

시물링크 기반의 동기화 시스템 시뮬레이터 구현

노운갑, 강승구, 윤석호†, *이정훈, **김광순, ***송익호, *정민아, *이성로

성균관대, *목포대, **연세대, ***한국과학기술원

† 교신저자 (syoon@skku.edu)

Implementation of Simulink-Based Synchronization System Simulator

Yoon Kab Noh, Seung Goo Kang, Seokho Yoon†, *Jung Hoon Lee, **Kim Kwang Soon, ***Ickho Song, *Min A Jeong, *Seong Ro Lee
Sungkyunkwan University, *Mokpo National Univ., **Yonsei Univ., ***KAIST

† Corresponding author (syoon@skku.edu)

요약

본 논문에서는 시물링크를 이용하여 대역 확산 시스템을 위한 동기화 시뮬레이터를 구현한다. 시물링크를 이용하여 CAZAC (constant amplitude zero auto-correlation) 시퀀스 생성 블록, 위상 지연 블록, 부호 획득 블록, 부호 추적 블록을 구현하며, 이들 각각의 동작 과정을 제시한다. 또한 시물링크 기반 시뮬레이터를 이용하여 수신 신호와 기준 신호 간 동기를 정확히 맞출 수 있음을 보인다.

I. 서론

대역 확산 (spread spectrum: SS) 기술은 재밍 및 다중 경로 간섭에 강한 특성 때문에 부호 분할 다중 접속, 무선 랜 등 많은 통신 시스템에 사용되고 있다. SS 시스템에서는 데이터의 복조를 위해 우선 수신된 확산 부호와 수신기에서 생성된 확산 부호 간의 동기화가 이루어져야 하므로 확산 부호 동기화는 SS 시스템의 중요한 기술적 이슈 중 하나이다. 일반적으로 확산 부호 동기화는 두 부호 간의 대략적인 동기를 맞추는 부호 획득 (acquisition), 부호 획득 이후의 세밀한 동기화 및 동기를 유지하는 부호 추적의 (tracking) 두 과정으로 나뉜다 [1].

최근 통신 시스템을 위한 시뮬레이터 구성을 위해 Mathwork 사에서 제공하는 시물링크 프로그램을 각광받고 있다. 시물링크는 실제 통신 시스템과 매우 유사하게 각 처리 과정을 블록 별로 구성할 수 있으며, 동적 시뮬레이션이 가능하고 실제 하드웨어 시스템에 바로 적용할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 프로그램 내에 내장되어 있는 기본 블록 외에도 S-function 기능을 이용하여 사용자가 원하는 처리 과정을 자유자재로 구성할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 시물링크를 이용하여 SS 시스템을 위한 동기화 시뮬레이터를 구현한다. SS 시스템을 위한 동기화 시뮬레이터는 이미 여러 차례 연구되었으나, 아직 시물링크를 이용한 구체적인 연구는 많이 알려져 있지 않다. [2]에서 소개된 부호 획득, 부호 추적 과정을 시물링크 기반 시뮬레이터로 구현한 뒤, 시뮬레이터가 올바르게 작동함을 보인다.

II. 시물링크 시뮬레이터 구현

그림 1은 SS 시스템을 위한 동기화 시뮬레이터의 전체 블록도를 보여준다. 송신부에서는 CAZAC (constant amplitude zero auto-correlation) 시퀀스를 생성한다. CAZAC 시퀀스는 확산 부호의 한 종류로 부호가 1이나 -1 대신 복소수의 형태를 띠고 있다. CAZAC 시퀀스는 pseudo noise

