

ATSC 3.0 시스템에서 부트스트랩 심볼을 이용한 소수배 주파수 오프셋 추정

김호재, 이주영, 강인웅, 옥규순, 김영민*, 서재현*, 김홍묵*, 김형남
 부산대학교, *한국전자통신연구원

hnkim@pusan.ac.kr

Estimation Fractional-Frequency Offset in the ATSC 3.0 Systems using Bootstrap Symbol

Ho Jae Kim, Ju-Yeong Lee, In-Woong Kang, Kyu-Soon Ok, Youngmin Kim*,
 Jae Hyun Seo*, Heung Mook Kim*, and Hyoung-Nam Kim
 Dept. of Electronics Engineering, Pusan National University

*Broadcasting System Research Department, Electronics and Telecommunications
 Research Institute

요약

본 논문은 DVB-T2 시스템에서 사용되는 이중 상관 검출기를 기반으로 하는 ATSC 3.0 시스템의 이중 상관 검출기를 제안한다. 채널에 대한 시간 지연 상황에서 기존 방식의 소수배 주파수 오프셋 추정 과정에서 원하지 않는 위상이 추가된다. 이러한 현상을 복소 켈레 곱을 추가하여 소수배 주파수 오프셋 추정이 가능한 이중 상관 검출기를 제안하고 모의실험을 통하여 소수배 주파수 오프셋 추정 성능을 확인한다.

I. 서론

최근 차세대방송서비스 중 대표적인 UHD 방송에 대한 관심이 높아지면서, 미국의 지상파 디지털 TV 방송 표준화 기구인 ATSC (Advanced Television Systems Committee)에서는 2013 년 차세대 국제 방송 표준 ATSC 3.0 을 위한 표준화를 시작하였으며, 2016 년 말까지 표준절차를 마무리할 예정이다. 이중 프레임의 가장 앞에 위치하여 동기화 및 시그널링 정보를 담고 있는 신호에 관한 기술인 ‘복미 차세대 지상파 방송 물리계층 부트스트랩 규격’ 이 처음으로 ATSC 3.0 후보 표준으로 승인 받았다[1].

신호의 동기화를 위해 유럽의 지상파 디지털 방송 표준인 DVB-T2(Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial) 시스템에서는 프레임 가장 앞에 위치한 P1 심볼을 이용하여 프레임의 시작위치 탐지 및 주파수 오프셋을 추정한다[2]. P1 심볼과 유사한 구조를 가진 부트스트랩 심볼도 프레임의 시작위치 탐지 및 주파수 동기화에 사용 될 것으로 예상된다.

본 논문에서는 DVB-T2 시스템에서 P1 심볼을 사용한 이중 상관 검출기를 기반으로 [2] 기존에 제안되었던 ATSC 3.0 시스템 이중 상관 검출기의 주파수 오프셋 추정 과정에서 원하지 않는 위상이 추가되는 현상을 복소 켈레 곱을 추가하여 소수배 주파수 오프셋 추정이 가능한 새로운 이중 상관 검출기를 제안한다.

II. 부트스트랩을 이용한 소수배 주파수 오프셋 추정

부트스트랩은 서비스 검색 및 대략적인 동기화, 주파수 오프셋 추정, 초기 채널 추정 등을 하기 위해 프레임의 가장 앞부분에 위치하며 여러 개의 심볼로 이루어져 있다. 이 중에 첫 번째 심볼은 동기화에 사용되고 나머지 심볼들은 샘플링 주파수, 시스템 대역폭, 프리앰블 구조 등의 시그널링 정보를 가지고 있다[1].

부트스트랩 심볼에는 두 가지 구조가 있다. 동기화에

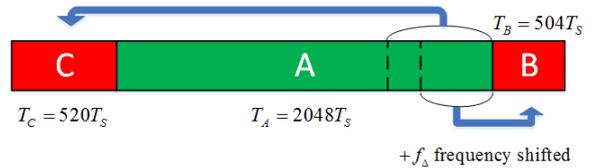


그림 1. C-A-B 구조의 ATSC 3.0 부트스트랩 심볼

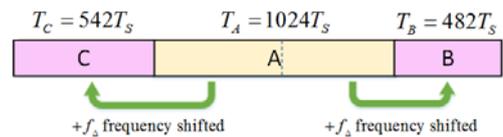


그림 2. DVB-T2 시스템 P1 심볼

사용되는 첫 번째 심볼은 C-A-B 구조를 사용하고, 나머지 심볼들은 B-C-A 구조를 사용한다. 본 논문에서는 C-A-B 구조를 사용하여 소수배 주파수 오프셋을 추정한다.

