

# 버스트 슈퍼프레임 전송 기반의 DVB-S2x 수신기를 위한 동기부 설계에 관한 연구

오종규, 오덕길  
한국전자통신연구원  
jgoh@etri.re.kr, dgoh@etri.re.kr

## A study of synchronization scheme for DVB-S2x receivers based on burst super-frame transmission

Jonggyu Oh, Dukgil Oh  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

DVB (Digital Video Broadcasting)-S2 (Satellite - Second Generation) 표준은 현재 위성방송 시스템으로 가장 많이 사용되고 있는 표준이나, 추가적인 성능향상과 보다 다양한 응용분야에 적용하기 위해 DVB-S2 기술을 확장한 DVB-S2x (Satellite - Second Generation Extension) 시스템이 제정되었다. 그 중에서도 612,540 심볼 길이의 슈퍼프레임 (Super-frame) 구조를 선택적으로 도입하여 긴 데이터 길이에 대해 스크램블링 (Scrambling)을 적용하는 방법과 PLS (Physical Layer Signaling) 코드와 같은 참조 데이터 필드를 반복적으로 사용하는 방법 등을 사용할 수 있도록 하였다. 이를 통해 동일채널 간섭 (co-channel interference)에 대한 강인성을 증가시키고, 매우 낮은 SNR (Signal to Noise Ratio) 환경에서의 수신기 성능 향상 효과를 제공하게 된다. 본 논문에서는 버스트 슈퍼프레임 전송 기반의 DVB-S2x 수신기를 위한 동기부 설계하고 구조를 제안한다. 슈퍼프레임의 포맷은 DVB-S2x Annex E의 규격 중 2번 포맷을 이용하였으며, 2번 슈퍼프레임 포맷은 버스트 (burst) 기반의 전송 방식에 용이한 측면이 있다. 동기부는 크게 버스트 검출부, 주파수 복구부, 신호 이득 조절부 그리고 심벌 타이밍 복구부로 구성된다.

### 1. 서론

DVB (Digital Video Broadcasting)-S2 (Satellite - Second Generation) 표준 [1]은 2005년에 처음으로 제정된 디지털 위성방송시스템 표준으로써, 현재 위성방송 시스템으로 가장 많이 사용되고 있는 표준이다. 이 후 최근 응용분야에 따라 향상된 기술 수요가 제기되었다. 이에 추가적인 성능향상과 보다 다양한 응용분야에 적용하기 위해, DVB-S2 기술을 확장한 DVB-S2x [2] (Satellite - Second Generation Extension) 기술에 대한 국제 표준화가 2014년 초에 완료되었다 [3].

DVB-S2x 기술은 DVB-S2 기술을 기본으로 하여 새로운 roll-off factor, 성상도 및 부효율, 채널 본딩 (bonding), 그리고 VL (Very Low)-SNR (Signal to Noise Ratio) 전송 기술 등의 추가 기술들을 포함하도록 확장되었다 [3]. 이로 인해 기존 DVB-S2 시스템과의 역호환성을 유지하면서도 큰 하드웨어 복잡도 증가 없이 주파수 효율성을 높일 수 있게 되었다. 그 중에서도 612,540 심볼 길이의 슈퍼프레임 (Super-frame) 구조를 선택적으로 (Annex E) 도입하여 긴 데이터 길이에 대해 스크램블링 (Scrambling)을 적용하는 방법과 PLS (Physical Layer Signaling) 코드와 같은 참조 데이터 필드를 반복적으로 사용하는 방법 등을 사용할 수

있도록 하였다. 이를 통해 동일채널 간섭 (co-channel interference)에 대한 강인성을 증가시키고, VL-SNR 환경에서의 수신기 성능 향상 효과를 제공하게 된다 [3].

현재 해외를 중심으로 DVB-S2x 시스템에 대한 연구개발이 활발히 진행 중에 있으나, 국내에서는 연구개발이 미진한 상황이다 [4]. 특히 슈퍼프레임을 이용한 DVB-S2x 시스템에 대한 연구개발은 국내외를 통틀어서 활발히 이루어지지 않고 있는 실정이다.

