

DVB-S2/RCS-2 ACM 운용 환경에서의 네트워크 동기 및 NCR 복원

전한익*, 오덕길**

Network Synchronization and NCR Recovery for ACM Mode for DVB-S2/RCS2

Hanik Jeon*, Deock-Gil Oh**

요 약

일반적으로 TDMA(Time Division Multiple Access)를 기반으로 하는 양방향 위성 통신 시스템에서는 중심국과 멀리 떨어진 단말국 간의 네트워크 동기를 필요로 한다. 본 논문은 양방향 위성시스템을 위한 국제규격인 DVB-S2/RCS2에서 제시한 NCR(Network Clock Reference) 복원 구조를 기반으로 네트워크 클럭 동기화에 대한 개념을 설명한다. 또한 DVB-S2에서 CCM(Constant Coding & Modulation) 운용 모드와 부호율, 변조방식을 바꿔 throughput을 최적화 하는 ACM(Adaptive Coding & Modulation) 운용 모드를 지원하는 새로운 NCR 삽입 구조를 제안하였으며 이에 대한 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

Key Words : NCR, clock recovery, network synchronization, CCM/ACM, time-stamp recovery

ABSTRACT

In general, two way satellite communication systems based on TDMA(Time Division Multiple Access) require network clock synchronization between hub station and remote terminals. This paper describes basic concepts for network clock synchronization based on NCR(Network Clock Reference) clock recovery scheme as suggested in DVB-S2/ RCS2 international standards. in addition, a new NCR insertion method has been proposed and evaluated in terms of supporting CCM mode as well as ACM mode which optimizes throughput by changing code rates and modulation types ranging from QPSK to 32-APSK.

I. 서 론

위성을 이용한 방송 및 통신 시스템은 지상망에 비해 넓은 지역을 대상으로 서비스가 가능하며 광대역 주파수 운용이 용이하다는 장점으로 인해 최근 그 활용도가 높아지고 있는 추세이다. 양방향 위성 통신 국제규격으로 유럽 ETSI DVB-RCS2(Return Channel via Satellite)가 널리 사용되고 있으며 중심국에서는 DVB-S2 FLS(Forward Link Signaling)을 통해 방송(broadcasting), 통신, 기타 어플리케이션 서비스를 제공하고 있다 [1]-[2].

DVB-RCS2는 다중접속기술로 MF-TDMA 기술을 사용한다. TDMA 전송 방식은 하나의 채널을 시간적으로 분할

하고 각 타임 슬롯(time-slot)을 사용자에게 할당하는 방식으로, 원활한 TDMA 운용을 위해서는 각 사용자가 정확한 타이밍에 접속이 이루어져야 한다. 따라서 네트워크를 이루는 중심국과 각 단말국은 동일한 시간을 공유하는 네트워크 동기(network synchronization)가 필수적으로 이루어져야 한다. 네트워크 동기 기술은 중심국에서 기준시간(reference time)을 각 단말에 전달하고, 개별 단말의 상태에 따라 지속적으로 타이밍을 보정하는 폐 루프(closed-loop)방식과 중심국과 모든 단말국이 절대적인 시간기준에 따라 시간 동기를 유지하는 개 루프(open-loop)방식으로 구분된다. 그림 1은 기준 클럭 복원을 위한 두 가지 방법에 대해 나타내고 있다. 그림 1-(A)와 같이 GPS를 이용하는 개 루프 네트워크 동기

*이 논문은 미래창조과학부가 지원한 2015년 정보통신(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

*과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학과 (hijeon@etri.re.kr),

**한국전자통신연구원 위성광대역방송통신 연구실 (dgoh@etri.re.kr)

접수일자 : 2015년 5월 29일, 수정완료일자 : 2015년 6월 22일, 최종 게재확정일자 : 2015년 6월 26일

방식은 단말의 위치 추정능력이 30m 이내로 위성 전파 시간의 변동을 무시할 수 있을 정도로 매우 정확하다. 그러나 모든 네트워크 시스템에 GPS module이 필요하여 단말의 단가가 상승하며 상대적으로 채밍에 취약하다는 단점이 있다. 반면 그림 1-(B)의 페 루프 네트워크 동기방식은 포워드링크로 시간정보를 전송하므로 throughput 손실이 발생하지만 단말국에 추가적인 장치를 필요로 하지 않아 확장성이 용이하다는 장점을 가지고 있다. DVB-RCS2 규격에서는 네트워크 동기를 위해 MPEG-2 규격에서 정의하는 PCR(Program Clock Reference)과 동일한 NCR(Network Clock Reference)을 time-stamp로 이용한다. 중심국에서는 각 단말 방향으로 주기적인 시간 정보를 전송하고, 각 단말에서 이를 수신 복원하는 페 루프 네트워크 동기방식을 사용한다[3].

