

논문 2005-42TC-10-1

적응적 루프필터의 지터 평균값을 이용한 ATSC DTV 심볼 타이밍 동기 방식

(A Symbol Timing Recovery scheme using the jitter mean of adaptive loop filter in ATSC DTV systems)

김주경*, 이주형*, 송현근*, 김재명**, 김승원***

(Joo-Kyoung Kim, Joo-hyoung Lee, Hyun-keun Song, Jae-Moung Kim, and Seung-Won Kim)

요 약

본 논문에서는 ATSC 지상파 DTV 시스템에서 심볼 타이밍 동기 성능 개선을 위한 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 심볼 타이밍 동기를 위해 사용되는 가드너 방법은 다중 경로 페이딩 환경에서 성능이 좋지만 지터에 의해 성능 열화가 발생한다. 지터량은 루프 필터 대역폭이 작을수록 작아지지만, 수렴속도는 느려지게 된다. 본 논문에서는 수렴속도는 빠르면서 수렴 후 지터량을 감소시키기 위해 일정시간마다 루프필터의 출력 값을 평균하고 이 평균값을 이용하여 오프셋을 추정한 후 점차적으로 대역폭을 줄여 지터의 크기를 줄이는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존의 방식에 비해 수렴속도와 지터의 크기에서 좋은 성능을 보인다.

Abstract

This paper proposes the algorithm for improving the performance of symbol timing synchronization in ATSC terrestrial DTV system. The Gardner algorithm is used for symbol timing synchronization has good performance in multipath fading environment but, degradation of performance is caused by jitter. Though the amount of jitter becomes more little as narrow bandwidth of loop filter, convergence speed becomes slower. This paper propose the algorithm that averages out values of loop filter every certain time and gradually reduces the bandwidth of loop filter after estimating offset using this average for the high speed of convergence and reducing the amount of jitter. The proposed algorithm has better performance with high speed of convergence and the amount of jitter than conventional method.

Keywords : ATSC, Symbol Timing Recovery, Synchronization, Loop Filter

I. 서 론

8-VSB(vestigial sideband) 변조기법을 사용하는

ATSC DTV 시스템은 고화질, 고음질을 위해 높은 데이터 전송율을 가지고 있다. 또한 실내외 고정 수신 뿐만 아니라 점차 휴대 및 이동수신 서비스를 요구하게 되어 이를 해결하기 위한 방법 중의 하나로 수신기의 동기 연구가 활발히 이루어지고 있다.

수신기에서 심볼 타이밍 동기는 샘플링 클럭 주파수의 오차와 위상 오차로 인해 발생하는 샘플링 클럭 주파수 오프셋과 위상 오프셋을 보상하는 과정을 말한다. ATSC 규격에 소개되어 있는 심볼 타이밍 동기 방법은

* 학생회원, ** 정회원, 인하대학교 정보통신 대학원
(The Graduate School of IT & Telecommunications, INHA University)

*** 정회원, 전자통신연구원
(Electronics and Telecommunications Research Institute)

접수일자: 2005년6월20일, 수정완료일: 2005년10월12일

77.3 μ s마다 반복적으로 +5, -5, -5, +5가 삽입된 세그먼트 동기를 이용하는 방법이다. 이는 0, +, 0, - 신호의 필터를 통과시키면 타이밍 에러 정보를 구할 수 있다^{[1][2]}. 세그먼트 동기의 에러를 줄이기 위해 수십 개의 세그먼트 동기를 평균하여 사용하는데 이러한 방식은 긴 예코에 대한 영향은 없다는 장점이 있지만 짧은 예코에 영향을 많이 받고 77.3 μ s마다 하나의 세그먼트 동기에 의해 변하는 채널을 추적하므로 실제적으로 빠른 동기를 유지하기 어려운 단점이 있다^[3]. 또한 주파수 동기를 위한 FPLL(Frequency Phase Locked Loop)에서 위상 옵셋이 남아있으면 심볼 타이밍 동기를 이룰 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 일반적으로 심볼 타이밍 동기 사용하는 가드너 방법을 기본적으로 이용한다. 가드너 방법은 매 심볼마다 타이밍 에러 성분을 추출하므로 변하는 채널에서 타이밍 동기를 추적하면서 동기를 유지하는데 유리한 방식이다. 옵셋 추정값을 누적하여 평균을 구하면 정확한 샘플링 클럭 옵셋을 구할 수 있는데 루프 필터가 옵셋의 추정값을 누적하여 평균을 구하는 역할을 한다^[4]. 그러나 가드너 방법은 8-VSB와 같은 다중 레벨 변조를 사용하는 시스템에서는 지터량이 증가하는 단점이 있다^[5] 루프 필터의 대역폭이 크면 빠른 수렴 속도를 얻을 수 있지만 추정값에 대한 지터가 심하게 발생하고 대역폭을 줄이면 지터는 줄지만 수렴 속도가 느려지는 문제점이 있다^[6].