그림 1, 2 는 C-A-B 구조를 가지는 부트스트랩 심볼과 P1 심볼이다. 부트스트랩 심볼 중 C-A-B 구조는 유럽의 지상파 방송 표준인 DVB-T2 시스템의 P1 심볼과 유사한 시간 영역의 구조를 가지고 있으므로 타이밍 및 반송파 주파수 오프셋을 추정하기 위해 심볼의 원래 부분과 보호 구간의 유사성을 이용한 GIC (Guard Interval Correlation) 방법을 사용할 수 있다[2,3].

기본적인 소수배 주파수 오프셋 추정 방식은 이중 상관 검출기를 통해 검출된 타이밍 오프셋 위치에서 위상을 측정하여 소수배 주파수 오프셋을 추정한다.

$$S_{CAB}(n) = \begin{cases} A(n + 1528) & 0 \leq n < 520 \\ A(n - 520) & 520 \leq n < 2568 \\ A(n - 1024)e^{j2\pi f_d n T_s} & 2568 \leq n < 3072 \end{cases} \quad (1)$$

A 는 그림 2 의 부트스트랩 심볼 구간 A 를 구성하는 신호이다. S_{CAB} 는 A 의 뒷부분 중 520 개의 샘플을 구간 C 에 복사하고, A 의 뒷부분 중 504 개의 샘플을

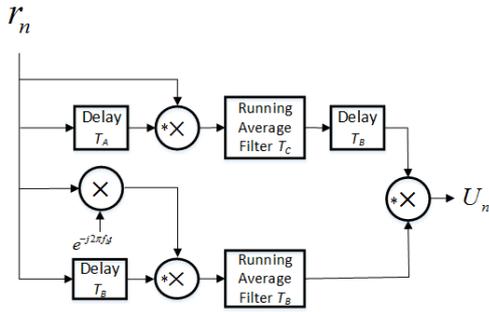


그림 3. 부트스트랩 탐지를 위한 이중 상관 블록도

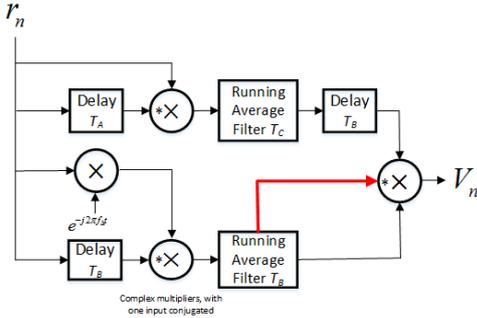


그림 4. 제안하는 이중 상관 블록도

f_{Δ} 만큼 주파수 천이시켜 구간 B 에 복사한 형태이다. 여기서 주파수 천이를 시키는 이유는 검출 과정에서 다시 주파수 천이를 시킨 후 필터를 지나면서 오 검출 현상, 지속과 간섭, 다중경로 상황에서 원하지 않는 파형이 생기는 것을 제거할 수 있다[3].

그림 3 은 기존에 부트스트랩 탐지를 위해 제안된 이중 상관 검출기이다[3]. P1 심볼과는 약간 다른 형태를 가지기 때문에, 그림 3 처럼 C-A 부분 검출은 주파수 천이 없이, A-B 부분 검출은 주파수 천이를 시켜 검출한다.