전송 파라미터가 고정되어 있는 CCM 운용 모드 시 전송되는 프레임 길이가 고정되어 있어 동기 열화 성분인 지연 변동(delay variation)이 작으며 클럭 복원은 저차 PLL 구조를 통해 가능하다. 반면 채널환경에 의해 전송 파라미터가 바뀌는 ACM 운용환경에서는 프레임 단위로 길이가 바뀌게 되어 매우 큰 지연 변동이 발생할 수 있다. 만약 타이밍 지터가 할당된 GI(Guard Interval)보다 크다면 사용자간 간섭으로 인해 성능열화가 발생하게 된다. 이러한 경우 타이밍 지터 성분은 수신 클럭 복원회로의 전달함수(transfer function) 차수를 높게 하여 완화할 수 있으나 단말의 비용(cost)이 상승하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 기존 저차 복원회로를 동일하게 유지하되 지연 변동에 강한 새로운 NCR 삽입 방식을 제안하였다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 기존 NCR 삽입구조에 대한 설명과 2차 복원 회로를 모델링하였으며 3장에서 NCR 전송 시 발생하는 오차 성분 분석과 ACM 모드 적용 시 발생하는 지연 변동 현상에 대해 기술하였다. 4장에서는 ACM 모드에 적합한 NCR 삽입 구조 및 방법에 대해 제안하였으며 5장에서는 NCR 복원 성능을 분석하였다. 마지막으로 6장에서 결론을 내리고 논문의 끝을 맺는다.

II. NCR을 이용한 네트워크 동기화

1. NCR 삽입 과정

NCR(Network Clock Reference)는 네트워크 시스템의 중심국과 모든 단말국이 공유하는 기준시간으로 MPEG-2 규격에서 동화상 정보 전송에 활용되는 PCR을 의미한다. NCR packet은 중심국에서 단말로 향하는 포워드 링크를 통해 전송되므로 DVB-S2 프레임에 삽입되며 규격에서 PL(Physical Layer) 프레임 헤더의 preamble인 SOF(Start of frame)정보를 특정 참조점(reference point)으로 사용하여 시간정보를 생성, 삽입하도록 제안한다.

NCR packet 삽입 절차는 그림 2에 묘사된 블록과 같다. 중심국의 27MHz 클럭에 의해 42비트 카운터가 동작하고 있는 상황에서 n번째 프레임의 SOF 첫 번째 심볼이 변조 블록을 벗어나는 순간에 래치를 동작하여 42비트 카운터 값을 획득하게 된다. 42비트 카운터 값은 188byte NCR packet 구조에 맞도록 재구성하고 n+2번째 PL프레임에 삽입된다. 실제로 만들어진 packet은 모드적응부의 BB(Base-Band)프레임에 삽입되는데 n번째 프레임은 이미 구성되어있고 n+1번째 프레임은 채널부호화 블록에서 처리되고 있어 n+2번째 프레임에 삽입하도록 되어 있다.