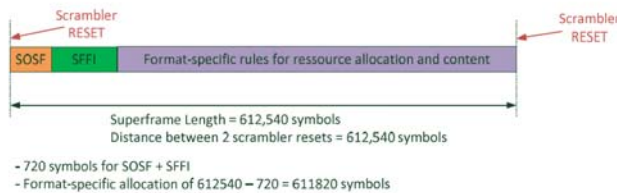
이에 본 논문에서는 버스트 슈퍼프레임 전송 기반의 DVB-S2x 수신기를 위한 동기부를 설계하고 구조를 제안한다. DVB-S2 슈퍼프레임의 포맷은 DVB-S2x Annex E [2]의 규격 중 2번 포맷을 이용하였으며, 2번 슈퍼프레임 포맷은 버스트 (burst) 기반의 전송 방식에 용이한 측면이 있다. 동기부는 크게 버스트 검출부, 주파수 복구부, 신호 이득 조절부, 그리고 심벌 타이밍 복구부로 구성된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 DVB-S2x 시스템의 개요와 슈퍼프레임 구조를 살펴본 후, 3절에서는 버스트 슈퍼프레임 전송 기반의 DVB-S2x 수신기를 위한 동기부를 설계하고 구조를 제안한다. 마지막으로 4절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

## 2. DVB-S2x 시스템 개요 및 슈퍼프레임 구조 (Annex E)

DVB-S2x 기술은 DVB-S2 기술을 기본으로 하여 아래와 같은 추가기술들을 포함하도록 확장되었다 [4].

- 기존의 20%, 25%, 30% 의 roll-off factor 에 5%, 10% 추가
- 변복조 방식과 부호율의 수를 확장하여 SNR 성능 세분화
- 선형/비선형 채널에 적합한 새로운 성좌도 추가
- 최대 3 개의 채널에 대한 채널 분딩 기술
- -10 dB 까지 동작하는 VL-SNR 기술
- 다양한 구조의 슈퍼프레임 채택



<그림. 1 슈퍼프레임의 구조 및 길이>

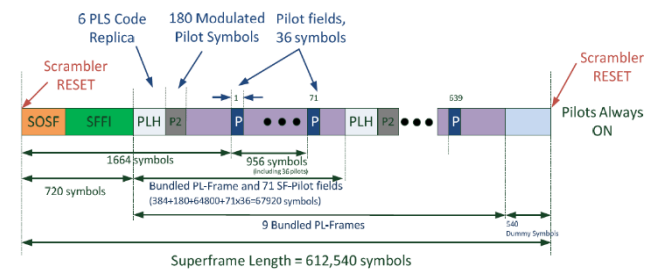
<표. 1 슈퍼프레임 포맷 >

번호	B <sub>SFFI</sub>	이름
0	0 0 0 0	DVB-S2X
1	0 0 0 1	DVB-S2 legacy
2	0 0 1 0	Bundled PLFRAMES (64 800 payload size) with SF-Pilots
3	0 0 1 1	Bundled PLFRAMES (16 200 payload size) with SF-Pilots
4	0 1 0 0	Flexible Format with VL-SNR PLH tracking
5-15	0 1 0 1 - 1 1 1 1	Reserved

이중에서도 DVB-S2x 에서는 612,540 심볼 길이의 슈퍼프레임을 선택적으로 도입하였다. <그림. 1>에 나타난 바와 같이 슈퍼프레임은 슈퍼프레임의 시작을 알리는 SOSF (Start of Super-Frame) 필드, 4 비트의 슈퍼프레임 포맷 정보를 담고 있는 SFFI (Super Frame Format Index), 그리고 슈퍼프레임의 포맷에 따라 데이터 구성 구조를 달리하여 전송하는 페이로드 (payload)부로 구성된다. SOSF 는 270 개의 심볼, SFFI 는 450 개의 심볼, 그리고 페이로드부는 611,820 개의 데이터 심볼로 구성된다. 현재 슈퍼프레임의 포맷은 <표. 1>과 같이 0~4 번까지만 정의되어 있으며, 5~15 번까지는 추후 표준 개정을 위해 예약되어 있다. 이러한 슈퍼프레임 구조에는 현재 5 가지 포맷의 데이터 스트림이 포함될 수 있는데, DVB-S2/S2x 의 PL 프레임이 들어가는 형식과 Normal/Short PL (Physical Layer) 프레임 페이로드를 여러 개 묶어서 전송하는 Bundled PL 프레임 포맷, VL-SNR 프레임을 전송하는 포맷 등

