

# 동기오실레이터의 해석과 특성에 관한 연구

## A Study on the Analysis and Characteristics of Synchronous Oscillator

정명덕\* · 변건식\*\*

Myeong-Deok Jeong\* · Kun-Sik Byon\*\*

### 요약

SO(synchronous oscillator)는 외부 인가 신호가 없을시에도 발진하는 자력발진기이며 펄스파, 정현파, 비주기적인파 등 어떠한 외부 신호에도 즉시 동기 발진하고, 출력은 일정한 동조대역폭으로 동기한다. 이러한 특성은 SO가 분주 및 체배기로 사용 가능함을 의미하며, 코히런트 디지털 통신의 동기 문제점을 해결할 수 있을 것이며, 또 이와 같은 특성을 이용하여 DS/SS 동기적용을 위한 SO의 동기 특성을 실험을 통하여 입증하였다.

### Abstract

The S.O(synchronous oscillator) oscillates at its natural frequency without the external applied signal. But if the external signal is applied, the S.O starts to track the external frequency which can be sinusoidal, pulsed or some other waveform. Thus, the output is synchronized with the wide range of tracking bandwidth to the external frequency. Specifically, the S.O also posses frequency division and multiplication capability. All of these indicate that the S.O can overcome the difficulties of synchronization in coherent digital communication systems. This papers proposed application of DS/SS communication with study on the synchronous properties of S.O.

### I. 서론

동기형 발진기(SO)는 위성 통신 시스템 및 QPSK 모뎀 통신을 위한 클럭 재생회로로서 응용되고 있고[9], PLL과는 달리 펄스파 및 정현파, 비주기적인 신호에서도 동기 발진하고, 인가 신호가 없는 시점에서 동기성을 오랫동안 지속시키는 성질을 가지고 있다[10],[11]. 또 PLL 또는 코스타 루프에서 루프필터 대역폭이 정해져 있을때, 잡음 제거에 대한 속성과 루프의 추적 범위는 고정

되어 있고, 이러한 특성들에 대한 고려는 설계시에 각각에 대하여 절충되어 구성되는게 일반적이다. 그러나 S.O의 필터링 특성은 resolution 대역폭에 의해 주로 결정되고, 인가 신호에 대한 추적범위는 외부 신호에 의해 결정되는 특성 등을 가지고 있다. 이러한 특성들은 SO가 인가되는 주파수에 대하여 정수배에 동기하는 체배 및 분주기로서 사용 가능함을 제시하였고[7],[9],[11], 특히 문헌[6]에서는 비정수 분주에 관한 적용 기법도 제시되어 있다. 현재는 아마추어 무선 시스템에 대하여 SS/DS 적용을 위한 동기 클럭 재생 적용에 관하여 연구가 진

\*부산전문대학 전자통신과(Dept. of Electronic Communication, Pu-San Junior College)

\*\*동아대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Eng., Dong-A University)

· 논문번호 : 96-4-040

· 접수일자 : 1996년 9월 2일

되고 있기도 하다[11].

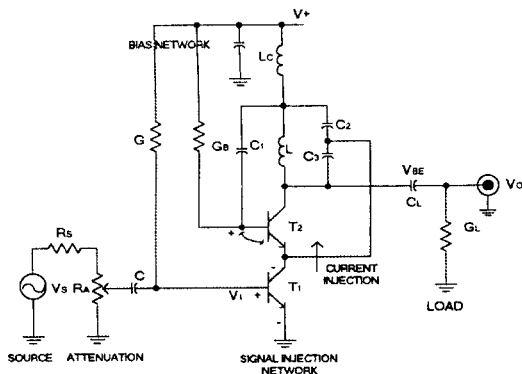
따라서 본 논문에서는 코히런트(coherent) 디지털 통신 시스템중에서 DS/SS 통신을 위한 동기용 클럭원으로 사용하기 위하여 주입형 SO에 대하여 해석하고, DS/SS 적용을 위한 PN 동기 클럭 추출에 대하여 실험하였다. 또한 SO가 자주 발진 주파수의 고조파 및 저조파에 적응 동조하여 발진하는 동작 특성을 실험을 통해 입증하였다.

## II. SO의 해석

### 2-1. SO의 동작

[그림 1]은 기본적인 SO 회로의 구성과 각 부분의 동작 기능을 나타내었다. 이 회로의 오실레이터는 비능동 소자를 지닌 변형된 콜피츠 오실레이터로서, 트랜지스터  $T_1$ 은 주입된 신호를 증폭하여 트랜지스터  $T_2$ 에 전류를 인가한다. 따라서 트랜지스터  $T_1$ 은 트랜지스터  $T_2$ 에 알맞는 능동 에미터 부하와 같다. 양 트랜지스터에서의 전류는 주로 바이어스 저항  $G$ 에 의해 결정되며, 트랜지스터  $T_2$ 가 가지는 3개의 궤환 경로는

- 1)  $C_1$ 을 통해  $T_2$ 의 베이스에 이르는 경로
- 2)  $C_2$ 와  $C_3$  사이점으로부터  $T_2$ 의 에미터에 이르는 경로



[그림 1] SO의 기본 회로

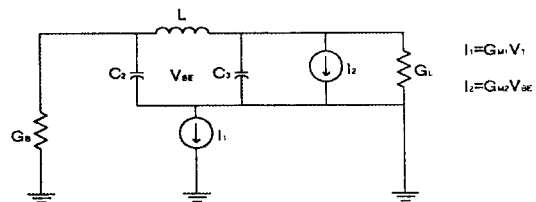
[Fig. 1] Functional description circuit of SO.