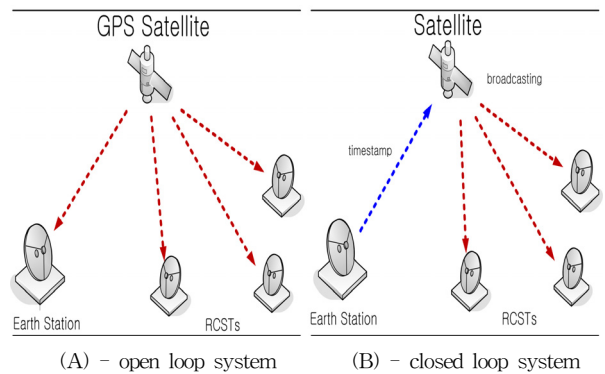


그림 1. 네트워크 동기 방식 비교

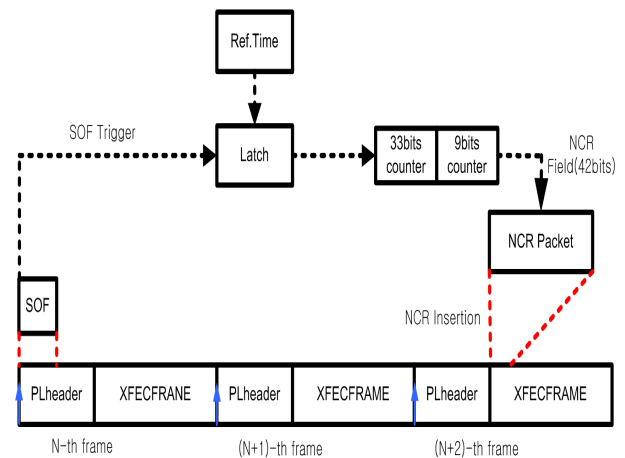


그림 2. NCR 삽입 구조

2. NCR 복원 회로 구조

그림 3은 수신 NCR을 이용하여 클럭 동기를 맞추는 PLL(Phase Locked Loop)회로 구조로 위상 검출기(phase detector), 저주파 제거필터(LPF), 전압 제어 발진기(voltage controlled oscillator), 42비트 지역 카운터(local counter)로 구성되어 있다. 최초로 수신된 NCR은 지역 카운터에 로드되어 중심국과 카운터 동작을 일치시킨다. 위상 검출기는 수신된 NCR과 단말에서 생성한 지역 카운터 값의 차이인 오차 신호를 LPF에 전달하며 LPF는 오차신호의 고주파 성분을 제거하는 역할을 수행한다. LPF의 출력은 전압으로 변환되

어 VCO 주파수를 제어하게 되며 출력주파수에 의해 지역 카운터가 동작한다[4].

수신 NCR인 $r(nT_s)$ 는 NCR 전송 주기마다 입력되며 지역 카운터에서 생성한 $s(nT_s)$ 의 차이인 오차 성분 $e(nT_s)$ 가 PLL회로에 입력된다. 채널 딜레이 성분이 존재하지 않는다고 가정했을 때 수신 NCR, 지역 카운터 값, 오차신호는 다음과 같이 나타난다. 여기서 θ_{tr}, θ_{lo} 는 수신 NCR과 단말 카운터의 phase 성분을 의미한다.

$$r(nT_s) = f_d(t)|_{t=nT_s} + \theta_{tr} \quad (1)$$

$$s(nT_s) = f_d(t)|_{t=nT_s} + \theta_{lo} \quad (2)$$

$$e(nT_s) = \theta_{tr} - \theta_{lo} \quad (3)$$

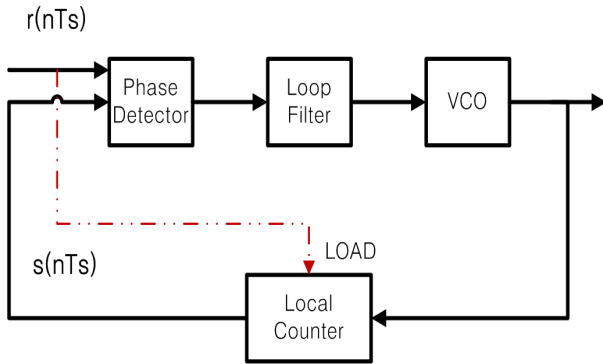


그림 3. 수신 NCR 복원회로

3. Digital PLL(D-PLL) 설계

제안된 Digital PLL 구조는 그림 4와 같이 구성되어 있다. 그림 3의 위상 검출기는 카운터의 차이를 계산하는 감산기, 루프필터로는 IIR(Infinite Impulse Response) 필터, DCO(Digitally Controlled Oscillator)는 디지털 적분기로 나타낼 수 있다 [5]-[7]. 루프필터의 차수가 커질수록 스킨트 특성이 좋아지나 위성 수신단말 설계 시 비용이 증가하기 때문에 낮은 차수로 모델링 하였다.

z -domain에서 2차 D-PLL의 전달함수(transfer function)와 특성방정식(characteristic equation)은 다음과 같이 표현된다.

$$H(z) = \frac{N(z)}{(z - z_1)(z - z_0)} \quad (4)$$

$$\Delta(z) = z^2 + c_1z + c_0 \quad (5)$$

여기서 c_1 과 c_0 는 $-(z_1 + z_0)$, z_1z_0 을 각각 나타낸다. 2차 전달함수를 분석하기 위해 이산시간 변환 식을 이용하면[5] 전달함수의 각 근(root)은 수식 (6)과 같이 표현되며 수식 (5)의 특성방정식 계수는 수식 (7)로 나타난다.

$$z_0 = \exp(-\zeta w_n T_s + jw_n T_s \sqrt{1 - \zeta^2}) \quad (6)$$

$$z_1 = \exp(-\zeta w_n T_s - jw_n T_s \sqrt{1 - \zeta^2})$$

$$c_0 = \exp(-2\zeta w_n T_s) \quad (7)$$

$$c_1 = -2\exp(-\zeta w_n T_s \cos(w_n T_s \sqrt{1 - \zeta^2}))$$

여기서 ζ 는 감쇠율(damping ratio)를 나타내며, w_n 은 감쇠 고유주파수(damped natural frequency)를 나타낸다. 그림 4의 digital PLL의 전달함수는 수식(8)과 같으며 전달함수의 특성방정식과 수식 (6)-(7)로부터 루프 이득이 결정 된다.

