
CPSO를 이용한 GPS 위성 데이터 추출회로 개발

변건식*, 정명덕**, 박지언***, 최희주****, 김성곤*****

Development of GPS data recovery circuit using CPSO

Kun-Sik Byon*, Myeong-Deok Jeong**, Ji-Eon Park***, Hee-Joo Choi****, Sung-Gon Kim*****

요 약

동기는 유선 통신 뿐만 아니라 무선 통신에서도 중요한 요소이다. 특히 GPS에서 사용하는 대역확산 통신방식에 있어서는 더욱 중요하다. SO(Synchronous Oscillator)는 동기, 동조, 필터, 증폭, 분주를 하나의 과정으로 처리할 수 있는 회로망이며 입력 신호가 없을 때에는 ω_0 에서 자주 발진하는 발진기이지만 SO는 추적 대역폭 내에서 위상이 180° 바뀐다.

따라서 이를 해결하기 위하여 CPSO를 사용하였으며 CPSO(Coherent Phase Synchronous Oscillator)는 SO에 2개의 외부 루프를 첨가함으로서 구성되며 CPSO는 높은 잡음 제거능력과 빠른 획득시간의 SO 특성을 유지하는 동안 더 넓은 추적범위와 zero offset의 위상 응답을 가지게 되며 출력 신호의 위상이 일치하게 된다.

본 논문에서는 이러한 성질을 이용하여 CPSO를 GPS(Global Positioning System)의 데이터 추출회로에 적용하였으며 우수한 데이터 추출능력을 확인하였다.

Abstract

A synchronization is important element not only wire communication but also wireless communication. Especially, In SS(Spread Spectrum) communication method used GPS(Global Positioning System) synchronization is more important.

* 동아대학교 전자공학과 교수

** 부산정보대학 정보통신계열 조교수

*** 양산대학 전자통신과 조교수

**** 양산대학 전자통신과 겸임전임강사

***** 동아대학교 전자공학과 교육조교

접수일자 : 1998년 6월 30일

A synchronous oscillator(SO) is a network which synchronizes, tracks, filter, amplifies and divides (if necessary) in a single process. Without an input signal, the SO is a free-running oscillator, oscillating at a frequency ω_0 , but phase changes 180° within tracking range of SO.

Therefore CPSO was used for this problem. The coherent phase synchronous oscillator(CPSO) is created by adding two external loops to the SO and has a wider tracking bandwidth and a zero-offset phase response (coherent) while maintaining the SO properties of high signal-to-rejection and fast frequency acquisition times. Therefore phase between input signal and output signal is synchronized.

In this paper, GPS data recovery circuit has applied CPSO using front reference characters and has certified an excellent data recovery capability.

I. 서 론

GPS는 지구상 어디에서나 기후에 구애 받지 않고 표준 좌표계에서의 위치, 속도, 시간 측정을 가능하게 해주는 인공위성을 이용한 첨단 항법 체계이다. 따라서 이를 이용하면 이동체의 항법은 물론 교통정보수집, 물류센터, 소방업무, 구급업무 등에 활용할 수 있다.

GPS 위성신호는 위성 자체가 움직이고 있기 때문에 doppler 효과를 유발시킨다. 따라서 수신기에서는 carrier의 doppler 변화분에 항상 추적되는 동기 발진기를 사용하면 회로를 간단히 할 수 있으며 doppler도 제거할 수 있다.

본 논문에서는 CPSO를 이용해서 동기클럭을 추출해 GPS의 C/A code를 역화산 시키므로서 GPS 데이터를 추출하였다. 이를 위해 GPS 모의 송신기를 만들었으며 이를 기준으로해서 C/A code 동기를 위한 CPSO를 구성하였다. CPSO에 의하여 역화산된 신호는 다시 주파수 변환부에서 PLL이 동작 할 수 있는 충분한 주파수 영역으로 변환되어지며 이 신호는 PLL부에 인가되어 데이터가 추출된다.

