

DVB-RCS에서 심볼 타이밍 복원에 관한 연구

정회원 모 경 하*, 송 형 규**

A Design of Symbol Timing Recovery for DVB-RCS

Kyoung-Ha Mo*, Hyoung-Kyu Song** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 DVB-RCS에 적용된 다중 주파수 TDMA 모뎀 개발에 있어 심볼 타이밍 복원을 위한 두가지 보간기를 제안한다. 디지털 수신기에서 샘플링 클럭은 비교적 정확하게 동기화되지 못하기 때문에 정확한 타이밍 추적을 위해 보간기가 이용된다. 기존의 sinc 보간 필터는 무한대의 제로 크로싱 구현이 불가능하므로 제한된 필터 계수의 구현으로 인한 단점이 존재한다. 따라서 기존의 보간 필터에 비해 사이드 로브가 적은 카이저 윈도우를 이용하여 이를 해결하고자 두가지 보간 필터, 즉 카이저 윈도우 보간 필터와 카이저 윈도우를 이용한 sinc 보간 필터로 구성된 각각의 타이밍 복원 루프 구조를 제안한다. 결국 심볼 타이밍 에러를 최소화하는 것을 목적으로 구현된 두가지 보간기의 시뮬레이션 결과는 기존의 sinc 보간기의 성능보다 개선됨을 보여준다.

ABSTRACT

We investigate the design of an interpolation filter of a MF-TDMA demodulator which is applied to DVB-RCS. If sampling is not synchronized to the data symbols, timing adjustment in digital receiver must be performed by interpolation. It is impossible that conventional sinc interpolation filter coefficients are actually extended to infinity. We propose a Kaiser window interpolation filter and a sinc interpolation filter using the Kaiser window. Simulation results show that the performance improvement is realized by employing the proposed interpolation filter.

I. 서 론

DVB를 위한 상호 채널 위성 방송 시스템 규격이 유럽 통신 표준 위원회(European Tele-communications Standard Institute; ETSI)에 의해 결정되어 위성을 이용한 광대역 멀티미디어 어플리케이션 상호 통신이 가능 해 졌다. 게다가 DVB-RCS(Digital Video Broadcasting-Return Channel Satellite system) 규격은 사용자의 추가적인 어플리케이션 선택과 파라미터의 폭넓은 선택 영역으로 인한 전송 특성에 맞는 시스템 구성이 가능하므로 최적의 환경을 위한 서비스 제공자 및 사용자에게 트래픽 통계와 어플리케이션 적용이 가능함을 보여준다^[1].

DVB-RCS에는 공통 신호 채널(Common Sig-

nal Channel; CSC) 버스트, acquisition(ACQ) 버스트, 동기화(SYNC) 버스트 그리고 트래픽(TRF) 버스트와 같은 4가지 리턴 채널 버스트가 존재한다. 각각의 버스트의 목적은 초기 설정, 대략 동기화, 미세 동기화, 그리고 데이터 전송이다. 이러한 버스트 전송에 대한 타이밍 복원을 위해서 우리는 DVB 위성 시스템, 즉 MF-TDMA(Multi Frequency Time Division Multiple Access) 복조기에 카이저 윈도우 보간기와 카이저 윈도우를 이용한 sinc 보간기를 적용한 구조를 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저 2장에서는 DVB-RCS 모델링에 대해 기술하며 3장에서는 제안된 보간 필터를 적용한 타이밍 복원 구조를 자세히 기술한다. 4장에서는 제안된 타이밍 복원 구조

* 세종대학교 정보통신공학과 디지털 통신 연구실(duriceci@hanmail.net),

** 세종대학교 정보통신공학과 디지털 통신 연구실(songhk@sejong.ac.kr)

논문번호 : 020056-0205, 접수일자 : 2002년 2월 5일

를 유일 단어 검출과 결합하여 프레임 동기화를 통한 성능을 분석하고자 유일 단어 검출에 대해 설명하고자 한다. 마지막으로 5장에서의 시뮬레이션 결과를 통해 6장에서 결론을 맺는다.

II. DVB-RCS

1. DVB-RCS의 개요

양방향 상호대화 채널은 상호대화를 목적으로 서비스 제공자와 사용자 사이에 설정된다. 상호대화 채널은 리턴 상호대화 경로(return interaction path)와 순방향 상호대화 경로(forward interaction path)로 구성된다. 리턴 상호대화 경로는 사용자로부터 서비스 제공자로 정보가 전송되는 경로를 말하며, 서비스 제공자에게 요구를 하거나 요구에 응답하거나 데이터를 전송하는 경우에 사용된다. 순방향 상호대화 경로는 서비스 제공자로부터 사용자에게 정보가 전송되는 경로를 말하며, 서비스 제공자로부터 사용자에게 정보를 전송하거나, 상호대화 서비스를 위하여 필요한 것을 제공한다.