$$H(z) = \frac{(g_1 + g_2)z + g_1}{z^2 + (g_1 + g_2 - 2)z + (1 - g_1)} \quad (8)$$

$$g_1 = 1 - \exp(-2\zeta w_n T_s) \quad (9)$$

$$g_2 = 1 + \exp(-2\zeta w_n T_s) - 2\exp(-\zeta w_n T_s) \cos(w_n T_s \sqrt{1 - \zeta^2}) \quad (10)$$

여기서 g_1, g_2 는 그림 4의 $G_1 G_p G_{vco}$ 와 $G_2 G_p G_{vco}$ 를 각각 나타내며 G_p 는 위상 검출기의 이득, G_1 과 G_2 는 루프필터의 이득, G_{vco} 는 DCO의 이득을 각각 나타낸다. 본 논문에서는 샘플링 주파수 10Hz, 감쇠율 0.707, PLL locking 시간을 30 packet 수신 이내로 설정하여 D-PLL 이득을 결정 하였다. 위의 수식 (9)-(10)에 주어진 설계사항을 대입하면 D-PLL의 이득을 다음과 같이 결정된다.

$$G_p = 1 \quad (11)$$

$$G_{vco} = 1$$

$$G_1 = 0.234$$

$$G_2 = 0.030$$

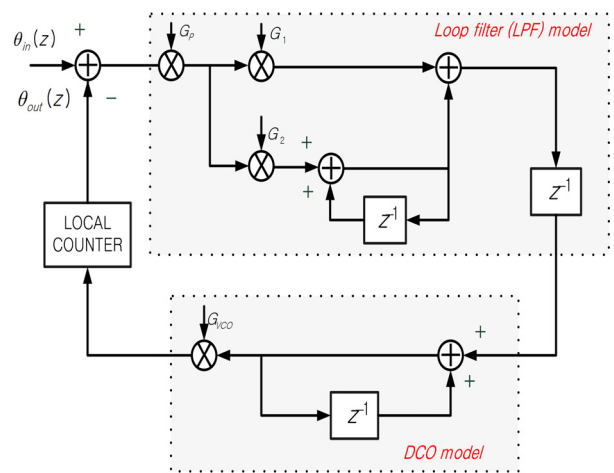


그림 4. z-domain DPLL 구조

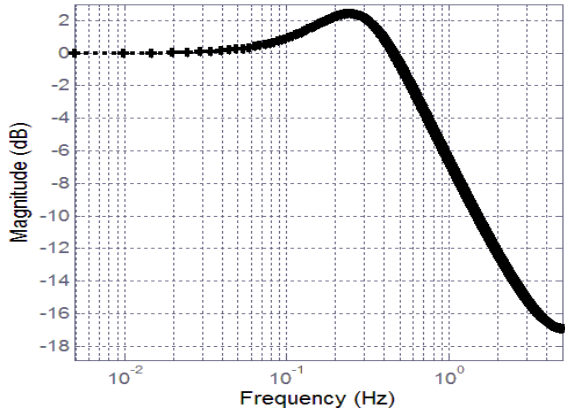


그림 5. D-PLL 주파수 응답곡선

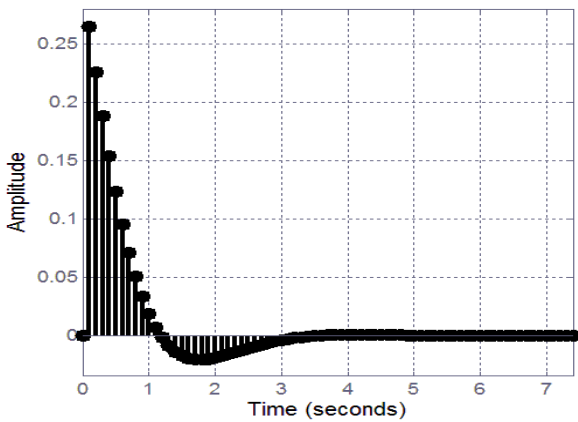


그림 6. D-PLL 임펄스 응답 곡선

Ⅲ. 오차 성분 분석

NCR 시퀀스는 단말국에서 이용 가능한 유일한 동기화 정보이므로 전송된 packet의 품질(quality)이 네트워크 효율에 상당한 영향을 끼친다. 이상적인 time-stamp는 그림 7과 같이 27M 기울기를 가진 1차 라인으로 표현할 수 있다. packet 전송은 NCR 주기마다 발생하므로 T_s 간격으로 $(27M/n T_s)$ NCR값이 전송되며 단말국에서 생성된 지역 카운터 값과의 차이가 PLL 회로에 입력된다. 이상적인 위상검출기 출력은 전송 딜레이에 의한 고정 값이 출력되지만 전송 및 프로세싱 과정에서 발생하는 NCR perturbation 성분으로 인해 복원 성능에 열화가 발생하게 된다.