본 논문에서는 초기 루프 필터의 대역폭을 크게 해준 후 지터의 평균값을 이용하여 샘플링 옵셋을 추정하고 이후 단계적으로 대역폭을 줄임으로써 수렴 속도를 향상 시키고 수렴 후 지터량을 줄이는 방법을 제안한다. II장에서는 기존의 심볼 타이밍 동기를 위한 가드너 알고리즘과 문제점을 논의 하고 III장에서는 제안하는 심볼 타이밍 동기 알고리즘을 살펴보고 IV장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 성능을 비교 분석한다. V장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존 가드너 심볼 타이밍 동기 방식

ATSC DTV에서는 심볼 타이밍 동기를 획득하기 위해 세그먼트 동기 방식과 가드너 방식을 일반적으로 사용한다. 세그먼트 동기 방식은 잡음이 없는 환경에서는 가드너 방식보다 성능 열화가 적지만 잡음이 있는 환경에서는 가드너 방식보다 성능 열화가 심하다^[3]. 이는 세

그먼트 동기는 832심볼마다 옵셋을 추정하는 반면에 가드너 방식은 매 심볼 옵셋을 추정하기 때문에 잡음과 다중 경로에 강인하여 심볼 타이밍 동기 획득을 위해 많이 사용되고 있다. 가드너 방식은 심볼 레이트의 두 배로 샘플링 된 신호 간의 곱의 차를 이용하여 샘플링 클럭 옵셋을 추정하는 방식으로 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta(t) = r(t-1/2)\{r(t) - r(t-1)\} \quad (1)$$

여기서 $\delta(t)$ 는 추정 샘플링 오차이고, $r(t)$ 는 두 배로 샘플링 된 수신 데이터이다. 식 (1)과 같이 샘플링 클럭 옵셋을 추정하게 되면 오차가 없는 경우에도 옵셋이 발생한다. 그러나 랜덤한 데이터를 계속 통과시키면서 루프 필터를 이용하여 옵셋 추정값을 누적하여 평균을 구하면 정확한 샘플링 클럭 옵셋을 추정할 수 있다.

그림 1은 ATSC DTV시스템에서 가드너 방법의 심볼 타이밍 동기 루프이다. 수신된 신호는 ADC(Analog Digital Converter)를 거쳐 정합 필터를 통과한 후 두 배로 오버 샘플링 된다. 두 배 이상 샘플링 된 신호는 파일럿을 제거 하고 샘플링 클럭 옵셋 추정기로 옵셋을 추정하고 루프 필터 통과하면서 옵셋의 평균을 취하는 역할을 수행 후 VCO를 거치고 보간 필터를 이용하여 심볼 타이밍 옵셋을 보정한다.

그림 2는 가드너 방식의 샘플링 클럭 옵셋 추정기이다. 두 배로 샘플링 된 신호들이 들어오면 그림 2와 같이 신호 간의 곱의 차를 이용하여 샘플링 클럭 옵셋을 추정한다. 추정된 값은 루프 필터와 VOC를 거쳐 심볼 타이밍 동기를 획득한다.

이러한 가드너 알고리즘은 BPSK/QPSK 신호의 경우, 두 심볼의 중간 샘플이 0에 가까운 값이 되지만 ATSC DTV시스템에서 사용하는 8-VSB변조와 같은

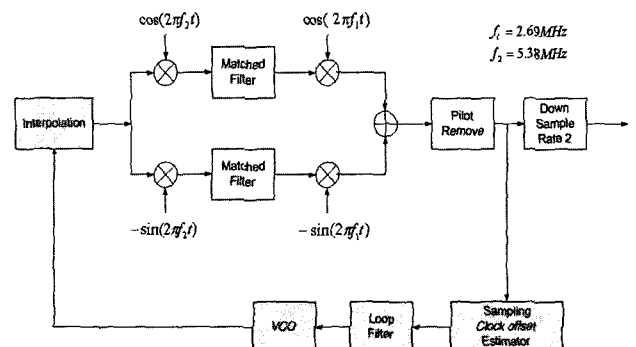


그림 1. 가드너 방법의 심볼 타이밍 동기 루프
Fig. 1. Symbol timing recovery of Gardner method.