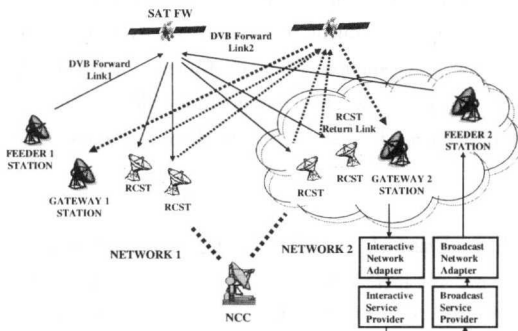


그림 1. DVB-RCS 네트워크

구체적인 DVB-RCS 네트워크의 구조는 그림 1과 같다. RCST(Return Channel Satellite Terminal)는 SIT(Satellite Interactive Terminal) 혹은 SUT(Satellite User Terminal)라고도 불리운다. 많은 RCST가 동작하는 전체 위성 상호대화 네트워크는 그림 1처럼 네트워크 제어 센터(Network Control Centre; NCC), 트래픽 게이트웨이, 피더(feeder)로 구성된다. NCC는 모니터링과 제어 기능을 담당하며, 트래픽 게이트웨이는 RCST 리턴 신호를 수신하며, 외부의 서비스 제공자와 네트워크(internet, ISDN, PSTN 등)에 연결하는 기능을 제공한다. 피더는 위성 디지털 비디오 방송의 상향 링크인 순방

향 링크 신호를 전송하며, 사용자 데이터와 상호대화식 네트워크의 동작에 필요한 제어와 타이밍 신호가 멀티플렉싱 된다. 순방향 링크는 NCC로부터 신호를 전송하고, RCST로 사용자 트래픽을 전송한다. 리턴 링크 시스템을 동작시키는데 필요한 NCC로부터 RCST로의 신호를 순방향 링크 시그널링이라고 부른다. 사용자 트래픽과 순방향 링크 시그널링은 다른 순방향 링크 신호로 전송된다^[1].

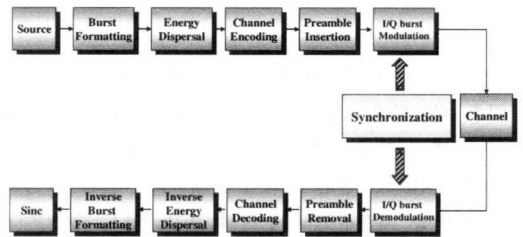


그림 2. RCST 리턴 링크 신호 처리의 블록도

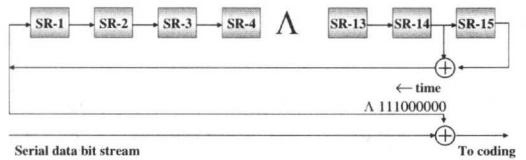


그림 3. 랜덤화기

표 1. 랜덤화 레지스터의 초기 값

Shift Register	SR 1	SR 2	SR 3	SR 4	SR 5	SR 6	SR 7	SR 8	SR 9	SR 10	SR 11	SR 12	SR 13	SR 14	SR 15
Bit value	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0

그림 2는 RCST 리턴 링크 신호 처리의 블록도이다. 리턴 링크 데이터 열은 버스트 단위로 이루어지며, 데이터는 1과 0의 랜덤한 분포를 보장하기 위하여 15 LFSR(Linear Feedback Shift Register)의 출력을 통하여 랜덤하게 된다. 그림 3은 랜덤화기의 구조이며, 표 1은 랜덤화 레지스터의 초기 값을 나타낸다. DVB-RCS는 터보코딩과 연결(concatenated) 코딩의 두 종류가 사용된다. 연결 코딩의 경우에 outer 코드는 RS(Reed Solomon) 코드이며, inner 코드는 nonsystematic 컨벌루션 코드를 사용한다. 결국 프리앰블 삽입 후 differential 코딩을 하지 않은 절대 매핑을 한 그레이 코드화된 QPSK 변조가 사용된다^[2].

III. 제안된 심볼 타이밍 복원 알고리즘

디지털 시스템 구현을 위해서는 하드웨어의 복잡도 및 계산량을 줄이기 위해 요구되는 샘플링율을 최소화하는 심볼 동기 알고리즘이 필요하다. 샘플링율은 근 상승 코사인(square-root raised cosine) 필터의 계산량에 직접 영향을 미치므로 본 연구에서는 심볼당 4 샘플로 하고, 이 샘플값들에 동적 보간을 행하여 심볼 타이밍 및 심볼을 복원하는 방법을 이용한다.