1. 타이밍 지터

NCR packet에 상당한 오차를 발생시키는 지연요소로 전파 지연시간(propagation delay time)과 그에 대한 변동시간으로 정의할 수 있다. 양방향 위성통신시스템에서는 다양한 전파 지연 변동 요소들이 존재하며 대표적으로 위성 궤도 움직임으로 인한 지연시간 변동, 이동하는 단말에 의해 발생하는 도플러 천이(doppler drift), 송수신 처리블록에서의

지연변동 등이 있다.

[2]에는 Ka 밴드에서 단말국 유형별 표준 도플러 천이가 제시되어 있다. 양각 0° , 120km/h 속도로 이동하는 차량의 경우 가속은 $10m/s^2$ 다운링크 주파수 천이가 $673Hz/s$ 로 나타난다. 이는 0.1s 주기로 전송되는 NCR에 대해 약 70clock 정도의 NCR 변동을 일으킨다. 도플러 천이는 단말국 이동속도와 방향에 따라 최대 $\pm \beta Hz/s$ 까지 주파수 변동이 가능하기 때문에 오차에 대해 균일 분포(uniform distribution) 모델로 설정할 수도 있으나, 본 논문에서는 단말의 가속(acceleration)이 크지 않고 도플러 천이를 제외한 다른 지연변동 성분 간의 상관관계가 없다는(uncorrelated) 가정 하에 오차 성분을 가우시안 분포 모델로 설정하였다.

2. 주파수 오프셋

주파수 오프셋은 중심국과 단말의 클럭 주파수 변동(frequency fluctuation)에 의해 발생하는 오차로 안정도가 높은 발진기(oscillator)를 사용하더라도 소자의 전기적 특성으로 인해 일정한 주파수를 발생시킬 수 없어 항상 존재하는 초기 오차 성분이다. DVB-RCS2 규격에서는 중심국 발진기 변동주파수 허용치를 최대 30ppm으로 규정하였다.