다양한 형식으로 구성될 수 있다. 하지만 슈퍼프레임 구조는 여러 가지 형식을 지원하는 관계로 구조적으로 복잡하고, 송수신간 데이터 전송을 위한 운영이 쉽지 않다는 이유로 여러 가지 이득에도 불구하고 모든 응용분야에 있어서 선택사항으로 규정되어 있으며, 상세 내용은 DVB-S2x 규격의 Annex E 에 기술되어 있다.

## 3. 버스트 슈퍼프레임 전송 기반의 DVB-S2x 수신기를 위한 동기부 설계 및 구조



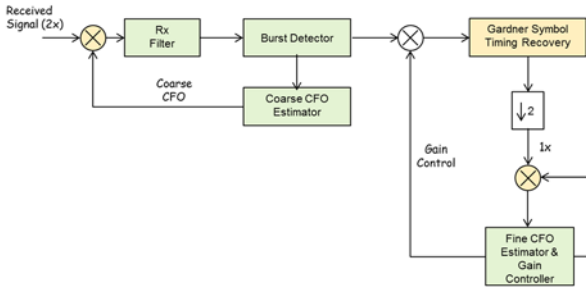
<그림. 2 슈퍼프레임 2 번 포맷의 구조 및 길이>

<그림. 2>는 본 논문에서 적용하고자 하는 슈퍼프레임 2 번 포맷의 구조를 나타낸 그림으로, <표. 1>과 같이 2 번 슈퍼프레임 포맷은 Bundled PLFRAME (Physical Layer Frame) (64800 Payload Size) with SF (Super-Frame-aligned)-Pilots 라고 명명된다 [2]. 그림에 나타난 바와 같이 SOSF 와 SFFI 가 슈퍼프레임의 시작 지점에 위치하고, 9 개의 Bundled PL-Frame (71 개의 SF-Pilot 필드를 포함)이 연이어 위치한다. 1 개의 Bundled PL-Frame 은 변조 정보를 담고 있는 64 심볼의 PLH (Physical Layer Header)가 6 번 반복되어 위치하고, 이어 180 개의 P2 파일럿 심볼이 위치한다. 그리고 나머지 Bundled PL-Frame 에 64,800 개의 데이터 심볼이 위치하는데, 처음 P2 심볼 뒤엔 380 개의 데이터 심볼이 위치한다. 이 후 36 개의 파일럿 필드 뒤에 920 데이터 심볼이 존재하는 방식이 70 번 되풀이 되고, 71 번째 파일럿 필드가 존재한 후 20 개의 데이터 심볼이 위치한다. 즉, 하나의 Bundled PL-Frame 내에는 71 개의 파일럿 필드가 존재한다. 이러한 Bundled PL-Frame 이 9 개 존재하고 난 뒤, 540 개의 더미 심볼이 존재하여 총 612,540 심볼 길이의 슈퍼프레임을 구성한다.

슈퍼프레임 내 SOSF 의 길이는 기존 DVB-S2 의 SOF (Start Of Frame) 심볼에 비해 10.38 배 이상 길기 때문에, 매우 낮은 SNR 및 채널 간섭 상황에서도 높은 상관 (Correlation) 특성을 이용하여 슈퍼프레임을 검출 할 수 있다. 그리고 각 Bundled PL-Frame 내의 71 개의 파일럿을 수신기 동기나 채널 등화에 이용할 수 있기 때문에 버스트 방식의 전송 방식에 용이하다.