3)  $T_2$ 에 대하여  $T_1$ 에 의한 직렬 부궤환이다.

1)과 2)의 궤환은, 궤환 3)이 부(negative)일 경우에 정(positive)이 되고, 바이어스 저항  $G$ 와  $G_B$ 는 콜렉터-에미터 전압 강하와 동등한 선형 활성 영역내에서 양 트랜지스터가 동작한다.  $L_C$ 는 RF 초크로서 동조 회로로부터  $L, C_2, C_3$ 을 분리하며, 가변 저항  $R_A$ 는 인가되는 신호 레벨을 조절하고 입력 구동 회로로부터 안정되게 SO를 분리한다. 동작면에서 살펴보면 SO는 내부 고이득을 갖는 비선형 오실레이터이면서, 동조 범위내에서는 포화된 출력을 가진다. 인가된 입력 신호는 위상 변화가 있지만, 발진기의 출력신호 증폭을 저해하지는 않는다. 이 위상 변화는 SO 동작의 핵심으로서  $T_1$ 의 상호 컨덕턴스  $G_{M1}$ 은  $T_2$  전류의 신호 주입을 제공하는 반면에  $T_2$ 의 상호 컨덕턴스  $G_{M2}$ 는 회로내의 손실을 보상한다. 일반적으로 이들의 전달 컨덕턴스는 비선형으로서[4] 인가되는 외부 신호에 의해 증가하는 부성 저항의 변화량이 동기화 과정에서 중요하 요소로서 작용한다.

### 2-2. SO의 선형적 해석

동기화의 개념을 이해하기 위하여 [그림 2]처럼 오실레이터 출력 전압  $V_o$ 를 선형 분석함으로써 SO의 동기화 개념을 이해할 수 있다. [그림 2]의 회로는 발진을 유지하기 위해  $G_{M2} \gg G_L C_2 / C_3$ 를 필요로 한다. 그리고  $G_L \gg G_B$ 는 자주 발진 오실레이터



[그림 2] SO의 선형 해석

[Fig. 2] Linear analysis of SO.

(free-running oscillator) 주파수에 대해 다음과 같이 정의된다.[4]

$$\omega_0^2 = \frac{C_2 + C_3}{LC_3 C_3} \quad (1)$$

그리고 기본 차동 방정식에 대하여는 식 (2)와 같다[4].

$$V_0'' + \omega_0^2 V_0 = \frac{G_{M1}}{C} V_i' \quad (2)$$

식 (2)는 입력 신호 전압  $V_i$ 에 따르는 injection-locked 동기 오실레이터의 소신호 동작을 의미하며, 여기서  $C = C_3(1 + C_3/C_2)$  이다.

식 (3)과 식 (4)의 형태로 해를 가정하고, 순시 미분 위상으로 식 (5)를 정의하며, 순시 동조범위로서 식 (6)을 가정하면 SO의 동작을 해석할 수 있다.

$$V_0 = \bar{V}_0 e^{j(\omega_0 t + \theta_0)} \quad (3)$$

$$V_i = \bar{V}_i e^{j(\omega_i t + \theta_i)} \quad (4)$$

$$\phi = \theta_0(t) - \theta_i \quad (5)$$

$$\Delta \omega = \omega_0 - \omega_i \quad (6)$$

식 (2)에 식 (3)~(6)을 대입하면 식 (7)과 같은 결과를 얻는다.

$$\phi' = -3K(\sin\phi - \Delta \omega / K) \quad (7)$$

여기서  $K$ 는 SO에 대한 주입 상수이다.

$$K = \frac{G_{M1} \bar{V}_i}{2C \bar{V}_0} \quad (8)$$

SO는 다음과 같이 두 영역으로 나눌 수 있다.

