

빔-호핑 위성 전송 시스템을 위한 프레임 검출 시간 기반의 빔 스위칭 타임 플랜 동기 기법

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

A beam switching time plan synchronization method based on frame detection time for beam-hopping satellite transmission systems

Jonggyu Oh, Deokgil Oh
 Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

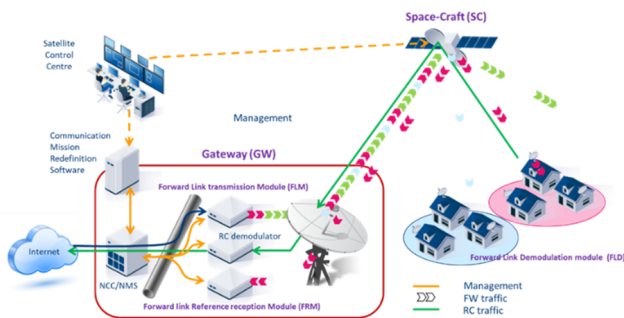
본 논문에서는 빔-호핑 위성 전송 시스템을 운용하기 위해 필수적으로 이루어져야 하는 빔 스위칭 타임 플랜 (Beam Switching Time Plan, BSTP) 동기 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 게이트웨이의 변조 모듈에서 SF (super-frame) 신호를 전송한 후, 레퍼런스 수신 모듈에서 신호 전송 후 프레임 검출이 일어나기까지 걸리는 시간과 유효한 신호 검출 후 프레임 검출이 일어나기까지 걸리는 시간을 이용하여 BSTP 동기를 이룬다.

1. 서론

기존 위성체를 이용한 위성통신망은 위성체에서 서비스 지역이 정해지면, 고정빔이 할당되고 이를 통해 위성통신 서비스를 제공한다. 이러한 고정빔을 이용한 위성통신 서비스에서는 위성 탑재체 당 대역폭이 고정되어 있어 빔(하나의 탑재체) 당 데이터 전송률은 일정하다. 이 경우 가입자가 많은 지역 또는 사막과 같이 가입자가 적은 지역에 상관없이 동일하게 고정빔이 할당되어 주파수 사용 효율이 낮아 지게 된다.

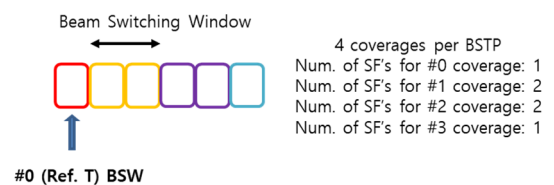
수신 모듈 (Forward link Reference reception Module, FRM)이 위치하는 게이트웨이 (gateway, GW), 빔-호핑 동작을 하는 위성체 (space craft, SC), 그리고 복조 모듈 (Forward Link Demodulation module, FLD)이 위치하는 유저 터미널 (User Terminal)로 구성된다.

빔-호핑 위성 전송 시스템에서는 커버리지의 수, 커리비지의 위치, 그리고 각 커버리지에 할당되는 빔이 열리는 시간이 지상의 중심국에 의해서 설정이 가능하다. 이러한 설정 정보를 BSTP (Beam Switching Time Plan)이라고 부르며, BSTP 를 이루는 시간 단위는 DVB-S2x Annex-E [1]에 규정된 Super-frame (SF)의 심볼 길이 단위 (612,540 심볼)이며, 4 번 포맷의 SF 구조를 전송 규격으로 채용하였다.



<그림. 1> 빔-호핑 위성 전송 시스템 개념도

현재 국내외 기관들이 공동으로 세계 최초의 빔-호핑 동작을 수행하는 위성체와 이에 관련한 위성 시스템 개발을 진행하고 있다. <그림. 1>은 빔-호핑 위성 전송 시스템의 개념도를 나타낸 것으로, 빔-호핑 위성 전송 시스템은 변조 모듈 (Forward Link Modulation module, FLM)과 레퍼런스



<그림. 2> BSTP 예시

<그림. 2>에서는 BSTP의 예시를 들고 있으며, BSTP는 총 4 개의 커버리지로 그리고 각 커버리지는 SF 단위의 빔 시간을 할당 받는다. #0 커버리지는 빨간색, #1 커버리지는 노란색, #2 커버리지는 보라색, 그리고 #3 커버리지는 파란색으로 표시하였다. 그리고 각 커버리지에 할당된 빔의 시간적인 윈도우 (window)를 BSW (Beam Switching Window)라고 부르며, 언제나 첫 번째 BSW 는 #0 커버리지에 할당된다. #0

커버리지는 GW 가 위치하는 커버리지로써, GW 를 이루는 FLM 과 FRM 이 위치하는 커버리지이다.

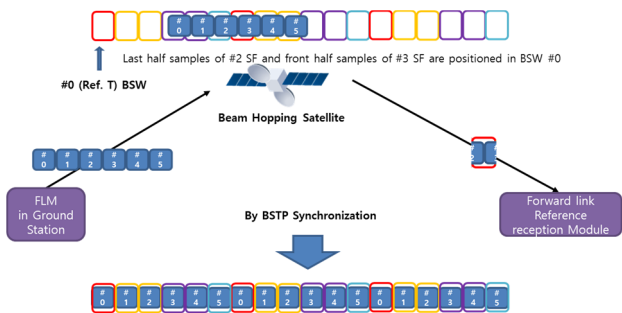


<그림. 3> <그림. 2>의 BSTP 로 설정된 빔-호핑 위성체 내 BSW 동작

<그림. 3>은 <그림. 2>의 BSTP 로 설정된 빔-호핑 위성체 내 BSW 동작을 나타낸 그림으로, BSTP 설정에 따른 빔이 각 커버리지를 순환 (circular) 호핑하는 동작을 수행한다.