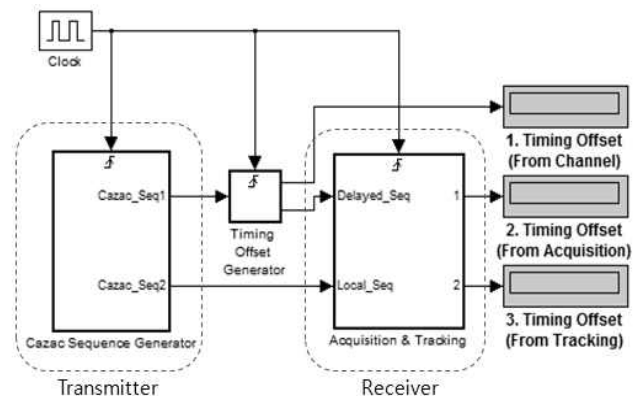


그림 1. 전체 시뮬레이션 시스템

(PN) 부호에 비해 더 뛰어난 자기 상관 함수 특성을 갖고 있으며, 이는 동기화 과정에서 자기 상관 함수의 메인 피크를 제외한 주변의 자기 상관 값에 의한 영향을 덜 받기 때문에 시간 및 주파수 영역에서의 동기화가 더 용이하다는 장점이 있다 [3]. 그림 1에서 볼 수 있듯이 송신부에서 생성된 신호는 수신부로 전송된다 (Cazac_seq1 신호). 타이밍 오프셋 generator에서는 전파 전달로 인해 일어날 수 있는 위상 지연을 생성한다. 송신부에서 수신된 신호는 타이밍 오프셋 generator를 거쳐 위상 지연을 겪은 뒤, 수신부에 도착한다 (Delayed_seq). 수신부에서는 위상 지연 없이 송신부에서 전달받은 기준 신호와 (Cazac_Seq2) 위상 지연을 겪은 수신 신호 (Delayed_seq) 간의 동기화를 수행한다. 그림 1의 우측 상단의 1번 타이밍 오프셋 디스플레이에서는 타이밍 오프셋 generator에서 생성된 타이밍 오프셋이 표시되며, 부호 획득, 부호 추적을 통해 얻은 타이밍 오프셋들은 2번과 3번의 디스플레이에 각각 표시된다. 부호 추적을 통해 얻은 최종적인 타이밍 오프셋이 타이밍 오프셋 generator에서 생성된 타이밍

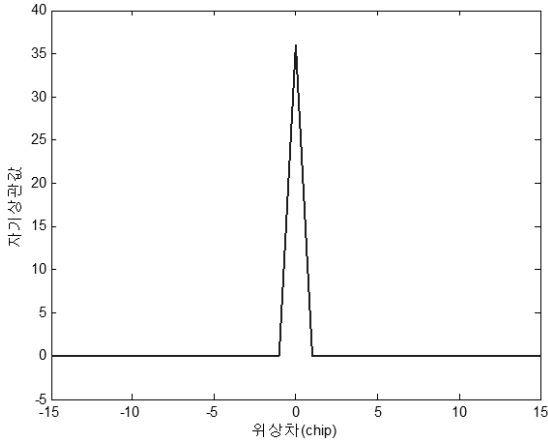


그림 2. CAZAC 시퀀스의 자기 상관 함수

오프셋과 일치하면 부호 획득과 부호 추적을 통한 동기화가 정확히 이뤄졌다고 볼 수 있다.

그림 1의 CAZAC 시퀀스 generator 부분에서는 다음 수식에 의해 CAZAC 시퀀스를 생성한다.

$$s(n) = e^{\frac{j2\pi pqr}{\sqrt{N}}}, \text{ for } 0 \leq n \leq N-1, \quad (1)$$

여기서 N 은 CAZAC 시퀀스의 길이 (자연수의 제곱), r 은 N 과 서로소인 수, p 와 q 는 0부터 $\sqrt{N}-1$ 사이의 정수로 수열의 인덱스 n 과 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$n = p + q\sqrt{N}. \quad (2)$$

그림 1의 수신부에서는 먼저 부호 획득 과정이 이루어진다. 부호 획득 과정에서는 우선 위상 지연을 겪은 수신 신호와 기준 신호 간의 상관성이 이루어진다. 상관값이 미리 정해진 문턱값보다 작을 경우, 기준 신호의 위상이 한 칩만큼 업데이트되며, 다시 상관값을 구해 문턱값과 크기를 비교한다. 상관값이 문턱값보다 클 경우 부호 획득 과정은 종료되며, 부호 추적 과정이 시작된다. 그림 2는 시뮬링크를 이용하여 얻은 수신 신호와 기준 신호 간의 상관값을 위상차에 대해 나타낸 것이다.

부호 추적 과정에서는 부호 획득 과정에서 정렬된 위상차를 기준으로 -0.5 칩, $+0.5$ 칩만큼 위상을 지연시켜 각각 상관값을 구한 후, 각 상관값의 차가 (판별값) 음수이면 일정 간격만큼 위상을 지연시키고, 각 상관값의 차가 양수이면 일정 간격만큼 위상을 전진시킨다. 본 시뮬레이터에서는 위상의 지연/전진 간격을 0.125 칩으로 설정하였다. 그림 3은 시뮬링크를 이용하여 얻은 판별값을 위상차에 대해 나타낸 것이다. 부호 추적 과정에서는 매 수신 신호가 입력될 때마다 위의 과정을 반복하면서 동기를 유지한다.