- 1) 구동되어 lock되지 못한 경우  $\Delta \omega / K > 1$
  - 2) 구동되어 lock된 경우  $\Delta \omega / K \ll 1$
- 동기화 또는 lock-in의 조건은 다음과 같다.  
동기와 "lock-in"에 대하여

$$\Delta \omega / K \ll 1, \quad (9)$$

SO의 동조 대역폭은

$$\Delta f_0 = \frac{G_{M1} \bar{V}_i}{2C \bar{V}_0 \pi} \quad (10)$$

을 가지며, 이것은 입력신호  $\bar{V}_i$ 의 크기에 비례하는 순시적용 동조대역폭으로서, SO의 동조대역폭이 식 (10)과 같이 주어질 때 동기화 또는 lock-in에 대한 조건은 식 (9)와 같다. 그리고 식 (11)과 같이 이득-동조 대역폭을 정의할 수 있다.

$$\frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_i} \cdot \frac{G_{M1} \bar{V}_i}{2C \bar{V}_0 \pi} = \frac{G_{M1}}{2\pi C} \quad (11)$$

식 (10)에서  $\bar{V}_0$ 는 특별한 바이어스 조건(정의된  $G_{M1}$  등)으로서, 동조 대역폭은 식 (11)을 유지하기 위해 입력 신호 레벨의 변화에 따른 것이다.

구동되었으나 lock-in이 되지 않은 SO는  $\phi$ 에 대한 식 (7)의 해를 구하면 다음과 같다.

$$\tan[\phi / 2] = \frac{K}{\Delta \omega} + \frac{K}{\Delta \omega} \sqrt{(\Delta \omega / K)^2 - 1}.$$

$$\tan \left[ \frac{3K(t-t_0)}{2} \sqrt{(\Delta \omega / K)^2 - 1} \right] \quad (12)$$

여기서  $t_0$ 는 적분상수이고, 식 (12)에서 위상차  $\phi$ 는 주기적 시간 함수가 된다. 따라서 출력 전압  $V_0$ 는 이산 푸리에 스펙트럼(discrete fourier spectrum)이 된다. 인가 주파수  $\omega_i$ 에서 SO의 출력 전압의 스펙트럼 요소는 다음과 같다.

$$\bar{V}_0(\omega_i) = j \frac{\bar{V}_i}{\frac{\Delta \omega}{K} + \sqrt{(\Delta \omega / K)^2 - 1}} e^{j\omega_i t} \quad (13)$$

즉, 비동기 되었으나 구동된 SO는  $\pm\pi/2$  위상인 인가 주파수에서 이산푸리에 요소(discrete fourier component)를 만들며, 주파수차에 따라 극성을 바꾼다. 또한 SO의 중요특성인 주파수 변별(discrimination)이나 필터링을 제공하는 증폭 특성을 알 수 있다.

lock-in된 SO의 해석은 정상적인 lock-in 영역에서 위상에러가 SO 출력 신호  $\bar{V}_0$ 의 진폭이 일정한 동안에는 식 (14)와 같이 된다. SO의 높은 내부 이득은 입력신호가 오실레이터의 위상을 변화시키는 동안 lock-in 범위내에서 출력 전압을 일정하게 유지하게 한다.

$$\phi_{ss} = \sin^{-1}(\Delta \omega / K) \quad (14)$$

여기까지 SO의 정상상태 특성을 논의해 왔으며, 특히 위상 획득시간(phase acquisition)은 매우 중요한 문제이다. 이것은 SO가 unlocked 조건에서 정상상태(steady-state)로 도달하기 위한 시간을 의미하고, 식 (14)에 의해 주어진 것과 같이 “driven and locked” 영역에 대한 식 (7)의 분석은 정상 상태 값 1%내에 고정시키기 위한 시간이 주어진다. 입력정수  $K$ 와 옅섯 주파수차  $\Delta \omega$ 는 식 (15)에서 중요함을 알 수 있다. 저옅섯(low offsets), 높은 신호구동, 높은  $G_M/C$  비는 SO에서의 위상 획득시간(phase acquisition)을 줄일 수 있으나, lock-in 범위의 에지(edge)에서는  $\Delta \omega$ 와 같이 식 (15)에서 위상 획득 시간이 증가됨을 알 수 있다. 또 다른 SO 동작의 중요한 면은 자주 발진 오실레이터(free-running Oscillator) 주파수  $\omega_0$ 의 고조파 입력 신호에 일치하는 SO의 응답이다. SO의 해석을 통하여 고조파 여진에서도 입력 정수  $K$ 가 고조파 차수  $N$ 에 의해 증가되어진다는 것을 알 수 있다. 따라서  $N$ 에 의해 “동조” 대역폭내에서 향

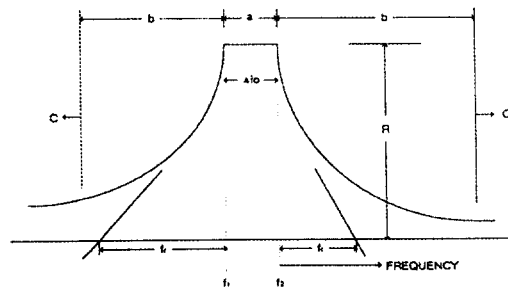
상되고, 위상차는  $N$ 에 의해 감소된다. 그밖에 위상 획득을 위한 실시간 정수는  $N$ 에 의해 감소된다. 고조파 여진의 가장 중요한 점은 자주 발진 SO에 대한 주파수 변별 특성이 향상된다는 것이다. 고조파로 여진하는 SO의 선택도는 필터의  $Q = \omega_0 / \Delta \omega$ 에 의해 개선된다.