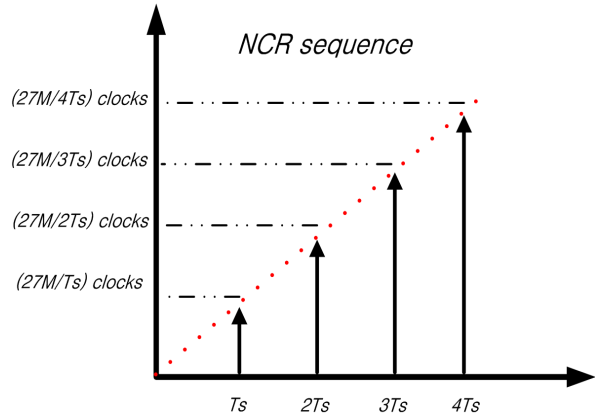


그림 7. 이상적인 전송 NCR 모델

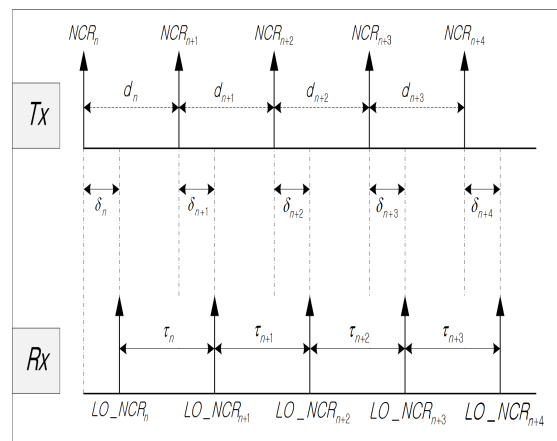


그림 8. CCM 기반 NCR 네트워크 동기 송수신 타이밍 개념

3. NCR insertion

포워드 링크 규격인 DVB-S2는 2가지 전송방식을 사용한다. 하나는 변조방식과 채널 부호화율이 고정된 CCM 운용 모드이고 다른 하나는 위성 채널상황에 따라 변조 파라미터를 가변 하는 ACM 운용 모드이다. CCM 운용 시 네트워크 동기는 패킷 전송시각과 단말에서의 수신시각 사이의 시간 간격이 항상 일정하다는 특성을 이용한다. 그림 8과 같이 중심극에서 d_k 간격으로 전송된 NCR 패킷은 동일한 시간간격을 유지하며 전송되고 수신 NCR 간격 역시 d_k 와 동일한 τ_k 가 된다. 타이밍지터가 없다고 가정하면 전송된 NCR과 단말 수신기에서 생성된 카운터 값의 차이는 $NCR_n - LO_NCR_n = \delta_n$ 을 항상 만족하여 NCR 삽입 과정에서 오차 성분이 발생하지 않는다. 여기서 δ_n 로 표현된 고정 값은 전과지연 시간의 클럭 환산 값을 나타낸다. 반면 ACM 운용 모드에서는 프레임 단위로 변조방식이 바뀔 수 있기 때문에 NCR 전송간격과 NCR 수신간격은 $d_k \neq \tau_k$ 로 나타나고 $NCR_n - LO_NCR_n$ 가 NCR 삽입 시 발생하는 NCR 변동(variation)이 된다. 즉 위상검출기 출력은 NCR 변동 성분인 ($NCR_n - LO_NCR_n$)와 III장에서 설명된 타이밍 지터의 합이 되며 오차 성분은 매 NCR 입력 때마다 크게 흔들리게 되어 PLL회로의 locking이 불가능하게 된다. 표 1은 ACM모드 운용 시에 NCR 삽입에 의해 발생하는 최대 타이밍 변동 수치를 나타낸다. 데이터 전송속도가 빨라질수록 프레임이 처리되는 시간이 단축되어 NCR 변동시간이 짧아지거나 단말에서 burst 전송을 위해 할당된 guard interval 심볼 구간 역시 짧아지므로 단말국은 정확한 time-slot 할당이 불가능해진다. 표 1에서 전송속도가 10Msps일 때 최대 NCR 변동은 약 5ms로 약 135,000 클럭에 해당된다.

그림 9과 그림 10은 NCR 삽입 과정에서 발생하는 NCR 변동에 관한 개념 예시를 나타낸다. 그림 9에서 CCM 모드 변조방식은 QPSK, 프레임 길이는 100 클럭, NCR 주기는 300 클럭이라고 가정하였다. 여기서 1 클럭은 약 37ns를 나타낸다. n번째 프레임에 래치하여 획득한 latched_NCR을 n+2번째 프레임에 삽입하고 정확히 NCR 주기마다 이를 반복할 때, 실제 전송된 latched_NCR의 차이인 diff_latched NCR과 단말 수신기에서 생성한 NCR간 차이 값인 diff_received NCR은 항상 동일하며 $d_k = \tau_k$ 을 만족한다. 반면 그림 10의 ACM 모드 운용에서는 프레임 단위로 길이가 바뀌게 되어 실제 전송되는 NCR 값 간의 차이와 단말에서 복원한 NCR값의 차이가 패킷 수신 때마다 다르게 나타나며 이 차이가 NCR 변동이 된다. 그림 10은 ACM으로 인한 NCR의 개념을 설명하기 위해 매 프레임마다 변조 파라미터가 변한다고 가정하였으나 실제로는 전송 채널 상태가 수시로 변하지 않기 때문에 드물게 변조 구조가 변한다.

표 1. ACM 전송 시 최대 NCR 변동

Data Rate	Maximum NCR Variation (time)
10Msps	4.87ms
50Msps	2.43ms
100Msps	0.48ms

Modulation	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	Q-PSK	
NCR period	[Timeline diagram showing NCR period across frames n to n+11]											
frame number	n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7	n+8	n+9	n+10	n+11
PL-frame length	100											
NCR clock	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100
latched_NCR			1000			1300			1600			1900
diff_latched NCR				300			300			300		
diff_received NCR				300			300			300		

그림 9. CCM 기반 NCR 네트워크 동기에서 NCR 변동 예

Modulation	Q	8	16	32	Q	8	16	32	Q	8	16	32
NCR period	[Timeline diagram showing NCR period across frames n to n+11]											
frame number	n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7	n+8	n+9	n+10	n+11
PL-frame length	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
NCR clock	1000	1100	1180	1240	1280	1380	1460	1520	1560	1660	1740	1800
latched_NCR			1000			1240			1460			1660
diff_latched NCR				240			220			200		
diff_received NCR				200			180			140		