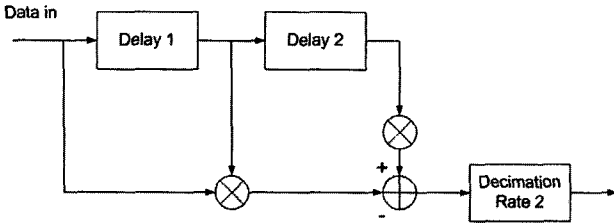


그림 2. 가드너 알고리즘을 이용한 샘플링 오프셋 추정기
Fig. 2. Sampling offset estimator using the Gardner algorithm.

다중레벨 신호의 경우는 중간 샘플의 값이 다양한 값을 가지게 된다. 물론 전송하는 신호의 평균값이 0이기 때문에 누적된 중간 샘플의 평균은 0인 값을 가지지만 매 순간마다 $r(t)$ 와 $r(t-1)$ 의 중간값인 $r(t-\frac{1}{2})$ 이 0이 아닌 값을 가질 수 있기 때문에 타이밍 지터가 매우 커지는 문제점을 가지게 된다^[5].

III. 제안하는 동기 알고리즘

심볼 타이밍 동기 획득에 적합한 가드너 방식은 다중 경로에 따른 성능 열화가 적고 반송파 동기와 독립적으로 빠른 수렴 시간을 갖지만 자기 신호간의 간섭인 지터에 의해 성능이 떨어진다. 따라서 지터의 크기를 줄이고 성능을 향상시킬 수 있는 알고리즘을 제안한다.

그림 3은 루프필터 대역폭이 800ppm, 500ppm, 200ppm 일 때 따른 수렴 곡선이다. 대역폭이 800ppm의 경우는 수렴속도는 빠르지만 지터 발생이 크고, 200ppm일 경우는 수렴 속도는 느리지만 지터 발생은 적으며 500ppm일 때는 중간 성능을 갖는다. 루프 필터의 대역폭이 크면 빠른 수렴 속도를 갖지만 큰 지터가 발생하고 작으면 이와 반대가 되는 결과를 얻을 수 있다.

루프 필터 대역폭이 큰 경우 지터의 크기가 크더라도 빠른 수렴 시간을 갖기 때문에 지터의 평균값을 구하면 초기 시간에 오프셋에 근접한 값을 얻을 수 있다. 하지만 빠른 수렴 시간을 이용하기 때문에 지터의 크기는 크게 되고 성능은 열화 된다. 이에 따라 성능 열화를 줄이기 위해 적절하게 대역폭을 줄여서 지터의 크기를 줄일 필요가 있다.

본 논문에서 제안하는 동기 알고리즘은 대역폭이 클 경우 빠르게 수렴한다는 특징과 대역폭이 작을 경우 지터의 크기가 작다는 특징을 이용한 알고리즘이다. 대역폭이 클 경우 빠르게 수렴한다는 특징을 이용하여 초기

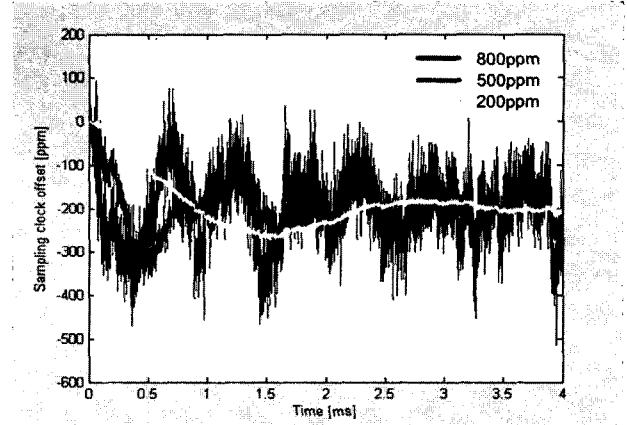


그림 3. 루프 대역폭에 따른 심볼 타이밍 동기 성능
Fig. 3. Performance of the symbol timing synchronization according to the loop bandwidth.

에는 루프 필터 대역폭을 크게 설정하여 루프 필터를 통과한 데이터의 일정 관찰 시간동안 지터의 평균값을 구한다. 이 지터의 평균값을 이용하여 초기에 오프셋값을 추정하며 이후 지터의 크기를 줄이기 위해 점차적으로 대역폭을 줄이고 평균 지터의 크기를 다시 구한다. 이 평균값을 사용하여 오프셋값을 추정하며 다시 대역폭을 줄이는 것을 반복하는 알고리즘이다.