II. 대역확산통신의 부호동기 방식

GPS에서 사용하고 있는 대역확산통신의 부호동기방식에는 DLL과 TDL이 널리 사용되고 있으며, 두 회로의 차이점은 DLL이 Early 신호와 Late 신호에 대한 상관기를 따로 구현한 반면, TDL은 하나의 가지만을 사용한 것이다. DLL은 안정성이 우수하다는 장점이 있지만 회로가 복잡하고 Early branch,

Late branch 사이의 회로의 균형을 일치해야하는 단점이 있다. 반면 TDL은 회로가 간단한 장점이 있지만 DLL에 비해 최대 3dB의 변환손실이 있다는 단점이 있다.

본 논문에서는 회로가 간단하며 추적범위가 넓고 동기가 용이한 CPSO를 이용하여 GPS의 부호동기 시스템을 구현하고자 한다.

1. CPSO의 구성 및 동작 원리

그림 1에 보여진 CPSO의 회로는 입력주파수와 같은 SO의 자주발진주파수를 만들기 위하여 SO에 2개의 외부 루프를 첨가하여 구성된다.

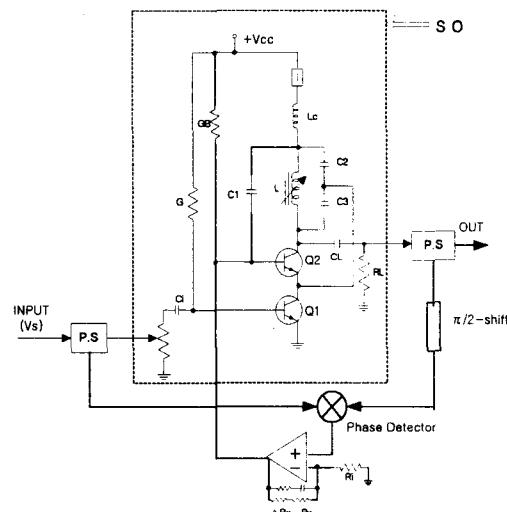


그림 1. CPSO 회로도
Fig. 1 Circuit of CPSO

외부 루프를 제외한 SO의 동작만을 살펴보면 입력신호가 없을 때 텤크회로의 발진 파형은 0.7V이상 일때만 Q_2 와 Q_1 은 트리거하여 발진하며, 이때 입력 V_s 가 인가되면 Q_1 의 베이스도 부의 클램프 회로가 되어 V_s 중 극히 적은 부분만이 Q_1 을 트리거시킨다. 이때 Q_1 의 베이스 바이어스를 Q_2 의 베이스 바이어스보다 높게하면 회로는 입력에 추종하여 출력을 만든다.

따라서 발진파형의 트리거동안 그 근처에 입력신호가 인가되면 발진기 ($f_0 \pm \Delta f$)는 입력신호를 추종하게되며 추적범위를 넘어서면 원래의 자주발진을 한다. 입력신호가 발진 주파수의 2배가 되면 입력 두번 트리거에 발진주파수 한번 트리거하므로 출력은 원래의 발진 주파수가 된다. 또한 입력이 발진주파수의 절반이 되면 출력은 원래의 발진 주파수 그대로이므로 주파수 체배기가 된다.

그림 1에서 feedforward loop는 하이브리드 분배기에서 위상 검출기 입력단에 신호를 인가하고, feedback loop는 출력측 하이브리드에서는 90° 위상천이기를 통하여 또 다른 위상 검출기 입력단에 신호를 인가하게 된다. 위상 검출기 입력단은 입력 주파수와 발진기에서 동기된 출력 주파수 사이의 위상에러를 검출하여 적분기에 입력 된다. 적분기 출력은 발진기 트랜지스터 Q_1 의 베이스에 위상차에 따른 바이어스 전압을 공급하게 된다. 이 바이어스 전압을 ΔR_x 를 이용하여 조절하면 전체 동조범위내에서 입력주파수와 CPSO 출력주파수의 위상동기가 이루어 진다.

2. SO 대 CPSO

CPSO는 SO가 가지는 높은 잡음제거와 빠른 회복시간과 같은 특성을 가진다. 즉 SO가 가지는 모든 장점을 유지하면서 SO보다 더 넓은 추적범위, 전체 추적범위에서의 coherent한 특성, 온도에 대한 안정성을 가진다.