그림 4는 동적 디지털 보간기가 적용된 타이밍 복원 구조의 전체 블록도이다. 입력 신호 $r(t)$ 는 수신기의 정합필터링 이후 주기 T_s 로 샘플링된다. $g(t)$ 는 정합 필터를 의미한다. 보간기의 기능은 신호의 정확한 복조를 위해 동기화된 신호를 생성하는데 있다. 그림 4에 있는 데시메이터는 보간 전후의 샘플링율을 다르게 하지만 사실 데시메이션 과정은 보간 필터내 자체로 수행되기 때문에 따로 구분해 놓지 않는다^[4].

1. sinc 보간기

심볼당 샘플의 수가 적을 경우 정확한 타이밍 보정을 위해서는 보간기가 필요하다. 보간기의 역할은 A/D변환기의 샘플링점이 나이퀴스트점이 아닐 수 있으므로 타이밍 오차를 보상하여 나이퀴스트점에서 샘플값을 갖도록 보간하는 것이다. 그림 5는 sinc 보간기의 구조를 나타낸다.

대역 제한된 입력 신호 $x(t)$ (혹은 시간 $t = k T_s$ 에서의 샘플 $\{x(k T_s)\}$)는 sinc 보간 필터를 사용하여 복원할 수 있다. 이때 임펄스 응답은 다음과 같다.

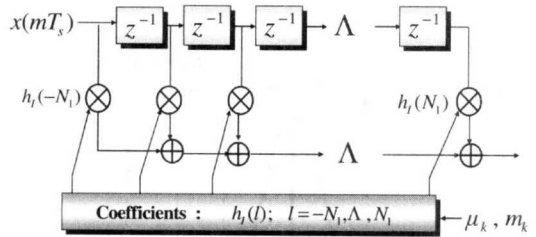


그림 5. 보간 필터

$$h_l(t) = \frac{\sin \pi t / T_s}{\pi t / T_s} \tag{1}$$

그리고 전달 함수는 다음과 같다.

$$H_l(f) = \begin{cases} T_s, & |f| < \frac{1}{2} T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

먼저 m_k 는 정수값이고 $0 \leq \mu_k < 1$ 이며 채널 딜레이는 τ_{offset} 라고 정의하면 정확하지 않은 심볼 타이밍 값 $t = kT + \tau_{offset} = (m_k + \mu_k) T_s$ 로써 추정할 수 있다.

$$x_i((m_k + \mu_k) T_s) = \sum_{l=-N_l}^{N_l} h_l(l) x((m_k - l) T_s) \tag{3}$$

여기서 $h_l(l)$ 은 보간 필터를 의미하며 $x_i(t)$ 에서의 i 는 보간을 의미한다^[4].

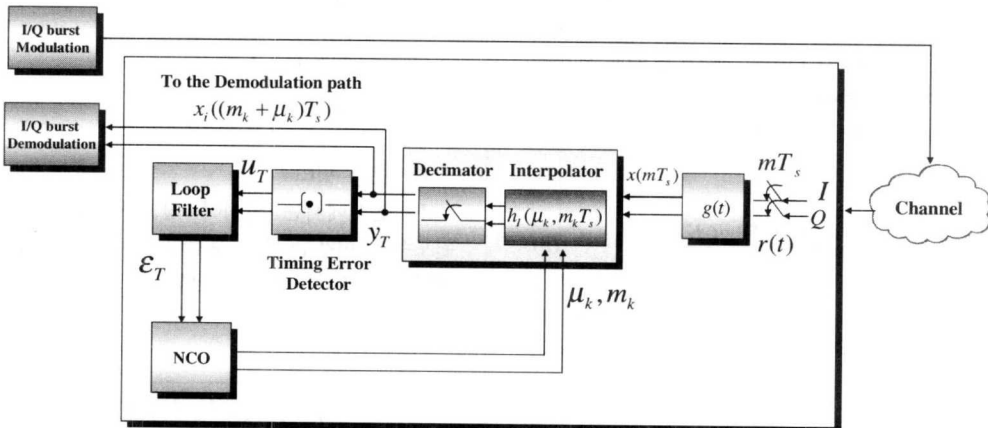


그림 4. 타이밍 복원 구조

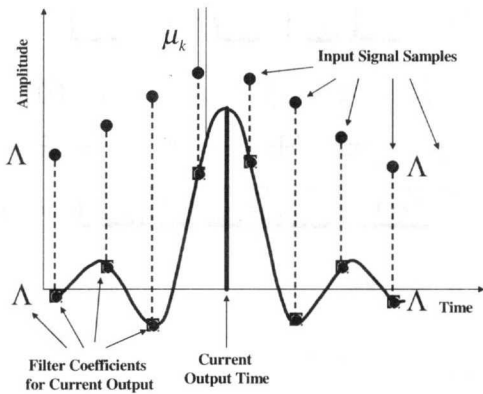


그림 6. 입력 신호의 보간 필터링 구현

그림 6은 주어진 시간 상에서 sinc 보간 필터와 입력 신호의 형태를 보여준다.