그림 4는 부호 추적 과정 시작 시 수신 신호와 기준 신호 간 위상차가 0.375 칩일 때, 정확한 동기를 맞춰가는 과정을 보여준다. 4회의 시도 후에 정확한 동기가 맞는 것을 확인할 수 있다. 그림 5는 전체 시뮬레이터의 동작 결과를 보여준다. 타이밍 오프셋이 19.375 일 때, 우선 부호 획득 과정에서는 19 칩만큼의 위상차를 추정함으로써 수신 신호와 기준 신호 간의 위상차를 0.375 칩으로 줄일 수 있으며, 부호 추적 과정에서는 부호 획득 과정에서 넘겨받은 0.375 칩의 위상차를 0 칩으로 줄이는 것을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 시뮬링크를 이용하여 SS 시스템을 위한 동기화 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬링크의 S-function을 이용하여 CAZAC 시퀀스 생성 블록, 위상 지연 블록, 부호 획득 블록, 부호 추적 블록을 구현하였으며, 이들 각각의 동작 과정을 제시하였다. 또한 시뮬링크 기반 시뮬레이터를 이용하여 수신 신호와 기준 신호 간 동기를 정확히 맞출 수 있음을 보였다.

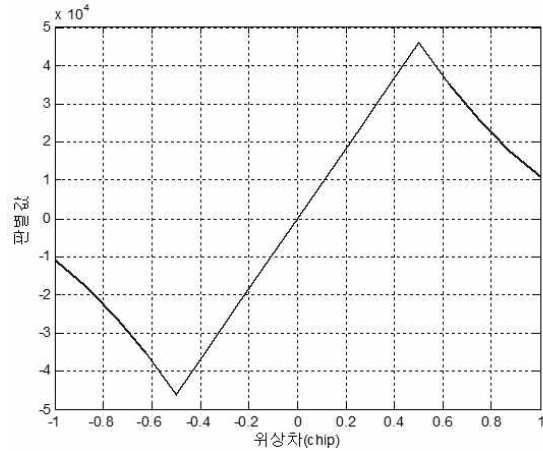


그림 3. 추적 과정으로부터 얻은 그래프

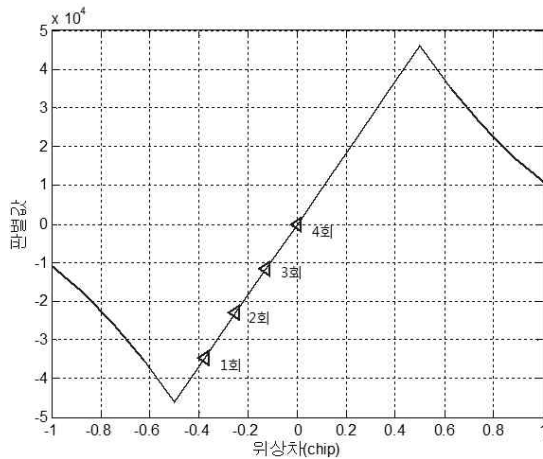


그림 4. 판별값을 정확하게 추적하는 과정

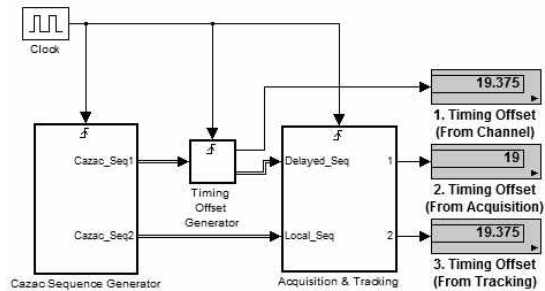


그림 5. 시뮬레이터 실행 시 얻는 시스템의 결과값

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2011-0002915)와 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업(NIPA-2011-C1090-1121-0007)의 연구 결과로 수행되었음.

참고 문헌

[1] S. Yoon, S. C. Kim, J. Heo, I. Song, and S. Y. Kim, "Twin-cell detection (TCD): a code acquisition scheme in the presence of fractional Doppler frequency offset," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 1797-1803, May 2009.

[2] A. W. Lam and S. Tantarana, *Theory and Applications of Spread-spectrum Systems: A Self-Study Course*, IEEE, 1994.

[3] J. Meng and G. Kang, "A novel OFDM synchronization algorithm based on CAZAC sequence," *Proc. Int. Confer. Comput. App. Sys. Modeling (ICCCAS)*, pp.634-637, Taiyuan, China, Oct 2010.