그림 2는 SO의 이득-위상 곡선이다. 동조영역은

중심주파수에서 약 $\pm 20\text{kHz}$ 이며 위상은 동조영역 내에서 $\pm 90^\circ$ 임을 알 수 있다.

그림 3은 CPSO의 이득-위상 곡선을 나타내었으며 동조영역은 중심주파수에서 약 $\pm 35\text{kHz}$ 이며 SO와 비교해 보면 대역폭이 더 넓어지고 동조영역 내에서 위상 차이가 없음을 알 수 있다.

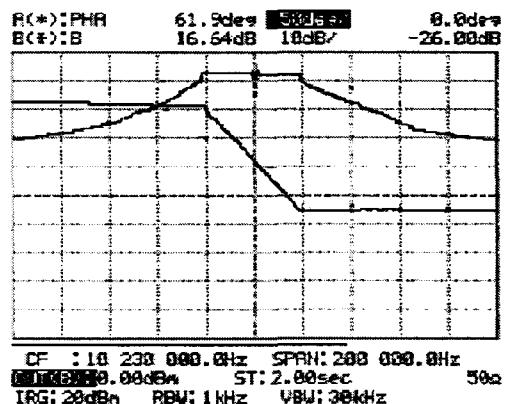


그림 2. SO의 이득-위상 곡선

Fig. 2 Gain-Phase curve of CPSO

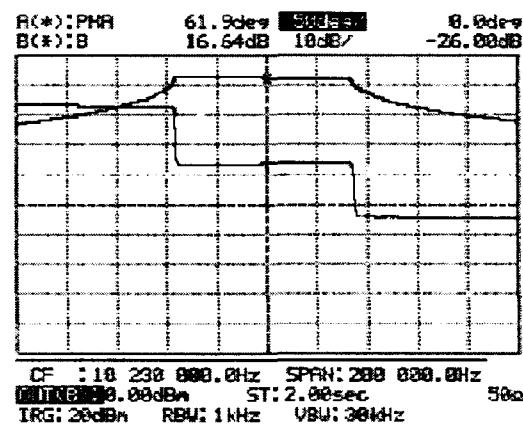


그림 3. CPSO의 이득-위상 곡선

Fig. 3 Gain-Phase curve of SO

III. GPS 모의 송신부

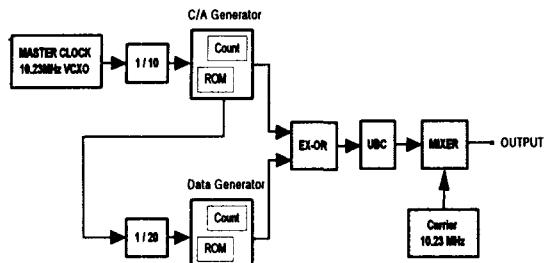


그림 4. GPS 모의 송신부의 블록 다이어그램

Fig. 4 Block diagram of GPS Simulator

그림 4는 본 논문의 실험을 위해 만든 모의 송신부의 블록 다이어그램이다. C/A code 발생기는 발진기 주파수를 10분주(1.023MHz)한 클럭에 의해 ROM에 저장된 gold 부호를 발생하도록 하였으며, 데이터는 C/A code 발생부로부터 1kHz의 클럭을 추출하여 20분주(50Hz)한 클럭에 의해 발생하도록 만들었다. 이 두신호는 EX-OR되어 "C/A code + Data" 형식으로 변조되며 UBC 통하여 Bipolar신호가 되어서 10.23MHz의 반송파신호와 함께 혼합기(Mixer)에 인가 된다.