SOSF 는 256 비트의 WH (Walsh-Hadamard) 시퀀스에 14 비트를 패딩 (Padding) 한 후, 270 비트는 차등 (Differential) BPSK (Binary Phase Shift Keying) 방식으로 변조되어 전송된다. SFFI 또한 4 비트의 B<sub>SFFI</sub> 를 15 비트로 부호화 한 뒤, Spreading 기법을 이용하여 30 번 연이어 반복되도록 하여 총 450 비트를 이루도록 한다. 그리고 이

450 비트는 차등 BPSK 방식으로 변조되어 전송된다. 그러므로 버스트 방식으로 슈퍼프레임이 전송되며 초기에 SOSF 를 이용하여 슈퍼프레임의 시작을 검출하고, 차등 BPSK 로 변조된 총 720 심벌의 SOSF 와 SFFI 를 이용하여 VL-SNR 및 채널 간섭이 있는 상황에서도 정확한 주파수 오차를 추정할 수 있다.



<그림. 3 제안하는 동기 복구부 구조>

제안하는 동기 복구부 구조는 <그림. 3>과 같다. 동기 복구부로 입력되는 신호는 2 체배 과표본화 (Over-sampling) 된 수신 신호이다. 수신 동기 복구부의 동작은 버스트 검출부 (Burst Detector)에서 SOSF 및 SFFI 를 이용하여 슈퍼프레임을 검출 했을 시에만 이루어지며, 수신기 동기는 매 슈퍼프레임 단위로 수행된다. 버스트 검출부는 SOSF 및 SFFI 를 이용하여, 슈퍼프레임의 시작을 알리는 동시에 거친 주파수 오차를 추정한다. 이를 이용하여 수신되는 신호에 거친 주파수 오차를 교정한 뒤, 수신 필터 (정합 필터)를 통과시킨다. 이 때, 슈퍼프레임의 포맷은 헤더 검출 시에 SFFI 를 복호하거나 사전에 약속된 포맷으로 전송된다고 약속된다. 이후, NDA (Non Data-Aided) 방식의 가드너 [5] 기법을 이용하여 심벌 타이밍 오차를 복구하고, 심벌 레이트 (Rate)로 다운 샘플링을 수행한다. 그리고 슈퍼 프레임 내의 파일럿 필드를 이용하여 미세 주파수 오차를 추정한 뒤, 이를 다시 반영하고, 반영 후에 심벌 단위의 파일럿 신호를 이용하여 신호 이득을 조절한다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 버스트 슈퍼프레임 전송 기반의 DVB-S2x 수신기를 위한 동기부를 설계하고 구조를 제안하였다. 버스트 슈퍼프레임 전송 방식을 기반으로 제안된 수신기 동기부의 동작은 슈퍼프레임 단위에서 슈퍼프레임 헤더 (SOSF 및 SFFI)가 검출이 된 이후부터 이루어지도록 제안되었다. 관련한 세부 주파수 오차 추정 알고리즘 및 세부 구조는 현재 진행 중에 있으며, 이 후 위성 채널 하에서의 수신 동기부의 성능에 관한 연구 결과가 제시될 것이다.

#### Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신 · 방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R-20160225-002798, 동일 위성채널 전송 및 주파수 공유기술

개발]

#### 참조 문헌

[1] Digital Video Broadcasting (DVB): Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2, ETSI EN 302 307-1 V1.4.1, 2014-11.

[2] Digital Video Broadcasting (DVB): Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: DVB-S2 Extensions (DVB-S2X), ETSI EN 302 307-2 V1.1.1, 2014-10.

[3] TTA, DVB-S2x 표준 분석(기술보고서), TTAR-07.0014, 2014-11-21

[4] 위성산업표준화포럼, 위성산업표준화포럼 DVB-S2X 표준화 기술, 2014-08-14.

[5] F.M. Gardner, "A BPSK/QPSK timing error detector for sampled receiver," IEEE Trans. On Comm., COM-34, pp. 423-429, May, 1986.