$$\tau(1 \text{ percent}) = \frac{1}{K\sqrt{1 - (\Delta \omega / K)^2}} \quad (15)$$

### 3-1. SO의 동기 곡선과 특성

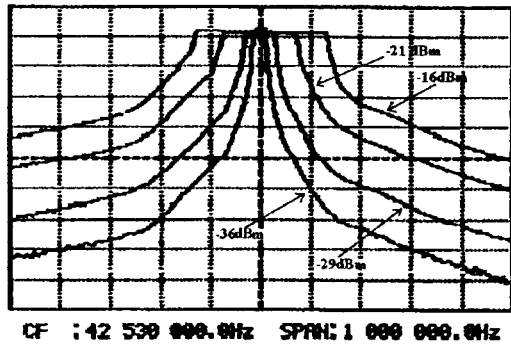
SO 동기 곡선에는 3개의 명확한 영역이 있다. 영역 “a”는 동조영역 또는 driven and locked 영역이다. 여기서 SO는 주파수  $f_1$ 과  $f_2$  ( $\Delta f_0 = f_2 - f_1$ ) 사이의 주입 캐리어에 동기된다. 출력 신호의 진폭은 이러한 동작 영역에서 일정하게 출력된다.

두번째 영역 “b”는 과도영역 또는 driven but unlocked 영역이다. 이러한 영역은 발진 주파수와 상호 작용하여 주입된 캐리어 시작과 같거나, SO가 주입된 캐리어 주파수에 동기했을 때 시작된다. 이러한 천이 영역 변화는 기본적인 SO 회로의 변조와 신호 발진의 방법에 따르게 된다. 일반적으로 동기와 비동기의 천이 영역은 급격하게 변한다. 영역 “c”는 부가적 회로요소(pre와 post-필터링 등)에 의해 특성화되며, 주입 캐리어 부분과 SO 사이



[그림 3] SO의 동작 영역

[Fig. 3] Operation region of an SO.

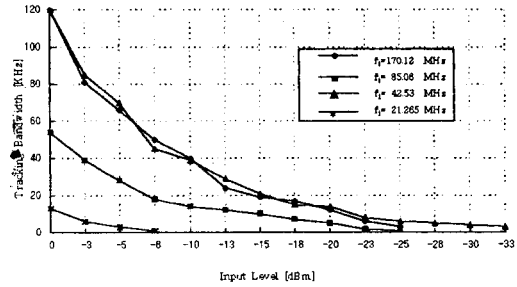


[그림 4] 입력 레벨에 따른 SO의 이득 - 대역폭 곡선  
 [Fig. 4] Gain-bandwidth curve of SO with input level.

의 상호작용을 감소시키게 된다.

SO 동기 곡선이 가지는 몇가지 특성 가운데 이득-동기 곡선의 특성은 SO의 독특한 성질이다. 인가신호의 주요 기능은 SO의 내부위상을 변화시키며, SO의 출력신호의 진폭은 lock-in 영역에서 일정하게 유지된다. lock-in 영역을 벗어나서 주입된 신호는 SO의 주파수 변별 또는 필터링 특성으로 결정된다. SO의 출력신호 위상은 변하지 않고 일정하게 유지된다. SO의 부차적 특이점은 동기영역의 전구간에 걸쳐 거의 선형 위상을 유지한다는 것이다.

SO의 중요한 면중의 하나는 적절한 “동조(tracking)” 범위로서 -36, -29, -21, -16 dBm의 주입캐리어 레벨에 대한 SO의 동기특성 곡선을 [그림 4]에 나타내었다. 출력 진폭은 lock-in범위에서 변하지 않고 일정하게 유지되며, 각 입력 신호 레벨들에 대한 “이득” 또는 “감도” 특성을 보여준다. [그림 4]와 같이 -36dBm 캐리어 레벨에서는 가장 급격한 “이득”곡선이 나타남을 볼 수 있다. 그러므로 -36dBm 캐리어는 모든 곡선이 제공하는 가장 높은 “감쇠”를 야기한다는 것을 알 수 있다. SO는 잡음 제거와 동시에 [그림 4]에서 묘사되어 있듯이 캐리어 선택성의 특징을 볼 수 있다. 예를



[그림 5] 입력 신호와 레벨에 대한 비교  
 [Fig. 5] Comparison for input signal and level.

들어, -100dBm의 주입 레벨에서의 동기범위는 매우 협대역일 것으로 예측할 수가 있다. 따라서, 필터로서 또는 동조(tracking) 회로망으로서 SO의 대역폭은 캐리어의 주입 레벨에 의존하며, 선형 필터와 대조적으로 가변대역폭 그리고 다양한 “이득-감쇠” 레벨을 지닌 RF필터라고 할 수 있다.