IV. 수신부의 구성과 복조

1. CPSO를 이용한 Code Tracking 부

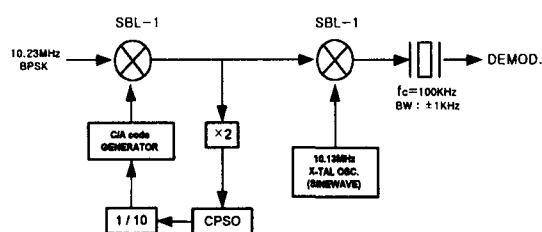


그림 5. Code tracking loop의 블록 다이어그램
Fig. 5 Block diagram of code tracking loop

그림 5는 CPSO를 이용한 상관부의 블록 다이어그램이다. 송신부에서 들어온 10.23MHz의 BPSK 신호를 깨끗한 정현파로 만들기 위해서 2체배(20.46MHz)하고 이 신호를 CPSO에 입력시켜서 CPSO의 분

주 특성을 이용하여 1/2분주에 동기된 정현파(10.23MHz) 출력을 얻는다. 이 출력 신호는 다시 10분주(1.023MHz)되어 C/A code 발생기의 동기클럭을 만든다. 이 클럭에 의해서 발생되어진 C/A code는 송신부에서 들어온 신호와 상관되어 지게되며, 상관기를 통과한 신호는 Local 신호 10.13MHz 정현파와 믹서되어 차 주파수인 100kHz가 출력된다. 주파수를 낮춘 이유는 데이터 복조부의 신호처리를 용이하게 하기 위해서이다.

2. 데이터 복조부

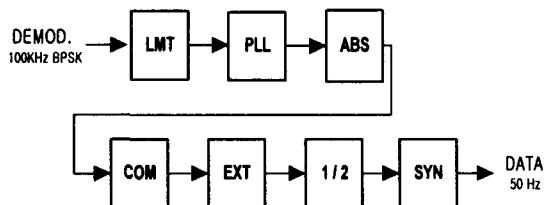


그림 6. 복조기의 블록 다이어그램

Fig. 6 Demodulator의 Block Diagram

그림 6은 데이터 복조부의 블록 다이어그램이다. C/A코드가 역학산되어 제거된 후 50bps의 데이터는 100KHz의 BPSK 변조 파형으로 존재한다.

이 변조 파형에서 데이터를 복조하기 위하여 먼저 100KHz 반송파를 hard limit 한다. 이 과정에서 페이딩등과 같은 공간 현상에 의한 임의의 진폭 변동은 제거되며, 진폭이 제한된 IF신호는 PLL (CD14046)로 인가된다. 수신신호에 동기되면 PLL 출력에서 위상이 천이되는 시점에서 임펄스를 발생한다. 이것은 PLL이 위상이 급격하게 변동하는 시점에서 입력신호에 추종하기 위한 상태인 과도상태 점을 의미하며 BPSK 변조 파형의 속성상 이점이 데이터가 바뀌는 시점임을 의미한다. 따라서 데이터 비트당 2개의 위상천이점이 존재한다. 임펄스들은 정과 부의 임의의 극성을 가지므로 모든 임펄스들이 정의 극성을 갖게 하기 위하여 전파정류기를 사용하였으며 이것을 LF357과 2개의 디오드로 구성하였다. 정류 후 증폭기로 임펄스의 진폭을 증폭하고, LM311을 사용하여 임펄스를 TTL레벨로 바꾸며 펄스확장기로 펄스폭을 늘려 짐음의 영향을

줄였다. 이후 2분주하여 동기 클럭 신호와 동기를 맞추면 GPS 신호가 추출된다.