2. 타이밍 에러 검출기

타이밍 에러 검출 알고리즘은 매우 간단하고 심볼당 2개의 샘플만이 요구된다. 검출 알고리즘은 다음과 같으며 QPSK의 경우를 나타낸다.

$$u_T(r) = y_{T_i} \left(r - \frac{1}{2} \right) [y_{T_i}(r) - y_{T_i}(r-1)] + y_{T_o} \left(r - \frac{1}{2} \right) [y_{T_o}(r) - y_{T_o}(r-1)] \quad (4)$$

이 알고리즘은 동작 모드에 있어 대략 동기와 미세 동기 모두 적용 가능하다⁵¹.

3. 루프 필터

루프 필터는 계수 K_1 과 K_2 에 의해 특징지어질 수 있는데 필터의 계수는 기존의 PLL 이론에 맞추어 이용되는 시스템, 즉 타이밍 복원 루프에 적용할 수 있는 계수를 구하여 적용할 수 있다. 전반적인 루프 전달함수는 필터 계수를 이용하여 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$H(s) = \frac{K(K_1 + K_2)sT + K K_2}{(sT)^2 + K(K_1 + K_2)sT + K K_2} \quad (5)$$

하지만, PLL 이론에 맞추어 댐핑계수, ζ 와 자연 주파수, ω_n 를 이용하여 전달함수의 특성을 표현할 수 있다.

$$H(s) = \frac{2\zeta \omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2} \quad (6)$$

그림 7은 루프 필터를 보여준다. 필터에 사용된 계수 K_1 과 K_2 는 표 2와 같다.

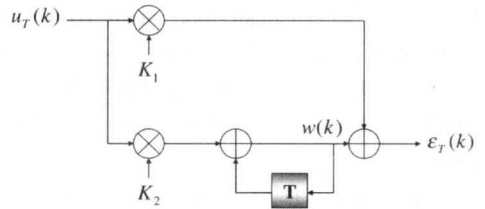


그림 7. 루프 필터

표 2. 루프 필터 파라미터

	TRF burst (Preamble : 255)		CSC burst (Preamble : 31)	
	K_1	K_2	K_1	K_2
sinc	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{64}$
Kaiser	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{64}$
sinc & Kaiser	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{64}$

4. NCO(number controlled oscillator)

NCO는 보간기에서의 동작에 필요한 정보를 제공하는 역할을 한다. 타이밍 신호의 정정된 값은 기본 정수값 m_k 와 미세 값 μ_k 으로 표현될 수 있다. 따라서 기본 정수값과 미세 값은 다음과 같이 표현될 수 있다. 여기서 $\text{int}\{z\}$ 는 z 를 초과하지 않는 가장 큰 정수값을 의미한다.

$$m_k = \text{int}\{k T_i / T_s\} \quad (7)$$

$$\mu_k = k T_i / T_s - m_k \quad (8)$$

5. 보간 필터

본 논문에서는 카이저 윈도우 보간기와 카이저 윈도우를 이용한 sinc 보간기를 각각 적용한 구조를 제안한다. 먼저 카이저 윈도우는 다음과 같이 정의된다.

$$h_{I_{kaiser}}(t) = \frac{I_0 \left[\beta \sqrt{1 - \left[\frac{(t-\alpha)}{\alpha} \right]^2} \right]}{I_0(\beta)}, \quad 0 \leq t \leq M \quad (9)$$

여기서 $\alpha = \frac{M}{2}$ 이고 $I_0(\cdot)$ 는 변형된 0차 베셀 함수이다. 사실상 sinc 보간 필터의 식 (3)의 적분은 마이너스 무한대에서부터 무한대의 값까지 확장되어야 이상적인 필터라고 할 수 있다. 하지만 이는 실현 불가능하기 때문에 최대한 이상적인 임펄스 응답을 갖는 윈도우를 씌워 유한하게 만들어 주는 것이 필요하다.

실제적 펄스 값에 대해 좌우 3번째까지의 제로 크로싱을 고려한 $h_f(t)$ 를 구현한다면 주파수 응답은 그림 8(a)와 같이 나타낼 수 있다. 주파수 측면에서 보면 저지대역은 -50dB이상에서 급격한 감쇠를 보인다. 하지만 만약 식 (3)의 보간 필터 계수에 대해 M 이 60인 카이저 윈도우 $h_{I_{Kaiser}}(t)$ 를 고려한다면 주파수 응답은 그림 8(b)와 같이 -80dB 이상의 저지대역을 나타낼 수 있다.