SO의 중레벨과 대역폭 특성을 나타내고 있다. SO의 동조 범위가 요한 특징은 동조범위 내 입력 주파수와 외부 신호와 출력 신호사이의 연관된 위상이다. 본 논문에서는 약 42.53 MHz를 기준으로 하는 동기발전기에 대하여 입력 주파수 변화에 대한 실험을 하였으며, [그림 5]는 각 주파수에서의 레벨과 대역폭 특성을 나타내고 있다. SO의 동조 범위가 외부 신호의 작용으로 나타나므로 IF 신호 레벨이 떨어졌을 때, SO의 대역폭은 감소하게 되고, 결과 적으로 S/N은 거의 일정하게 유지된다. 따라서, 통신 지구국이 인공 위성과 통신을 하는 상황에서 지구와 인공위성 사이에 천둥과 같은 대기적인 전파 장애시에도 S/N를 떨어뜨리지 않는 것은 감소된 신호 레벨이 시스템의 대역폭을 상대적으로 감소시키게 되며, 이것은 역으로 잡음(noise)을 최소화시킬 수 있는 이유이기도 하다.

SO의 Q는 전반적으로 오실레이터의 pull-in과 track-in 범위를 결정하는데, 다음과 같은 요소들에 의해 결정된다.

1) 외부 신호의 크기

- 2) 외부 신호의 스펙트럴 에너지 양
- 3) 오실레이터 트랜지스터의  $T_2$  전류량
- 4) 동조된 케환회로의 Q.

또 SO는 체배기 또는 분주기로 사용될 수 있다. 분주 기능을 확인하기 위하여, SO의 입력에 2번째 고조파(harmonics) 및 저조파 상태에서 각 주파수에 대한 동조 범위를 시험해 보았다. 결과적으로 [그림 5]와 같이 SO는 각각의 고조파와 저조파에 동기할 수 있음을 알 수 있었으며, 특히 외부 신호가 없는 짧은 시간 영역에서도 외부 주파수를 저장하여 출력한다는 것이다. 따라서, SO는 클럭 재생 회로에 유용하리라 생각된다.

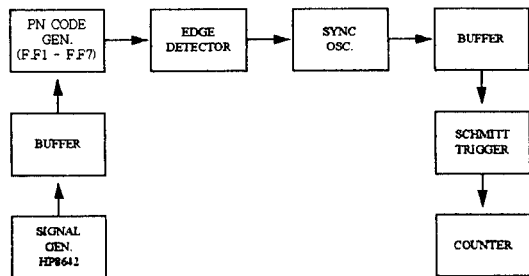
### Ⅲ. 동기 시스템의 구성

#### 3-1. 동기 실험 시스템의 구성

자주 발진주파수가 약 42.53MHz인 동기 발진기 실험을 위한 전체 구성도는 [그림 6]과 같다.

입력 신호 발생기(H.P 8642A)는 0.1~1,050 MHz 가변 오실레이터이며, 전면에 발생 주파수 및 출력 레벨이 표시되는 기기로서 실험을 위하여 약 10MHz 의 신호발생기 출력인 정현파를 슈미트 트리거에 인가하여 구형파로 정형시킨 후 PN부호의 입력 클럭으로 사용하였다.

[그림 6]은 실험을 위한 전체 블록 다이어그램이



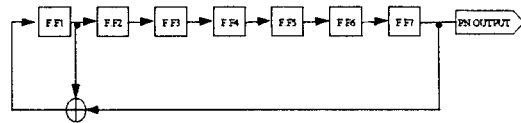
[그림 6] SO의 실험 블록다이어그램

[Fig. 6] The experimental block diagram of SO.

다. 부분별로는 입력 신호부, PN 발생부, 에지 검출부, 동기 발진부, 출력 완충부로 크게 나눌 수 있다. 본 논문에서는 동기 발진부에 PN edge 검출 신호를 인가하여 연립신호 또는 주기적 신호가 없을 때에도 SO의 동기 출력과 제 2 고조파 또는 1/4 저조파 등에서도 정확하게 동기하는 출력 특성을 얻을 수 있었다. <표 1>에서 살펴 보면 고조파 입력 신호와 자주 발진 주파수의 입력에 대하여 동조하는 대역폭 범위가 가장 넓은 것을 알 수 있고, 저조파 및 고조파에 대한 동기 출력 신호들은 모두가 비주기적인 입력 신호에 대하여 안정하고, 지터(jitter)가 발생하지 않음을 볼 수 있었다. edge 검출부에서는 PN부호의 상승과 하강 edge를 검출하여 임펄스 형태로 만들었으며, [그림 10]과 [그림 11]에 나타나 있다. 이때 PN부호 1 chip에 대하여 2개의 임펄스가 생성되고, 동기 발생기는 PN부호에 의한 비주기적 임펄스 신호가 인가되어 비주기적 또는 오류성 Burst mode에서도 동기된 출력을 나타낸다.