그림 4는 제안한 알고리즘으로 특정 관찰 시간 동안 루프 필터를 통과한 데이터의 지터 평균값을 지터 평균 계산기를 통해 구하여 오프셋을 추정한 후 대역폭 감쇄기를 통해 루프 필터의 대역폭을 줄인다. 줄어든 대역폭으로 루프 필터 계수는 바꾸고 다시 특정 관찰 시간 동안 루프 필터를 통과하면 지터의 크기는 줄어든다. 루프필터 계수는 다음 식 (2)~(6)와 같이 대역폭에 의해 결정된다.

$$B_L = \frac{\omega_n}{2} \left(\zeta + \frac{1}{4\zeta} \right) [Hz] \tag{2}$$

$$K_1 = \frac{2\zeta\omega_n}{K} \tag{3}$$

$$K_2 = \frac{\Delta T_1 \omega_n^2}{K} \tag{4}$$

$$K = 2\pi K_{NCO} K_{pd} \tag{5}$$

$$B_L = B_{initial} \times \alpha^n \tag{6}$$

식 (2)에서 B_L 은 루프 필터 대역폭, ω_n 는 루프 고유 주파수, ζ 은 댐핑 상수를 나타내며, B_L 을 결정하면 ω_n 을 구할 수 있으며, 식 (3), (4)와 같이 K_1, K_2 는 2차

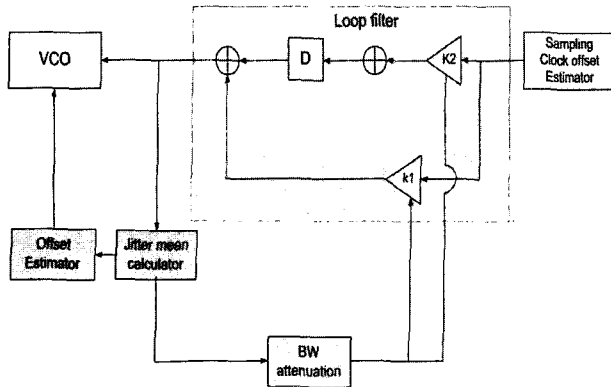


그림 4. 제안한 가드너 방법의 심볼 타이밍 동기 루프
Fig. 4. Proposed Gardner method of the symbol timing synchronization.

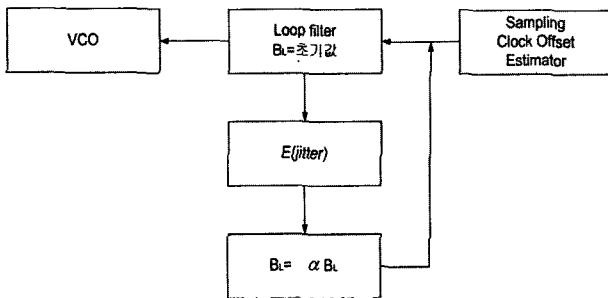


그림 5. 제안한 심볼 타이밍 동기 알고리즘 흐름도
Fig. 5. A flow chart of the proposed symbol timing synchronization.

루프 필터의 계수가 결정된다. K 는 루프 이득, ΔT_1 은 루프필터의 동작 시간차, K_{NCO} 와 K_{pd} 는 각각 NCO의 이득과 위상검출기의 이득을 나타낸다. 특정 관찰 시간 동안 대역폭 B_L 이 결정되면 다음 대역폭은 감쇄 계수 α 배 만큼 감소하게 되며, $n \cdot \Delta T$ 시간 이후 대역폭은 식 (6)과 같이 된다. 감쇄 계수 α 는 채널의 특징에 따라 적절히 정할 수 있으며 초기 대역폭 초기 시간 지터 평균값을 추정하기 적합한 값을 적절히 정할 수 있다.

그림 5는 제안한 알고리즘을 간단히 나타내었다. 루프 필터를 통과하기 전에 초기 대역폭을 크게 설정하여 빠른 수렴을 이루어 특정 관찰 시간동안 지터의 평균값으로 옵셋값을 추정한다. 그후 지터량을 줄이기 위해 1보다 작은 감쇄 계수 α 를 설정하여 루프 필터 대역폭을 줄인 후 루프 필터를 통과하여 이를 반복한다.

본 논문에서 제안하는 동기 알고리즘은 기존 가드너 방법에서 빠른 수렴 후 지터의 크기가 큰 것을 줄이기 위해 제안한 방식으로 지터의 크기를 줄이는 동시에 수렴 속도도 줄여 성능을 향상 시킬 수 있다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

일반적으로 DTV에서는 Brazil 채널 모델을 사용하는 데, A와 B는 실외 수신 안테나 환경, C는 실외와 실내 중간 지점, D는 실내 안테나 환경이고, E는 SFN(Single Frequency Network)환경이다^[7].