그림 10. ACM 기반 NCR 네트워크 동기에서 NCR 변동 예

Modulation	Q	8	16	32	Q	8	16	32	Q	8	16	32
NCR period	[Timeline diagram showing NCR period across frames n to n+11]											
frame number	n	n+1	n+2	n+3	n+4	n+5	n+6	n+7	n+8	n+9	n+10	n+11
PL-frame length	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
NCR clock	1000	1100	1180	1240	1280	1380	1460	1520	1560	1660	1740	1800
latched_NCR			1000			1240			1460			1660
new_NCR			1180			1380			1560			1800
diff_latched NCR				200			180			140		
diff_received NCR				200			180			140		

그림 11. 제한한 NCR 업데이트 방법 예시

IV. ACM 모드 운용을 위한 NCR 전송 방안

그림 10에서 설명한 ACM 운용모드 시 NCR 변동을 최소로 하기 위한 가장 간단한 방법은 수신 복원회로 앞단에 수신 NCR 비교기 블록을 추가하는 것이다. 비교기는 입력되는 NCR을 비교하고 오차 값이 지터 허용범위 이내로 수렴하면 NCR 복원을 수행하게 된다. 이 방법은 수신되는 NCR 차이가 일정 범위 이내로 수렴 할 때 까지 클럭 복원을 수행하지 않기 때문에 D-PLL locking 시간이 지연된다. 또한 변조 파라미터가 수시로 바뀌게 되는 경우 NCR 복원을 수행하지 않게 되는 문제가 발생한다.

본 논문에서 전송 NCR 업데이트 방법을 제안한다. 그림 11는 제한한 NCR 업데이트 방법에 대한 예를 보여준다.

n번째 프레임에서 latch한 NCR 클럭값을 n+2번째에 전송할 때 latch한 NCR값을 바로 전송 하지 않고 통과된 모든 프레임 길이를 더하여 NCR값을 업데이트 한 뒤 전송한다. 그림 11에서 latched_NCR은 1,000 클럭이며 n, n+1번째 프레임 길이에 해당하는 클럭 값을 더하여 1,180이라는 새로운 NCR로 업데이트하고 전송한다. ACM 모드에서 프레임 길이가 항상 바뀌어 $d_k \neq d_{k+1}$, $\tau_k \neq \tau_{k+1}$ 가 되지만 실제 전송된 latched_NCR간의 차이인 diff_latched NCR과 단말 수신기에서 생성한 NCR의 차이 값인 diff_received NCR은 같아 지므로 ACM 운용 시 발생하는 NCR 변동 성분이 제거된다.

V. 모의 실험

NCR packet을 이용한 시스템 클럭 복원 성능 분석을 위해 시스템 파라미터를 다음과 같이 같다. 수신 NCR 최대 타이밍 지터를 분산이 1E1인 가우시안 확률분포를 갖는 잡음으로 모델링하였으며 중심값과 단말국 초기 주파수 오프셋을 30ppm으로 설정하였다.

그림 12의 x축은 수신 NCR packet 수, y축은 오차 클럭 수를 나타낸다. jitter가 존재하지 않고 초기 주파수 오프셋이 30ppm일 때, D-PLL은 약 30 packet 수신 시점부터 locking 모드가 된다. 반면 지터 성분이 존재하면 최대 오차 클럭은 27MHz 기준 ± 5 클럭 이내가 되며 이 값은 약 ± 180 ns 지연 지터를 나타낸다. DVB-RCS2에서 GI(Guard Interval)은 10 symbols로 10Msps기준 약1us가 되며 지연지터의 양이 guide interval보다 훨씬 작아 단말국에서 정상적인 burst 전송이 가능하다. 본 논문에서 제안한 NCR 전송 방안을 이용하면 NCR 삽입 시 발생하는 변동이 전혀 없기 때문에 그림 12의 그래프와 동일한 성능을 보인다.

그림 13는 ACM 모드 운용시 오차 클럭을 나타낸 그래프이며 그림 13과 같이 x축은 수신 NCR packet 수, y축은 오차 클럭 수를 나타낸다. ACM 운용시 기존 타이밍 지터성분과는 별개로 NCR삽입 시 NCR 변동이 발생하며, 오차는 10Msps기준 약 ± 5 ms가 된다. 그래프에서 PLL 입력오차는 약 ± 7000 clock 이내가 되며 기준 클럭 기준 300us가 된다. 이는 guide interval보다 훨씬 커서 VSAT(Very Small Aperture Terminals)의 정확한 burst 전송이 불가능하다.