#### 3-2. PN 부호 발생기 (PNG)

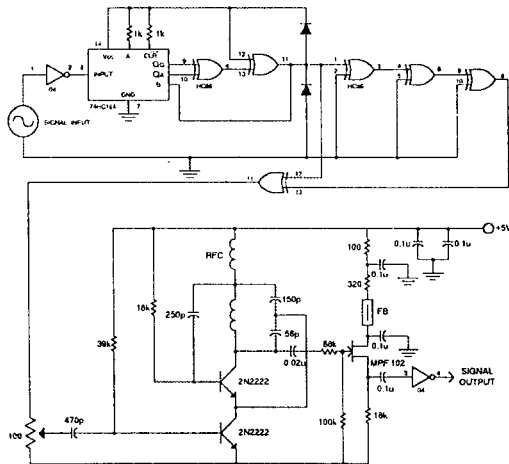
PNG(pseudo noise generator)부호는 인위적으로 발생시킬 수 있는 주기를 가진 2진 부호로 잡음과 유사한 성질을 가지는 특징이 있다. 특히 SS 통신에서 방해파를 신호파와 구별하여 수신하기 위해서는 자기상관치가 크며, 동시에 상호 상관치가 작고 또 부호 분할 다중(CDMA) 전송을 하기 위해서는 계열의 종류수가 많아야 하는 등 사용 목적에



[그림 7] 선형 PN 부호 발생기

[Fig. 7] Linear shift-register sequence generator.

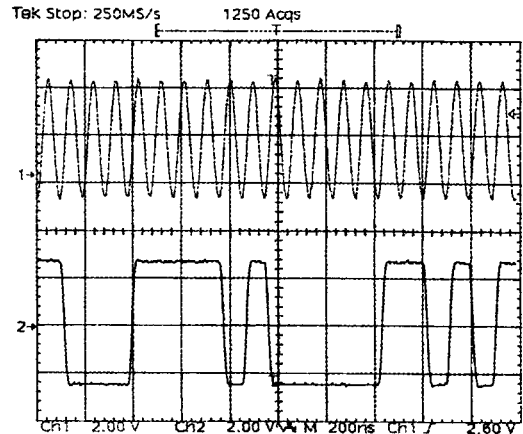
따라 PNG를 발생시켜야 한다. [그림 7]은 기본적인 PN M계열 발생기의 구성도를 보인 것이다. 본 논문에서는 M계열의 부호 발생을 위해 7단 shift register를 사용하여 최장 부호 접속 (7, 1)을 사용하였으며,  $M = 2^n - 1$ 에 의한 최장 부호는 127bit의 비주기적 신호이면서 고조파를 함유한 주입 신호로 사용하므로써 SO가 비주기적 모드에서도 동기를 이탈하지 않는(메모리성) 발진특성과 저조파 및 고조파에 동기발진하는 특성 실험을 위하여 사용하였다.



[그림 8] SO의 적용 회로도  
[Fig. 8] The circuit of SO application.

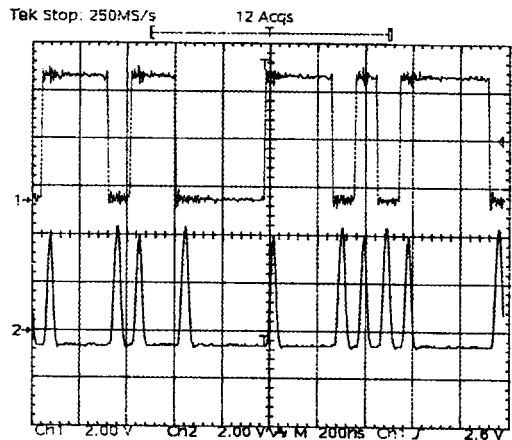
#### IV. 실험 및 검토

[그림 9]는 주 클럭에 대한 PN부호의 발생을 보여 주고 있다. 주 클럭의 주파수는 10.6325MHz이며 클럭 한주기에 대하여 PN 부호가 발생되며, 비주기적 부호가 랜덤(random)하게 발생함을 볼 수 있다. 이 PN부호는 edge 검출후 SO에 인가되어 비주기적 임펄스신호에서도 동기되는 SO의 입력측에 인가될 것이다.

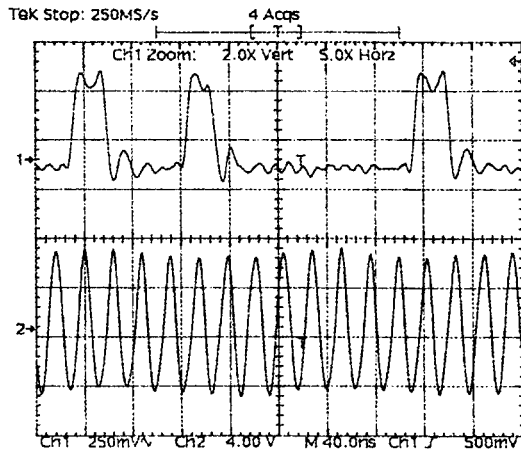


[그림 9] 입력 신호와 PN부호  
[Fig. 9] Input sigal and PN code.