V. 실험 및 결과

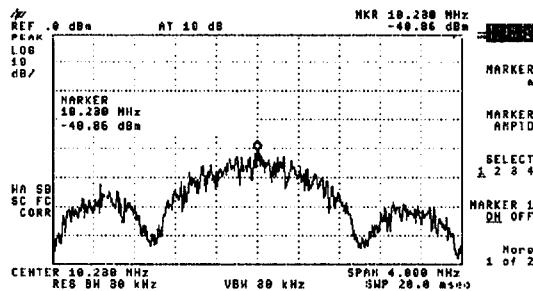


그림 7. 송신부의 출력 스펙트럼

Fig. 7 Output spectrum (10.23MHz) of Transmitter

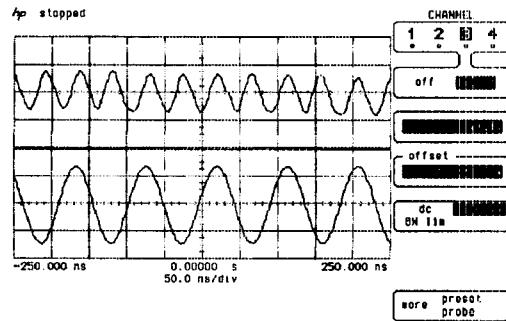


그림 8. CPSO의 입력신호와 동기된 출력신호

Fig. 8 Input signal (20.46MHz) and Synchronous output signal (10.23MHz) of CPSO

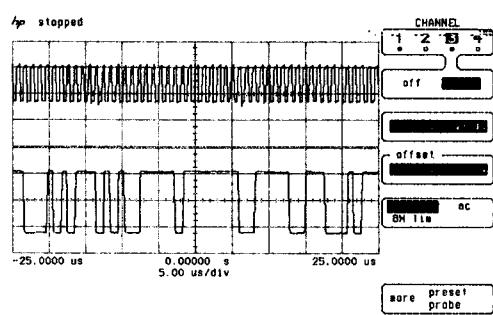


그림 9. CPSO 출력과 수신부의 C/A code 신호

Fig. 9 CPSO output(1.023MHz) and C/A code in Receiver

그림 7은 모의 송신부의 출력 스펙트럼이다. 반송파 주파수 10.23MHz를 중심으로하여 C/A 코드에 의하여 스펙트럼 확산되었으므로, C/A 코드가 가지고 있는 클럭의 2배 주파수인 2.046MHz 대역에 걸쳐 분포되어 있음을 알 수 있다.

그림 8은 수신부로 들어온 신호가 2배(20.46MHz)되어서 CPSO에 입력되어 출력된 10.23MHz 파형이며 위상동기가 정확히 일치함을 볼 수가 있다. 그리고 CPSO의 분주특성을 확인할 수 있다.

그림 9는 CPSO를 통하여 10 분주된 1.023MHz 동기 신호와 이를 클럭으로하여 발생되는 수신부 C/A code이다.

그림 10은 수신부의 상관기에 의하여 C/A 부호가 제거되고, 100KHz 대역으로 천이되어 BPF를 통과한 100KHz의 스펙트럼을 보였다.

그림 11은 데이터 복조기 입력 파형인 BPSK 신호와 hard limiter 출력간의 파형을 보여준다.

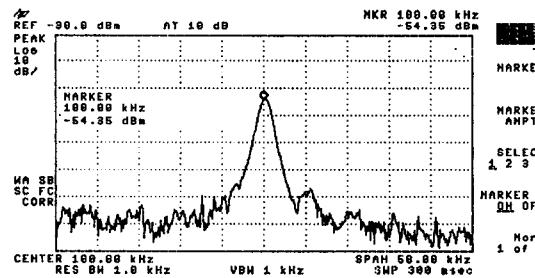


그림 10. 상관기 출력 스펙트럼

Fig. 10 Output spectrum (100kHz) of Correlator

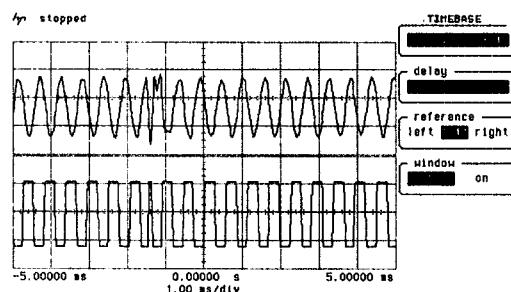


그림 11. 복조기 입력신호와 Hard Limiter된 신호

Fig. 11 Demodulator Input Signal and Hard Limiter Output Signal.

100KHz의 BPSK신호가 구형파로 정확히 제한되며 위상 천이점에서 위상변화가 있음을 볼 수가 있다.