카이저 윈도우를 이용한 sinc 보간 필터는 다음과 같이 정의되며, 여기서 $\alpha = \frac{M}{2}$ 이고 *는 컨볼루션을 의미한다.

$$h_{I_{\text{sinc \& Kaiser}}}(t) = \frac{\sin \pi n / T_s * I_0 \left[\beta \sqrt{1 - \left[\frac{(n-\alpha)}{\alpha} \right]^2} \right]}{\pi n / T_s I_0(\beta)} \quad \left| \begin{array}{l} t=M \\ t=0 \end{array} \right. , \quad 0 \leq n < \frac{M}{2} \quad (10)$$

따라서 카이저 윈도우는 급격한 감쇠의 저지대역과 낮은 사이드 로브로 인해 신호의 샘플링 값을 보간하는데 있어 원형의 펄스의 접근이 용이하게 되는 것이다. 또한 카이저 윈도우를 이용한 sinc 보간

기의 경우는 그림 8(c)와 같이 사이드 로브가 매우 낮게 나타나지만 메인 로브의 증가로 인해 초기 타이밍 오프셋이 작은 경우에만 심볼 타이밍 복원 성능이 가장 우수함을 알 수 있다.

IV. 유일 단어 검출

프리앰블에서 가장 바람직한 특성은 기준부호 시퀀스와 이것의 임의 비트 천이된 상태의 부호 시퀀스 사이의 상관 값이 가능하면 낮은 값을 가지는 것이다. 따라서 PN 순열 중에서 가장 중요한 클래스인 이진 최대 길이 시프트 레지스터 시퀀스 혹은 m-시퀀스를 프리앰블, 즉 유일 단어 시퀀스로 이용한다. m-시퀀스는 $(n, k) = (2^m - 1, m)$ 인 순환코드인 한 클래스로써 이때 m 은 양의 실수이다. 따라서, 초기 접속용 CSC 버스트인 경우에는 $m=5$ 인 31개의 m-시퀀스를 이용하고 사용자 데이터용 TRF 버스트인 경우에는 $m=8$ 인 255개의 m-시퀀스를 이용하여 시뮬레이션 한다.

m-시퀀스의 상관 값 $R_c(k)$ 에 대한 정의는 다음과 같이 내릴 수 있다.

$$R_c(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} c_{i+k} c_i = \begin{cases} 1, & k=0, \pm m, \pm 2m, \dots \\ -\frac{1}{m}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

여기서 m 은 부호의 길이이다. 그림 9는 m-시퀀스의 상관 값을 나타낸다.

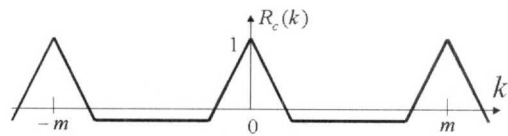


그림 9. m-시퀀스의 자기 상관 함수

V. 시뮬레이션 결과

이 장에선 시뮬레이션을 통해 제안된 보간 필터의 성능을 보이고자 한다. 시뮬레이션에 이용된 근상승 코사인 펄스의 롤 오프 값은 0.35이며 채널 모델링은 각각 AWGN, Ricean 페이딩 채널, Rayleigh 페이딩 채널을 이용했으며 구체적인 채널 파라미터는 ETSI DOCUMENT A012^[3]에 기술되어 있다. 표 3은 다중 경로의 감쇠, 위상 그리고 딜레이

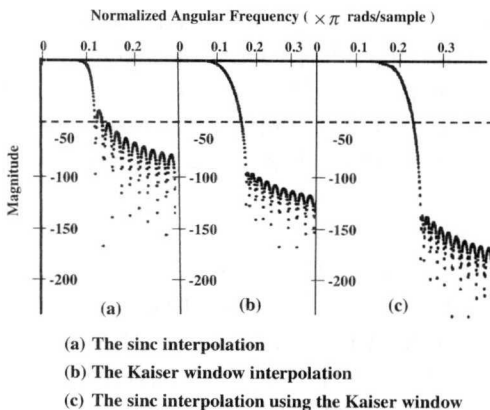


그림 8. 3가지 보간 필터의 주파수 응답

표 3. 채널 파라미터

i	ρ_i	τ_i [μs]	θ_i [rad]
Ricean [0]	1.000000	0.000000	0.000000
Rayleigh [0]	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.057662	1.003019	4.855121
2	0.176809	5.422091	3.419109
3	0.407163	0.518650	5.864470
4	0.303585	2.751772	2.215894
5	0.258782	0.602895	3.758058
6	0.061831	1.016585	5.430202
7	0.150340	0.143556	3.952093
8	0.051534	0.153832	1.093586
9	0.185074	3.324866	5.775198
10	0.400967	1.935570	0.154459
11	0.295723	0.429948	5.928383
12	0.350825	3.228872	3.053023
13	0.262909	0.848831	0.628587
14	0.225894	0.073883	2.128544
15	0.170996	0.203952	1.099463
16	0.149723	0.194207	3.462951
17	0.240140	0.924450	3.664773
18	0.116587	1.381320	2.833799
19	0.221155	0.640512	3.334290
20	0.259730	1.368671	0.393889

이에 대해 나타낸다. θ_i 는 i 번째 경로의 위상 지연을 의미하며 ρ_i 는 i 번째 감쇠를 의미한다. 그리고 τ_i 는 i 번째 딜레이를 표현한다. Ricean factor K 는 10dB이다.