[그림 10]은 입력 클럭(10.6325MHz)으로부터 발생된 PN부호에 대한 edge 검출기의 출력을 보여주고 있다. PN 부호의 상승과 하강지점에서 각각의 edge가 검출되고 있음을 알 수 있고 edge 검출 펄스들은 PN부호와 같이 연속 주기 펄스가 아님을 알 수 있다. 그러나 이러한 비주기적 random



[그림 10] PN 부호와 PN 부호의 에지 펄스  
[Fig. 10] PN code and the edge pulse of PN code.



[그림 11] 에지검출 신호와 SO의 출력  
 [Fig. 11] Edge detector and output of SO.

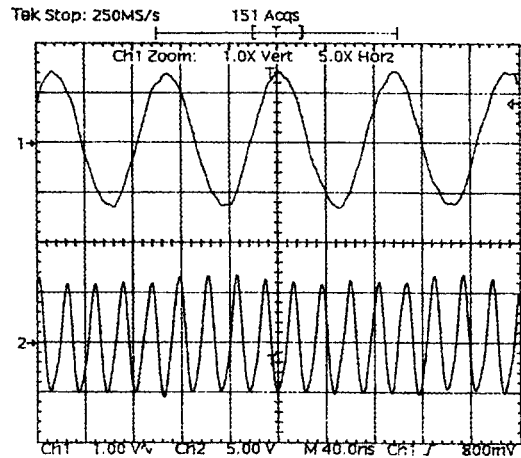
펄스가 SO입력에 인가되어 외부 동기 신호로서 작용할 것이다.

[그림 11]은 [그림 9]와 [그림 10]에서 PN부호의 edge를 검출하여 SO의 입력에 인가하고 입력에 동기된 출력신호를 나타내며, edge 검출신호가 없는 곳에서도 동기된 출력신호를 발진하고 있음을 알 수 있다. 이것은 SO의 중요 특성중의 하나로서 SO의 동기유지성(memory)이라 할 수 있다. 이러한 현상의 결과는 또한 외부 신호가 없는 burst 에러와 같은 상태에서도 동기발진에서 즉시 비동기 발진 상태로 전환되는 것이 아니라, 히스테리시스를 유지하면서 발진한다는 것을 알 수 있다.

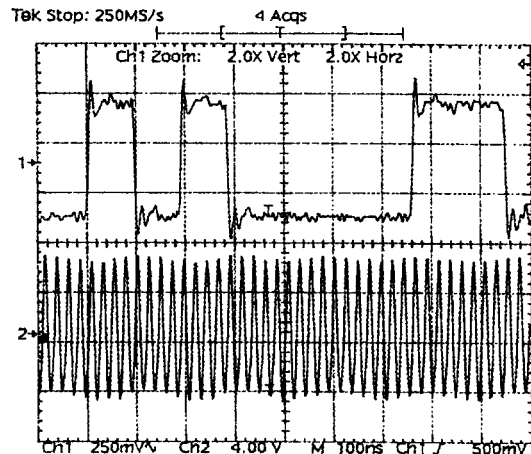
[그림 12]는 주 클럭 10.6325MHz에 대하여 동기된 SO 출력신호 42.53MHz를 보여 주고 있다. SO의 특성과 <표 1>에서 살펴본 것과 같이 저조파(1/4)에 동기된 특성을 잘 보여주고 있다.

[그림 13]은 입력주파수가 출력주파수의 1/4 배로 동작된 PN부호와 PN부호 에지 검출 출력에 동기하여 4체배 출력된 동기 클럭을 보여주고 있다.

[그림 14]는 입력 주파수(10.6325MHz)에 대하여 PN 부호 edge(impulse) 입력에 동기한 SO의 4체배 출력 주파수(42.53MHz)를 보여 주고 있다.



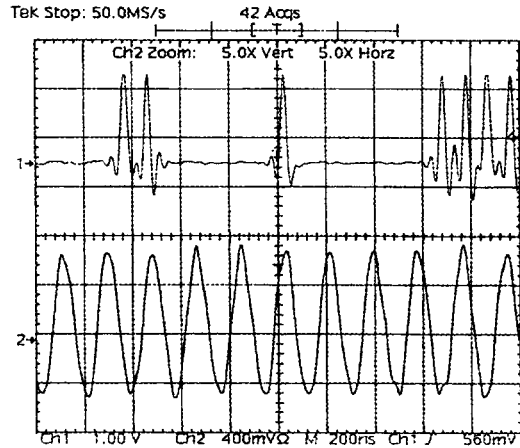
[그림 12] 입력 신호와 SO의 출력주파수  
 [Fig. 12] Input signal and frequency output of SO.