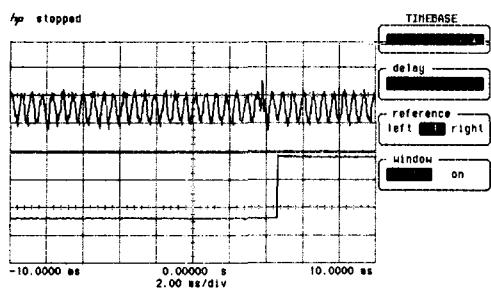


그림 12. 복조기 입력 신호와 최종 데이터

Fig. 12 Demodulator Input Signal (100kHz) and Output data (50Hz)

그림 12는 복조기 입력신호와 최종 복조된 데이터이다. 그림 12에서 알 수 있듯이 50Hz BPSK 파형의 천이점에서 데이터가 나오고 있음을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 SO모든 장점을 유지하면서 더 넓은 대역폭을 가지며 동조영역 내에서 위상차가 zero phase인 CPSO의 특성을 알아보고 이를 GPS에 적용하여 부호 동기를 실험하였다.

그 결과 CPSO를 이용하면 열악한 전자 전파 공간상에서 S/N비를 개선할 수 있고 위성 통신에서 야기될 수 있는 도플러 현상으로 인한 주파수 변화에 적응하여 동기할 수 있음을 실험을 통하여 알 수 있었다.

그리고 본 논문에서는 CPSO를 부호 동기에 적용하였지만 앞으로는 이를 carrier 동기에 적용하여 실험을 계속해 나갈 계획이다.

참고문헌

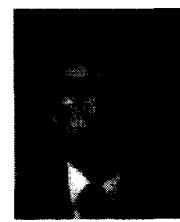
- [1] M. Tam, M. H. White, and Z. Ma, "Theoretical Analysis of a coherent phase synchronous oscillator", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. CS-39, NO. 1, pp. 1~18, Jan. 1992.

- [2] M. Tam, "A theoretical analysis and design of a coherent phase synchronous oscillator", M.S. thesis, Lehigh Univ., Bethlehem, PA, 1989.
- [3] V. Uzunoglu, "Synchronous and the coherent phase-locked synchronous oscillator: New technique in synchronization and tracking", IEEE Trans. Circuit Syst., pp. 997~1004, July 1989.
- [4] V. Uzunoglu and M. H. White, "Some important properties of synchronous oscillators", Proc. IEEE, vol 74, pp. 516~ 518, Mar. 1986.
- [5] V. Uzunoglu, "Carrier recovery networks for QPSK modems employing synchronous oscillators", U.S. Pat. 4,355,404, Oct. 19, 1982.
- [6] V. Uzunoglu, "Division by non-integer numbers using synchronous oscillators", U.S. Pat. 4,356,456, Oct. 26, 1982.



변 건 식(Kun-Sik Byon)

- 1972년 2월 한국항공대학교 항공 전자공학과 졸업(공학사)
1980년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1987년 2월 영남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1977년 3월 ~ 1980년 2월 동의공업대학 전자공학과 조교수
1989년 9월 ~ 1990년 8월 국립요코하마대학교 정보통신공학과 객원교수
1980년 2년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교수



정 명 덕(Myeong-Deok Jeong)

- 1989년 2월 부경대학교 전자 공학과 졸업
1991년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1998년 6월 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1979년 11월 ~ 1993년 2월 한국통신 근무
1993년 3월 ~ 현재 부산정보대학 정보통신계열 조교수



박 지 언(Ji-Eon Park)
1989년 2월 부경대학교 전자공
학과 졸업
1993년 2월 동아대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학석사)
1996년 3월 ~ 현재 동아대학교
대학원 전자공학과 박사과정
1988년 10월 ~ 1991년 10월 (주)신일전기 자동화사
임부
1994년 3월 ~ 현재 양산대학 전자통신과 조교수



최 희 주(Hee-Joo Choi)
1993년 2월 동아대학교 전자
공학과 졸업
1995년 2월 동아대학교 대학원
전자공학과 졸업(공학석사)
1996년 3월 ~ 현재 동아대학교
전자공학과 박사과정
1996년 3월 ~ 현재 동아대 정보통신연구소 특별연구원
1997년 3월 ~ 현재 양산대학 전자통신과 겸임전임강사



김 성 곤(Sung-Gon Kim)
1997년 2월 동아대학교 전자
공학과 졸업
1997년 3월 ~ 현재 동아대학교
대학원 전자공학과 석사
과정
1998년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교육조교