2. BSTP 동기의 필요성

빔-호핑 위성 기반 위성 전송 시스템에서 순방향(Forward link)으로 데이터를 원활히 전송하기 위해서는, 우선적으로 GW 와 SC 간의 BSTP 동기를 견고히 이루어야 한다. 아래 <그림. 4>는 초기 동작 시 FLM 을 통해서 보낸 SF 신호가 빔-호핑 위성의 다른 커버리지 BSW 에 도착하는 상황을 나타내고 있다. 초기 빔-호핑 위성시스템을 가동하여 SF 신호를 전송하는 경우, 위성체의 어떠한 BSW 에 SF 신호가 도착하는지 알 수 없으며, BSTP 동기를 통해 <그림. 4>와 같이 #0 SF 이 #0 BSW 에 위치하도록 동기를 이루어야 한다.



<그림. 4> 초기 동작 시, FLM 을 통해서 보낸 SF 신호가 빔-호핑 위성의 다른 커버리지 BSW 에 도착하는 상황 (#2 SF 의 반에 해당하는 샘플과 #3 SF 의 반에 해당하는 샘플이 #0 BSW 에 수신되는 경우)

다만 GS 와 SC 간에는 특정한 전용 링크가 없기 때문에, 클럭, 전용 채널을 통한 타임 스탬프 (time stamp) 등의 방법을 통해서 동기를 이룰 수 없다. 그러므로 FLM 에서 위성으로 특정 신호를 보내고, FRM 에서 GW 에서 보낸 신호를 위성을 통해서 다시 수신한 뒤 수신한 신호를 이용하여 타이밍 에러를 추정한다. 그리고 이 타이밍 에러를 FLM 에서 보정하는 타이밍 보정 방법에 기초하여 GS 와 SC 간의 동기를 이룬다. 또한 추가적이고 보정될 수 없는 지연을 없애기 위해서 FRM 은 GW 와 같이 위치하도록 하며, GW 는 위성을 통해서 GW 가 보낸 신호를 수신할 수 있어야 한다.

3. 프레임 검출 시간 기반의 BSTP 동기 기법

본 논문에서는 SF 송출 후 누적된 Counter 를 이용하여 BSTP 동기를 이루는 방법을 제안한다. SF 송출 후 FRM 을

통해서 수신된 신호에서 프레임 검출이 일어나기까지 누적된 Counter A 와 신호 레벨 검출 후 프레임 검출이 일어나기까지의 Counter B 를 이용하여, 보상을 해줘야 하는 시간 C 또는 D 를 추정하는 것이다.

230 MHz 의 심볼 속도를 상정하는 경우, 1 SF 길이 및 프레임 검출에 필요한 헤더 (720 심벌 또는 2 체배 over-sampling rate 에서 1440 샘플)의 길이 [2]는 아래와 같다.

$$1 \text{ SF 길이: } 612,540 \times (1.0/230 \times 10^6) \approx 2,664 \mu\text{s} \quad (1)$$

$$1/2 \text{ SF 길이: } 1,332 \mu\text{s} \quad (2)$$

$$\text{프레임 검출 시, 필요한 헤더 길이: 약 } 6 \mu\text{s} \quad (3)$$

<그림. 4>에서는 FRM 이 위치하는 BSW (빨간색으로 표시)에는 #2 SF 의 후반부 반에 해당하는 샘플 및 SF #3 의 전반부 반에 해당하는 샘플이 수신되는 상황을 가정하고 있다.

이러한 경우 초기 BSTP 동기를 이루기 위해 측정해야 하는 시간 C 와 D 는 아래와 같이 계산할 수 있다. 이 때, 위성 RTD (Round Trip Delay) 시간은 250 ms 에 해당한다고 가정한다. 계산되는 시간들은 모두 카운터 틱(tick)으로 환산할 수 있다.

$$\text{SF 송신 후 Correlation peak 이 검출되기까지 걸리는 시간 A: } 250 \text{ ms} + 3 \times 2,664 \mu\text{s} + 3 \mu\text{s} = 257,998 \mu\text{s} \quad (4)$$

$$\text{신호 레벨 검출 후 Correlation peak 이 검출되기까지 걸리는 시간 B: } 1,332 \mu\text{s} + 6 \mu\text{s} = 1,338 \mu\text{s} \quad (5)$$

$$\text{보상을 해줘야 하는 시간 C: } A - B = 256,660 \mu\text{s} \quad (6)$$

$$\text{보상을 해줘야 하는 시간 D (RTD 제외): } A - B = 256,660 \mu\text{s} - 250,000 \mu\text{s} = 6,660 (2.5 \text{ SF}) \mu\text{s} \quad (7)$$

FLM 에서 FRM 에서 추정 및 계산된 C 또는 D 에 해당하는 시간만큼 SF 송신 타이밍을 조절하여 BSTP 동기를 이룰 수 있다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R-20160225-002798, 동일 위성체내 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 2: DVB-S2 Extensions (DVB-S2X), ETSI EN 302 307-2 V1.1.1, 2014-10.
- [2] 오종규, 오덕길, "빔-호핑 위성 전송 기반의 DVB-S2x 슈퍼

프레임 수신기를 위한 프레임 검출 기법,” 2017년 한국방송 ·
미디어공학회 추계학술대회, 서울과학기술대학교, 2017년 11월
3일