그림 10은 AWGN 채널 환경에서 초기 타이밍 오프셋에 대한 sinc 보간 필터와 카이저 윈도우 보간 필터의 심볼 타이밍 분산에 대한 결과를 보여준다. 실선은 카이저 윈도우 보간 필터의 MSE(Mean Squared Error) 값을 나타내는데 sinc 보간 필터의 결과 값보다 성능이 우수함을 알 수 있다. 그림 11은 Ricean 페이딩 채널과 Rayleigh 페이딩 채널 환경에서 각각의 보간기에 대한 타이밍 복원 성능을 보여준다. 카이저 윈도우를 이용한 보간 필터에 대한 심볼 타이밍 분산은 높은 메인 로브로 인해 초기 타이밍 오프셋이 적은 경우에만 우수한 성능을 보인다.

그림 12는 제안된 보간기에 $m=5$ 인 31개의 m-시퀀스를 CSC 버스트 프리앰블로 이용한 유일 단어 검출 결과로서 각각 SNR(Signal to Noise Ratio)이 0dB일 때의 sinc 보간 필터를 적용한 경우와 카이저 윈도우 보간 필터를 적용한 경우의 검출 결과를 나타낸다. 정확한 유일 단어를 검출하는지에 대한 peak치를 확인하기 위하여 프리앰블 31개 다음에 랜덤한 데이터 30개를 추가한 패킷을 가지고 시뮬레이션 한 결과이다. 이때 변조 방식은 QPSK이며, 초기의 샘플링 클럭 에러는 $\frac{16}{64} T_s$ 이

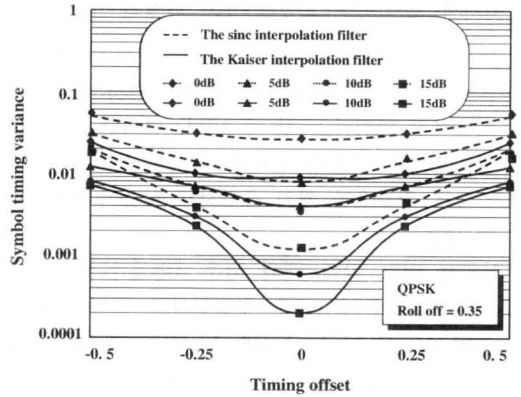


그림 10. sinc 보간 필터와 카이저 윈도우 보간 필터의 초기 타이밍 오프셋에 대한 심볼 타이밍 분산

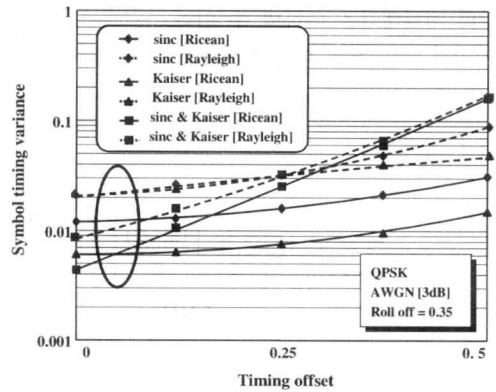


그림 11. Ricean 페이딩 채널과 Rayleigh 페이딩 채널의 경우 초기 타이밍 오프셋에 대한 심볼 타이밍 분산

며 sinc 함수를 이용할 때의 루프 필터 계수는 K_1 은 0.5, K_2 는 0.015625이다. 그리고 카이저 윈도우 함수를 이용할 때의 루프 필터 계수도 K_1 은 0.5, K_2 는 0.015625이다. 시뮬레이션 결과를 살펴보면 카이저 윈도우 보간 필터를 이용한 유일 단어 검출 결과는 프리앰블을 수신한 정확한 지점에서 1에 가까운 peak를 나타내며 천이된 비트의 상관 값 역시 sinc 보간 필터의 유일 단어 검출 결과 값보다 낮게 나타남을 알 수 있다.