표 1은 브라질 채널 모델의 특성을 나타낸 것으로 각각의 채널 특성을 보여준다.

이동 수신에 대한 채널 정보는 표 2에서와 같이 ITU-R M.1225에 제시된 channel profile을 사용하였다. 여기서 채널 B는 같은 이동 환경시 가장 열악한 조건을 나타낸다^[8]. 그리고 이동국의 속도에 대한 도플러 효과는 Jakes' model을 이용하고 반송파 주파수는 UHF대역 채널 15번인 476MHz를 사용하여 모의 실험하였다^[9].

그림 6~10은 각 채널별로 기존 방식과 제안한 방식에 대한 지터량과 수렴 시간을 비교한 그림이다. 기존 방식에서 대역폭은 500ppm, 제안 방식에서는 초기 대역폭은 1000ppm을 사용했으며, 초기 샘플링 클럭 옵셋 \pm

표 1. 브라질 필드 테스트 채널 모델

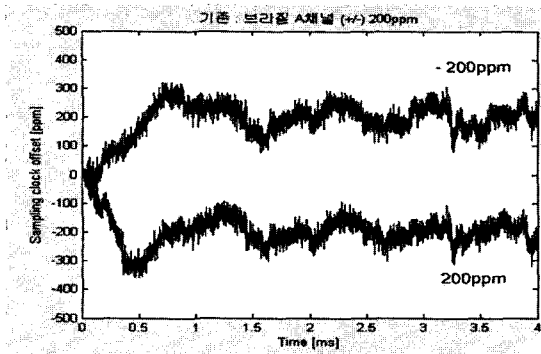
Table 1. Brazil field test channel model.

		Path 1	Path 2	Path 3	Path 4	Path 5	Path 6
A	Amp.	1.0	0.2045	0.1548	0.1790	0.2078	0.1509
	dB	0	-13.8	-16.2	-14.9	-13.6	-16.4
	Delay[μs]	0	0.15	2.22	3.05	5.86	5.93
B	Amp.	1.0	0.2512	0.6310	0.4467	0.1778	0.0794
	dB	0	-12.0	-4.0	-7.0	-15.0	-22.0
	Delay[μs]	0.00	0.30	3.50	4.40	9.50	12.70
C	Amp.	0.7263	1.0000	0.6457	0.9848	0.7456	0.8616
	dB	-2.8	0.0	-3.8	-0.1	-2.5	-1.3
	Delay[μs]	0.000	0.089	0.419	1.506	2.322	2.799
D	Amp.	0.2045	0.1341	0.1548	0.1789	0.2077	0.1509
	dB	-0.1	-3.8	-2.6	-1.3	0	-2.8
	Delay[μs]	0.15	0.63	2.22	3.05	5.86	5.93
E	Amp.	1.00	1.00	1.00	-	-	-
	dB	0	0	0	-	-	-
	Delay[μs]	0.00	1.00	2.00	-	-	-

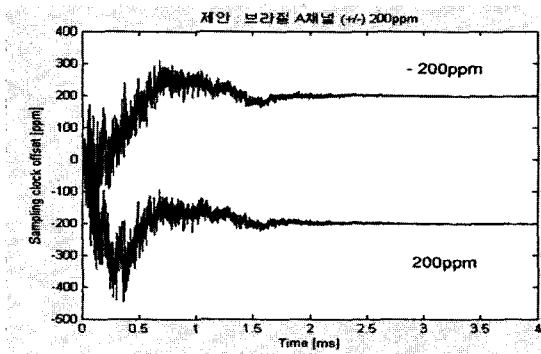
표 2. 이동수신 채널 모델

Table 2. Mobile received channel model.

		Path 1	Path 2	Path 3	Path 4	Path 5	Path 6
A	Amp.	1.0	0.794	0.1258	0.1	0.032	0.01
	dB	0	-1.0	-9.0	-10.0	-15.0	-20.0
	Delay[ns]	0	310	710	1090	1730	2510
B	Amp.	0.562	1.0	0.052	0.1	0.003	0.025
	dB	-2.5	0	-12.0	-10.0	-25.0	-16.0
	Delay[ns]	0	300	8900	12900	17100	20000