다음은 채널에 의한 지연이 생겼을 때 주파수 오프셋 추정 과정이다.

$$r_n = S_{CAB}(n - \theta)e^{j2\pi\epsilon(n-\theta)/T_a} \quad (2)$$

$$U_n = \frac{1}{T_C} \sum_{k=0}^{T_C-1} |A_{n-\theta-T_C-T_B}|^2 \frac{1}{T_B} \sum_{k=0}^{T_B-1} |A_{n-\theta-T_C-T_B}|^2 \times e^{j2\pi\epsilon(T_A+T_B)/T_A} e^{-j2\pi f_{\Delta}\theta T_s} \quad (3)$$

식 (2)에서 r_n 은 채널을 지난 후 수신 된 신호이며 주파수 오프셋과 채널에 의한 시간 지연된 상황이다. ϵ 은 소수배 주파수 오프셋을, θ 은 채널에 의한 시간 지연을 각각 나타낸다. 식 (3)에서 U_n 은 그림 3 의 이중 상관 검출기 출력 신호이다. 주파수 천이를 한 쪽만 실행한 경우에는 식 (2)처럼 수신단에서 지연이 생겼을 때, 식 (3)의 검출 과정에서 $f_{\Delta}\theta T_s$ 만큼의 다른 위상이 추가되어 주파수 오프셋 추정이 어려워지는 문제가 발생한다.

$$V_n = \frac{1}{T_C} \sum_{k=0}^{T_C-1} |A_{n-\theta-T_C-T_B}|^2 \frac{1}{T_B} \sum_{k=0}^{T_B-1} |A_{n-\theta-T_C-T_B}|^4 e^{j2\pi\epsilon} \quad (4)$$

식 (4)에서 V_n 은 그림 4 의 제안하는 이중 상관 검출기 출력 신호이다. 기존 기법의 소수배 주파수 오프셋 추정의 과정에서 원하지 않는 위상이 추가되는 현상을 없애기 위해 A-B 부분 검출의 출력 값의 복소 켤레 값을 한번 더 곱한 형태이다. 제안하는 기법으로 주파수 오프셋을 검출한 결과 ϵ 의 추정이 가능하다.

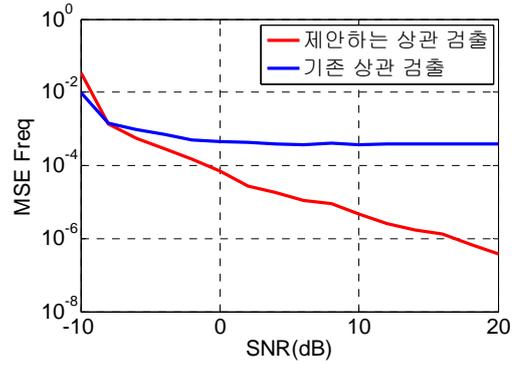


그림 5. 모의실험 결과

III. 모의실험 결과

소수배 주파수 오프셋 $\epsilon = 0.2$ 로 설정하고 채널상황은 $\theta = 50$ 인 AWGN 채널에서 실험을 진행하였다. 그림 5 는 각 SNR(Signal to Noise Ratio)에 따라 MSE(Mean Square Error)를 측정 한 결과이다.

기존에 부트스트랩 탐지를 위해 제안된 이중 상관 검출기는 검출 과정에서 원하지 않는 위상이 추가되어 소수배 주파수 오프셋을 추정하지 못하는 것을 알 수 있다. 제안하는 상관 검출을 사용하였을 때 SNR 이 높아질수록 MSE 값이 낮아지는 것을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 차세대 복미 방송 표준인 ATSC 3.0 의 물리계층 기술인 부트스트랩 심볼의 소수배 주파수 오프셋 추정이 가능한 이중 상관 검출기를 제안하였다. 복소 켤레 곱을 추가하여 기존 기법보다 뛰어난 소수배 주파수 오프셋 추정 성능을 가지는 이중 상관 검출기를 제안하고 모의실험을 통하여 소수배 주파수 오프셋 추정이 가능함을 확인하였다. 향후에는 다중 경로 및 열악한 채널 환경에서 시뮬레이션을 통하여 알고리즘의 성능 검증이 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [14-000-02-002, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

참고 문헌

[1] ATSC Technology Group 3.0. "ATSC Candidate Standard: System Discovery and Signaling," Doc. A/321 Part 1, May, 2015

[2] Digital Video Broadcasting (DVB), "Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)," European Telecommunications Standards Institute (ETSI) TS 102 831 V1.2.1, Aug. 2012.

[3] 옥규순, 강인용, 김호재, 김영민, 서재현, 김홍목, 김형남, "ATSC 3.0 부트스트랩 신호 탐지를 통한 프레임 동기화 기법," 한국통신학회 2015 년도 추계종합학술발표회, 2015년 11 월