그림 13은 제안된 보간기에 $m=8$ 인 255개의 m-시퀀스를 TRF 버스트 프리앰블로 이용한 유일 단어 검출 결과로서 각각 SNR이 0dB일 때의 sinc 보간 필터를 적용한 경우와 카이저 윈도우 보간 필터를 적용한 경우의 검출 결과를 나타낸다. 정확한 유일 단어를 검출하는지에 대한 peak치를 확인하기 위하여 프리앰블 255개 다음에 랜덤한 데이터 100

개를 추가한 패킷을 가지고 시뮬레이션 한 결과이다. 이때 변조 방식은 QPSK이며, 초기의 샘플링 클럭 에러는 $\frac{16}{64} T_s$ 이며 sinc 함수를 이용할 때의 루프 필터 계수는 $K1$ 은 0.25, $K2$ 는 0.015625이다. 그리고 카이저 윈도우 함수를 이용할 때의 루프 필터 계수도 $K1$ 은 0.25, $K2$ 는 0.015625이다.

시뮬레이션 결과를 살펴보면 카이저 윈도우 보간 필터를 이용한 유일 단어 검출 결과는 프리앰블을 수신한 정확한 지점에서 1에 가까운 peak를 나타내며 천이된 비트의 상관 값 역시 sinc 보간 필터의 유일 단어 검출 결과 값보다 낮게 나타남을 알 수 있다. 또한 프리앰블이 255개인 유일 단어 검출 결과가 이전의 프리앰블 31개에 대한 결과보다 프리앰블의 수가 큰 만큼 보다 개선된 성능을 보인다.

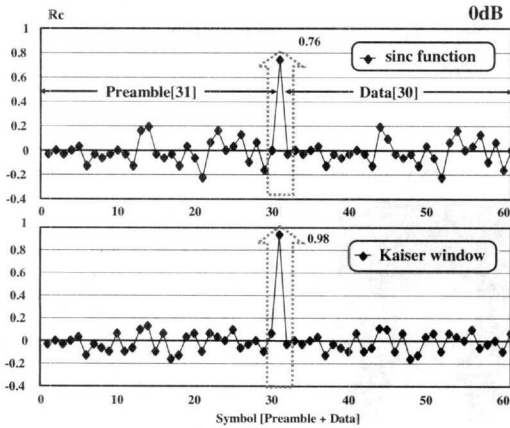


그림 12. CSC 버스트의 유일 단어 검출 결과 [SNR = 0dB]

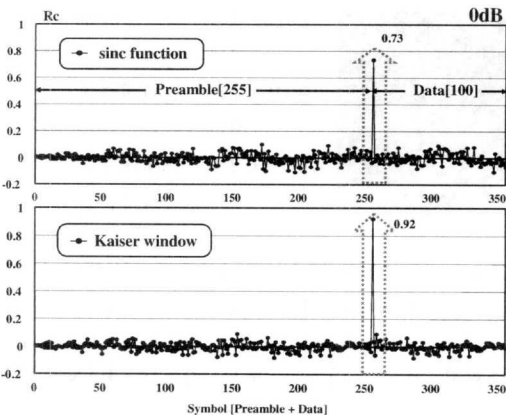


그림 13. TRF 버스트의 유일 단어 검출 결과 [SNR = 0dB]

프리앰블 31개에 대한 유일 단어 검출 결과에서 나타난 천이된 비트의 상관 값보다 낮게 나타남을 알 수 있다.

그림 14와 그림 15는 sinc 보간 필터를 포함한 세가지 보간 필터의 타이밍 복원 과정을 보이는데 앞에서 보인 시뮬레이션 결과처럼 sinc 보간 필터의 경우에는 잡음의 영향이 클수록 초기의 타이밍 에러의 보정 수렴 속도가 늦음을 알 수 있으며 보정한 후에도 타이밍 에러의 안정성이 보장되지 않음을 알 수 있다. 카이저 윈도우 보간 필터나 카이저 윈도우 함수를 이용한 보간 필터의 결과는 sinc 보간 필터보다 타이밍 에러 보정 수렴 속도가 빠르며 보정 후에도 비교적 안정적인 상태에 있음을 볼 수 있다.

그림 16은 RCST 리턴 링크 시스템에서 랜덤하게 발생된 초기 타이밍 오프셋에 대한 BEP(Bit Error Probability)를 보여준다. sinc 보간 필터의 경우에 10^{-3} 의 BEP에서의 SNR은 6.5 dB이며 카이저 윈도우 보간 필터의 경우에는 5.5 dB임을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서 심볼 타이밍 복원을 위한 두가지의 보간기를 제안한다. 시뮬레이션 결과는 기존의 sinc 보간기보다 본 논문에서 제안한 두가지 보간기의