VI. 결론

기존 CCM 모드는 packet 삽입 시 타이밍 불확실성이 거의 없으며 채널 및 프로세싱 과정에서 발생하는 timing jitter 성분이 크지 않아 비교적 간단한 형태의 D-PLL구조를 통한 NCR 복원이 가능하나 ACM 모드는 packet 삽입 시 발생하는 타이밍 불확실성으로 인해 기존 삽입 및 복원 구조로는

D-PLL locking이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 MF-TDMA 기반 통신 환경에서의 NCR 네트워크 동기 방법과 채널환경에 따라 전송파라미터가 바뀌는 ACM 모드 운용 시 발생하는 NCR 변동을 제거하기 위한 수정된 NCR packet 삽입 개념에 대해 설명하였다. 본 논문에서 설명된 NCR packet 삽입 방법을 이용하면 단말 수신 블록을 변경할 필요가 없으며 기존 CCM 모드를 운용하는 경우와 동일한 복원 성능을 얻을 수 있다.

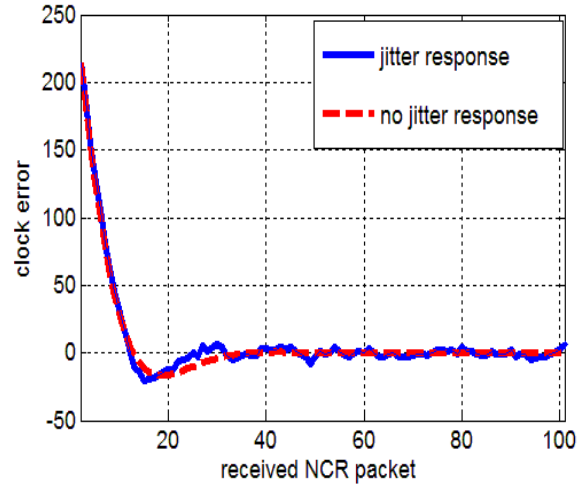


그림 12. timing jitter 환경에서 NCR 복원 성능 곡선

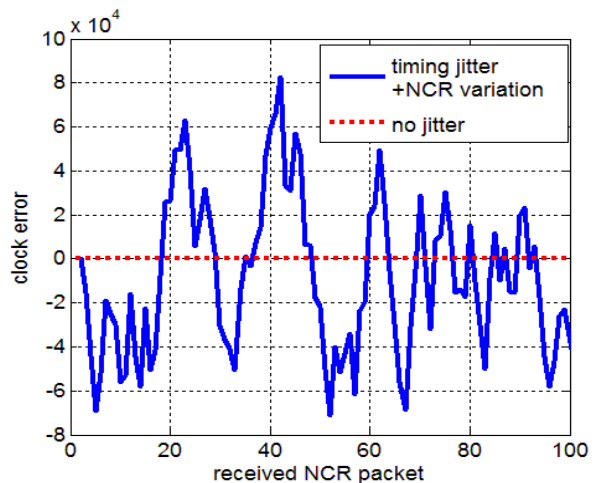


그림 13. timing jitter와 NCR 변동이 함께 존재할 때의 NCR 복원 성능 곡선

II. 참고 문헌

[1] ETSI EN 302-307, "Digital Video Broadcasting (DVB) - Second Generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting Interactive Service, News Gathering and other broadband satellite application", V1.1.2, July 2006.
 [2] ETSI EN 301 545, "Digital Video Broadcasting (DVB):

Second Generation DVB Interactive Satellite System(DVB-RCS2); part2: Lower Layers for Satellite Standard”, V1.1.1, January 2012.

[3] Jason Neale, “Terminal timing synchronization in DVB-RCS system using on board NCR generation,”Space Communications 17(1-3), pp 257-266, 2001.

[4] Christos Tryfonas, Anujan Varma, “ Timestamping Schemes for MPEG-2 System Layer and Their Effect on Receiver Clock Recovery”, IEEE Transactions on Multimedia, Vol.1, NO. 3, september. 1999.

[5] Li, Wen, Jason Meiners. “Introduction to phase-locked loop system modeling.” Analog Applications, 2000.

[6] H. Hassanzadegan, N. Sarshar “ A New method for Clock Recovery in MPEG Decoder”, Proceeding of OSSE, 2001.

[7] J. Liss “ Implementation of a VBR MPEG-stream receiver in an FPGA”, Linkoping university; The Institute of technology, 2012.

[8] HanIk Jeon, Deockgil Oh. “NCR clock recovery method suitable for DVB-S2/RCS2 systems.”ICTC 2014 conference, pp 995-996, October 2014.

저자

전 한 익(Hanik Jeon)



- 2014년 2월 : 금오공과대학교 전자공학부 학사졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학 석사과정

<관심분야> : 위성통신, 디지털 통신

오 덕 길(Deock-Gil Oh)

중신회원



- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사
- 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학석사
- 1996년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사

- 1982년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 위성광대역방송통신 연구실 실장
- 2005년 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학 전공 교수

<관심분야> : 위성통신 및 방송시스템, 광대역 변복조, 오류 정정부호