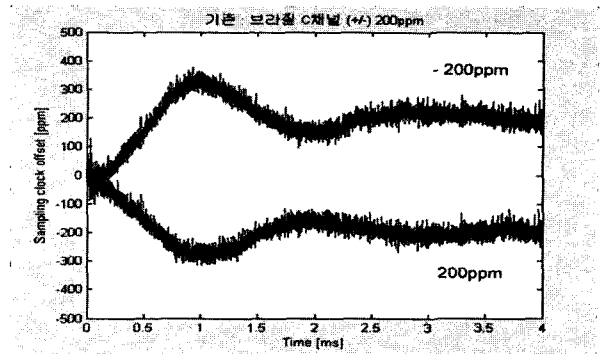


(a) Brazil A 채널에서 기존 가드너 방식

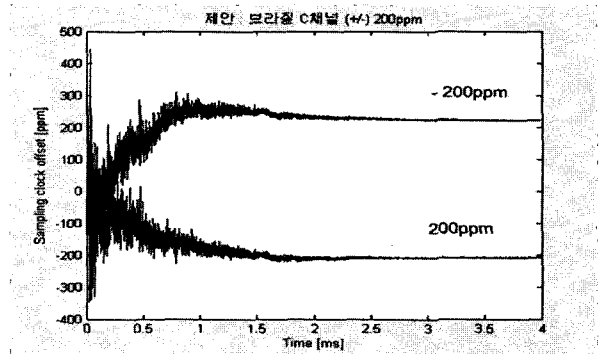


(b) Brazil A 채널에서 제안한 가드너 방식

그림 6. 브라질 A 채널에서의 VCO 입력 제어 신호
Fig. 6. VCO input control signal in Brazil A channel.

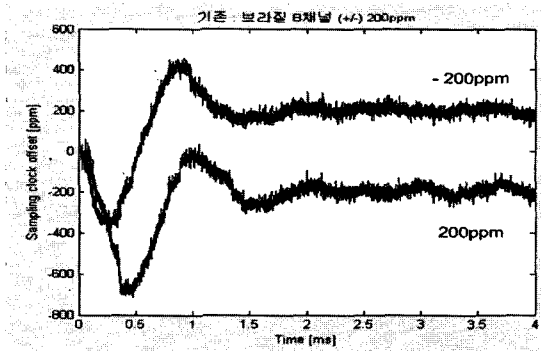


(a) Brazil C 채널에서 기존 가드너 방식

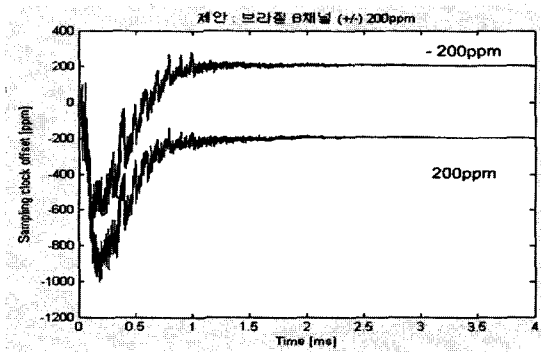


(b) Brazil C 채널에서 제안한 가드너 방식

그림 8. 브라질 C 채널에서의 VCO 입력 제어 신호
Fig. 8. VCO input control signal in Brazil C channel.

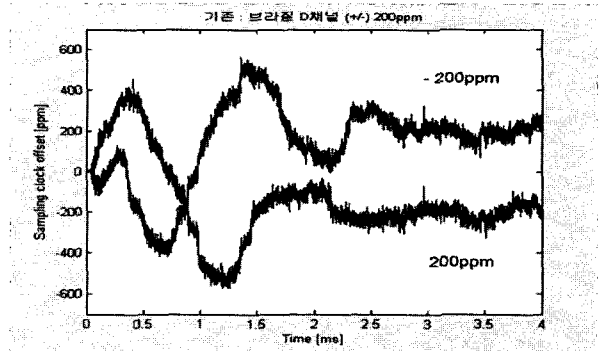


(a) Brazil B 채널에서 기존 가드너 방식

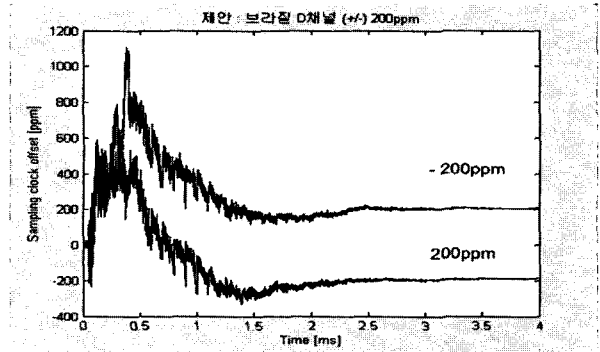


(b) Brazil B 채널에서 제안한 가드너 방식

그림 7. 브라질 B 채널에서의 VCO 입력 제어 신호
Fig. 7. VCO input control signal in Brazil B channel.