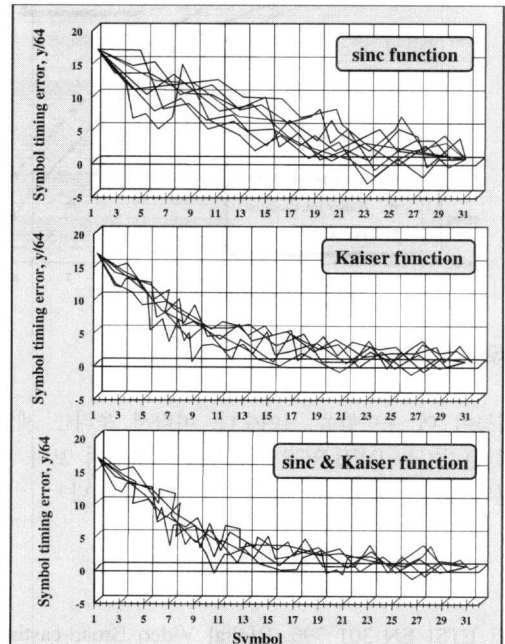


그림 14. CSC 버스트의 타이밍 오프셋 수렴 과정 [SNR = 3dB]

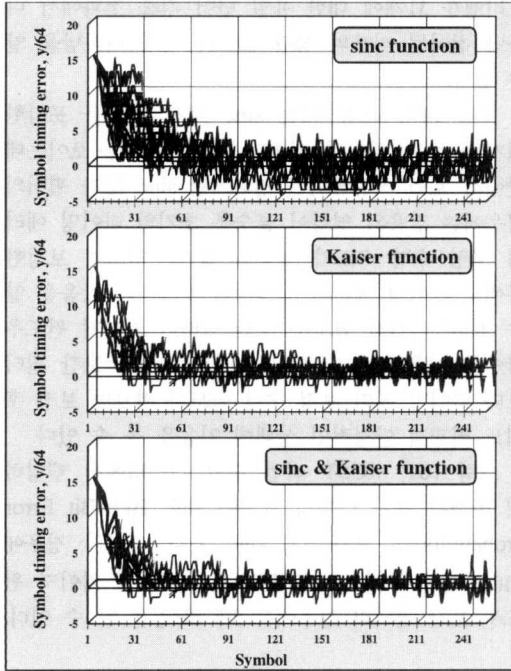


그림 15. TRF 버스트의 타이밍 오프셋 수렴 과정 [SNR= 3dB]

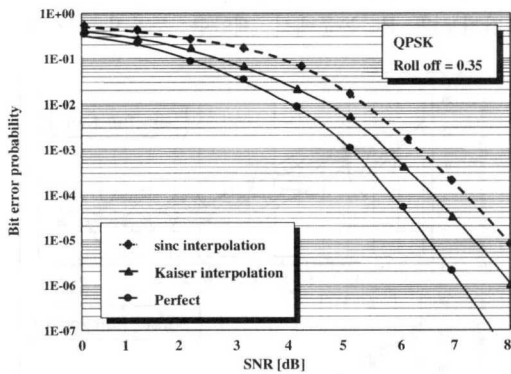


그림 16. SNR에 따른 BEP 성능

성능이 더 우수함을 보여준다. 따라서 우리는 제안된 보간기를 DVB-RCS 시스템에 적용하여 보다 개선된 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] ETSI EN 301 790, Digital Video Broad-casting (DVB) : Framing Structure, Channel Coding and Modulation for 11/12 GHz satellite services,

V1.1.2, Aug. 1997.

[2] ETSI EN 300 421, Digital Video Broad-casting (DVB) : Interaction channel for satellite distribution systems, V1.2.2, Dec. 2000.
 [3] DOCUMENT A012, Digital Video Broad-casting (DVB) : Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television, June 1996.
 [4] F. M. Gardner, "Interpolation in Digital Modems-Part I: Fundamentals," IEEE Trans. Commun. vol. 41, pp. 501-507, Mar. 1993.
 [5] F. M. Gardner, "A BPSK/QPSK Timing-Error Detector for Sampled Receivers," IEEE Trans. Commun. vol. 5, pp. 423-429, May 1986.
 [6] J. G. Proakis, Digital Communications, 4th Ed. New York: MacGraw-Hill, 2001. nal Processing, New York, NY : John Wiley & Sons, Inc., 1998.

모 경 하(Kyoung-Ha Mo)

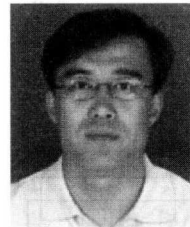
정회원



2001년 2월 : 세종대학교
정보통신공학과 학사
2001년~현재 : 세종대학교
정보통신공학과 석사
<주관심 분야> 디지털 신호 처
리, 디지털 통신 시스템,
Bluetooth 등

송 형 규(Hyoung-Kyu Song)

정회원



1990년 2월 : 연세대학교
전자공학과 학사
1992년 2월 : 연세대학교
전자공학과 석사
1996년 2월 : 연세대학교
전자공학과 박사

1996년 1월~2000년 2월 : 전자부품연구원 책임연구원
2000년 3월~현재 : 세종대학교 정보통신공학과 조교
수

<주관심 분야> 디지털 통신 시스템, PAN, 무선 LAN, 지능형 방송시스템 등