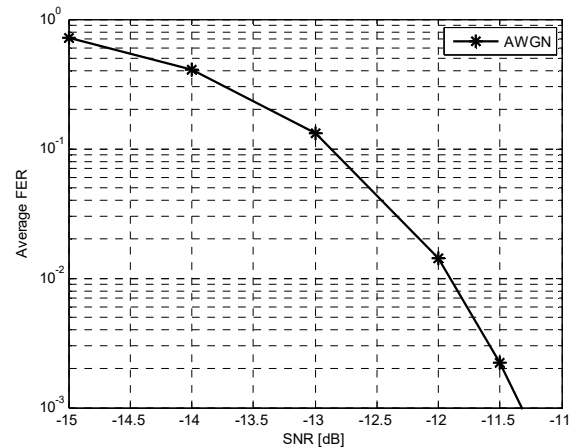


그림 4. 부트스트랩 심볼의 검출 성능, AWGN 채널.

$$\hat{b}_i^n = \begin{cases} \hat{m}_{10}^n & , i = 0 \\ \hat{m}_{11-i}^n \oplus \hat{m}_{10-i}^n & , 1 \leq i < N_b^n \\ 0 & , N_b^n \leq i < 11 \end{cases} \quad (3)$$

부트스트랩 심볼의 상대적 순환 이동 값은 이전 심볼의 상대적인 위치를 나타내므로 이전 심볼과의 differential detection 을 통하여 추정할 수 있다. 그림 3 은 AWGN (additive white Gaussian noise) 채널 하에서 SNR (signal-to-noise ratio)이 -11dB 인 경우 두 번째 부트스트랩 심볼부터 네 번째 부트스트랩 심볼까지 각각 이전 부트스트랩 심볼과의 상대적 순환 이동 값을 추정하기 위한 상관 (correlation) 값 계산 결과의 스냅샷을 나타낸다. 각 부트스트랩 심볼에 대해서 해당 상대적 순환 이동 위치에서 첨두 (peak) 값이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

그림 4 는 부트스트랩 심볼의 FER (frame error rate) 성능을 나타낸다. 첫 번째 부트스트랩 심볼과의 상관 계산을 통해 모든 가능한 절대적인 순환 이동 위치에서 상관 값을 계산하고 이를 이용하여 이전 심볼과의 상대적 상관을 계산함으로써 각 부트스트랩 심볼의 상대적 순환 이동을 추정하여 비트열 $(\hat{m}_{10}^n, \hat{m}_9^n, \dots, \hat{m}_0^n)$ 을 얻는다. 그러면, 수식 (3)에 의해서 각 부트스트랩의 정보 비트열을 검출하게 된다. 그림 4 로부터 AWGN 채널 하에서 SNR=-11dB 이상이면

FER= 10^{-3} 이하의 성능을 달성함을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 ATSC 3.0 규격에서 정의되는 부트스트랩 신호에 대해서 소개하고 부트스트랩 신호의 구조를 이용하여 수신기에서 부트스트랩 신호를 검출하는 방법을 제시하였다. 제안된 방법은 인접 부트스트랩 심볼들 간에 differential detection 방법을 적용한다. 또한, 전산 실험을 통하여 성능을 검증하였다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R0101-16-294(융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발)]

참고문헌

- [1] A global approach to the future of terrestrial television broadcasting,” Future of Broadcast Television (FoBTV) Summit Joint Declaration, Nov. 11, 2011.
- [2] ATSC Technology Group 3.0, “Call for proposals for ATSC 3.0 physical layer a terrestrial broadcast standard,” Mar. 26, 2013.
- [3] ATSC, “ATSC Candidate Standard: System Discovery and Signaling (Doc. A/321),” Doc. S32-231r7, 31 Aug. 2015.
- [4] ATSC, “ATSC 3.0 Working Draft: S32-Physical Layer Standard,” Doc. S32-230r19, 27 Aug. 2015.