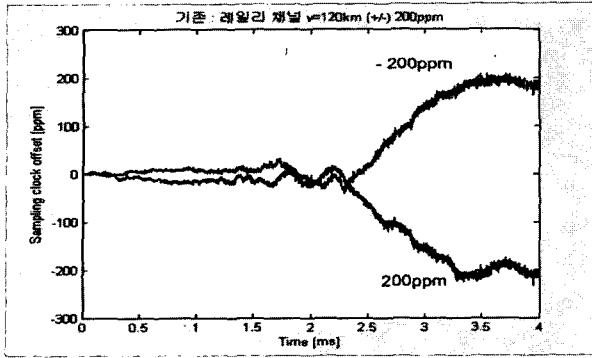


(a) Brazil D 채널에서 기존 가드너 방식

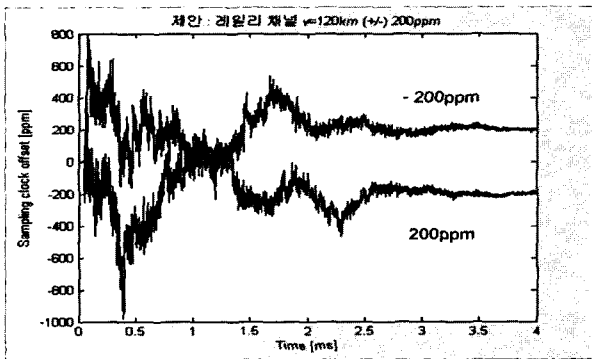


(b) Brazil D 채널에서 제안한 가드너 방식

그림 9. 브라질 D 채널에서의 VCO 입력 제어 신호
Fig. 9. VCO input control signal in Brazil D channel.



(a) Rayleigh에서 기존 가드너 방식(120km/h)



(b) Rayleigh에서 제안한 가드너 방식(120km/h)

그림 10. Rayleigh채널에서의 VCO 입력 제어신호 (120km/h)

Fig. 10. VCO input control signal in Rayleigh channel. (120km/h)

표 3. 채널 모델별 수렴 시간

Table 3. The convergence time of the channel model.

[단위 : msec]

	Brazil A	Brazil B	Brazil C	Brazil D	Rayleigh
기존	0.7	1.4	1.5	2.2	3.4
제안	0.6	0.8	0.8	1.4	2.5

200ppm을 주었다. 감쇄 계수는 브라질 채널에서 0.96, 레일리 채널에서 0.97을 사용하였다. 전반적으로 보면 제안된 방식의 지터의 크기가 적으며 수렴속도 또한 빠른 것을 알 수 있다.

그림 6은 브라질 채널 A에서 기존 방식과 제안한 방식의 지터의 크기를 비교한 것으로 수렴 시간은 비슷하지만 지터의 크기는 그림 6의 (b)에서 보는 것과 같이 지터의 크기가 현저히 준 것을 볼 수 있다. 브라질 채널 B, C, D의 경우는 지터의 크기가 줄었을 뿐 아니라 수렴 시간도 빨라졌다. 특히 실내 수신에서 좋은 성능을 보이며 브라질 채널 D에서 그림 9와 같은 성능을 보였다. 실내 수신 환경에서 성능은 초기 지터의 크기는 크지만 어느 정도 시간이 지난 후 빠른 수렴속도와 적은 지터의 크기를

갖게 된다. 이런 결과는 이동 수신 환경에서도 유사한 결과를 보였다. 그림 10에서와 같이 레일리 채널에서 속도 120km일 때 수렴 시간이 0.9msec 정도 빨라지고 지터의 크기도 줄었음을 알 수 있다.

표 3은 고정 수신과 이동 수신일 때의 각각의 수렴 시간을 나타낸 표이다. 브라질 채널 A는 수렴 시간이 비슷하지만 브라질 채널 B, C, D는 0.6msec 이상 차이가 발생했다. 또 이동 수신 환경에서도 수렴시간이 0.9msec로 좋은 성능을 보인다. 이 같은 결과는 큰 루프 대역폭일 때 빠른 수렴을 한다는 특징을 이용하여 옵셋값을 추정했기 때문에 빠른 수렴을 보일 수 있었다.

V. 결 론

ATSC 지상파 DTV 시스템에서 심볼 타이밍 동기를 얻기 위해 가드너 방식을 사용한다. 가드너 방식은 다중 경로 페이딩 환경에서 강한 동기 방식으로 좋은 성능을 가지지만 큰 지터의 발생으로 성능의 열화를 가져온다. 따라서 본 논문에서는 지터량을 줄이면서 성능 향상을 시킬 수 있는 심볼 타이밍 동기 방식을 제안하고 그 성능을 컴퓨터 모의실험을 통해 보였다. 제안한 알고리즘은 특정 관찰 시간 동안 루프 필터를 통과한 데이터 출력을 평균하여 그 평균값으로 옵셋량을 추정한 후 점차적으로 지터량을 줄이는 방식이다. 루프 대역폭이 클 경우 지터량은 크지만 빠르게 수렴하기 때문에 수렴 후 지터 평균은 추정 옵셋에 가깝게 되며 이를 통해 빠른 수렴속도를 가질 수 있다. 이후 점차적으로 루프 대역폭을 조절하여 지터의 크기를 줄임으로써 좋은 심볼 타이밍 동기 성능을 가질 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] ATSC A/53, ATSC digital television standard, Sep. 1995.
- [2] ATSC A/54, Guide to the use of the ATSC digital television standard, Dec. 2003.
- [3] Yong Chul Kim, Young Ho Oh, Seong Joon Baek, Dae Jin Kim, "Timing-Offset Compensation Techniques in ATSC DTV Receivers," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol.49, no.3, pp.519-523, Aug. 2003.
- [4] Floyd M. Gardner, "A BPSK/QPSK Timing-Error Detector for Sampled Receivers,"

IEEE Trans. on Communications, COM-24, May 1986.

- [5] 전광호, 임명섭, "Multi-level PAM신호에 적용 가능한 기율기 보상 심볼타이밍 알고리즘," *한국통신학회 논문지*, vol.26, no.11A, pp.1864-1871, Nov. 2001.
- [6] Huang zhijie, Yi zhiqiang, Zhang Ming, Wang Kuang, "8PSK Demodulation for New Generation DVB-S2," *ICCCAS 2004. International Conference*, vol.2, pp.1447-1450, June 2004.
- [7] Mackenzie report, refer to the test in DTV systems, May 2000.
- [8] Rec. ITU-R M.1225, Guideline for evaluation of radio transmission technologies for ITM-2000, pp 27-29, 1997.
- [9] Gordon L. Stuber, *principles of Mobile Communication*, Kluwer Academic Publishers, second edition, pp80-85, 2001.

저 자 소 개



김 주 경(학생회원)
 2004년 2월 인하대학교
 전자공학과 졸업(공학사)
 2004년 3월~현재 인하대학교
 정보통신대학원 재학
 (공학석사)

<주관심분야 : 디지털 방송분야, 이동통신, 채널 코딩>



이 주 형(학생회원)
 2004년 2월 인하대학교
 전자공학과 졸업(공학사)
 2004년 3월~현재 인하대학교
 정보통신대학원 재학
 (공학석사)

<주관심분야 : 디지털 방송분야, 이동통신, 무선 전송>



송 현 근(학생회원)
 2001년 2월 인하대학교
 전자공학과 졸업(공학사)
 2005년 8월 인하대학교 정보통신
 대학원 졸업(공학석사)
 <주관심분야 : 광대역 무선전송,
 이동통신, 디지털방송 분야>



김 승 원(정회원)
 1986년 2월 성균관대학교
 전자공학과 졸업(공학사)
 1988년 2월 성균관대학교 전자
 공학과 졸업(공학석사)
 1999년 4월 University of Florida
 ECE 졸업(공학박사)

1989년 6월~현재 한국전자통신연구원
 DTV시스템연구팀장
 2005년 현재 Administrative Committee of the
 IEEE Broadcast Technology Society
 Associate Editor for IEEE Transaction
 on Broadcasting 활동 중
 <주관심분야> 디지털 방송, 이동통신 및 디지털
 신호처리 분야



김 재 명(정회원)
 1974년 2월 한양대학교
 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 8월 미국 남가주대학교
 (USC) 전기공학과 졸업
 (공학석사)
 1987년 8월 연세대학교
 전자공학과 졸업(공학박사)

1974년 3월~1979년 6월 한국과학기술연구소,
 한국통신기술연구소 근무
 1982년 9월~2003년 3월 한국전자통신연구원
 위성통신연구단 단장/무선방송연구소
 소장 역임
 2003년 4월~현재 인하대학교 정보통신대학원
 교수
 2005년 현재 한국통신학회 상임이사,
 한국방송공학회 부회장,
 통신위성우주산업연구회 부회장 외
 정부 및 다수 기업에 기술자문 등 활동 중
 <주관심분야 : 광대역 무선전송, 이동통신 및 위
 성통신, 디지털방송 분야>