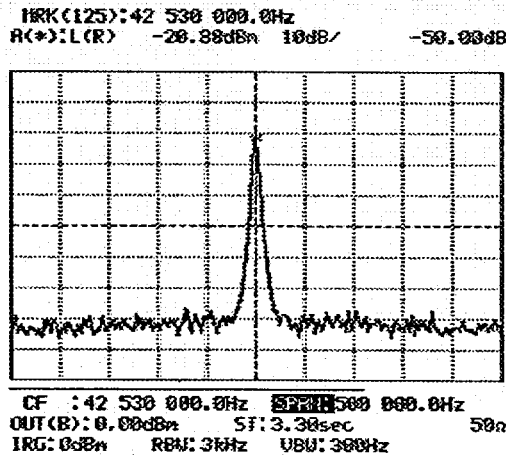
[그림 13] PN 부호(SO 출력×1/4)와 SO 출력  
 [Fig. 13] PN code(SO freq. ×1/4) and SO output.

이 입출력비는 SO의 동작 특성중에서 체배기능이 가능함을 보여주는 것이며, 체배기로서 SO 구동시는 <표 1>에서 비교 검토할 수 있다.





[그림 14] 입력 (SO의 1/4 출력 에지)와 출력  
 [Fig. 14] Input(edge of SO output×1/4) and output.



[그림 15] SO 출력 스펙트럼 (자유발진 42.53MHz)  
 [Fig. 15] Spectrum waveform for SO output (free-running 42.53MHz).

[그림 15]는 SO 출력(42.53MHz) 주파수 특성을 보인 것으로 SO의 입력측에 무신호시의 주파수 발진이 주파수 42.53MHz를 중심으로 대역폭 500 kHz에 대하여 고조파 발진없는 정현파 발진 형태를 잘 보여주고 있다.

## V. 결 론

본 논문 실험에서는 PN 발생부와 PN 부호 에지 검출부에서 비주기적 신호를 만들어 SO에 인가하였고, SO에 임펄스 형태를 인가하여도 안정하게 동작한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 SO의 인가 파형이 정현파와 고조파를 합한 임펄스 및 구형파에서도 잘 동기하므로 SO 자체는 필터성 적응 동기 발진기임을 알 수 있다.

[그림 13]과 [그림 14] 등을 통하여 고찰하여 보면 SO는 입력신호가 없는 시점에서조차 지터(jitter) 없이 발진하여 출력되고 있기 때문에 기억성이 있음을 파형을 통해 알 수 있다.

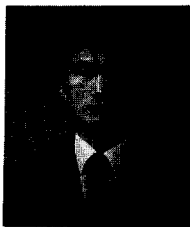
그리고 <표 1>과 [그림 13], [그림 14], [그림 15] 등을 통하여 SO는 고조파 및 저조파에서도 잘 적응 동조함을 알 수 있다. 이것은 SO가 동기형 주파수 체배기 또는 분주기로서 사용 가능함을 제시하는 것이다. <표 1>에 따르면 고조파 입력 주파수에 대해서는 대체로 넓은 동조 범위를 유지하지만, 반대로 저조파 입력 주파수에 대해서는 고조파 입력 주파수보다 훨씬 좁은 동조 범위를 알 수 있었다. 이것은 하드웨어적인 측면에서 SO의 저조파 발진 특성으로도 쉽게 동기를 취할 수 있다는 장점과 함께 넓은 동조 범위를 가질 수 있다는 것이 된다. 이러한 넓은 동조 범위 특성은 SS(spread spectrum) 통신 방식이 이용하고 있는 광대역 통신 방식에 잘 부합된다고 할 수 있다. 따라서 SS 통신과 같은 광대역 통신에 SO를 적용한다면 기존의 DS/SS 동기 방식인 DLL은 자기 상관을 취하기 위한 2 채널의 특성이 동일한 것을 얻기 어려우며, TDL은 DLL에 비하여 약 3dB 정도 신호 전력이 감소하고 tracking jitter가 크다는 단점이 있었다. 하드웨어적 측면에서도 구성의 복잡성 및 난이성들 때문에 많은 문제가 되어온 방식들보다도 더 간단하고 안정된 동기 출력을 얻을 수 있으며, 하드웨어적인 측면에서도 동기, 증폭, 적응 필터, S/N 개선 등이 간단히 해결될 것이다.

이와 같은 특성은 위성 통신 등의 동기뿐만이 아니라 PCM 등과 같은 광중계 장치 및 M/W 통신 장치의 클럭 재생회로에도 적용이 가능할 것이다. 그러나 본 논문에서는 이와 같은 특성이 SS 통신의 동기 방식을 쉽게 취할 수 있다는 데에 더 큰 잇점이 있다고 생각된다.

### 참고문헌

- [1] Marrin K Simon, et al, *Spread spectrum communication handbook*. McGraw Hill, 1994.
- [2] R. Adler, "A study of locking phenomena in oscillators." *Proc. IRE*, vol. 34, p. 351, 1946.
- [3] F. Gardner, *Phase Lock Techniques*. New York: Wiley, 1966, chs. 5-9.
- [4] T. Flamouropoulos, "An analysis of the nonlinear transconductance in a synchronous oscillator," *M. S. thesis*. Lehigh Univ, Bethlehem, PA, 1985.
- [5] Kuo, *Network Analysis and Synthesis*. New York: Wiley, 1962.
- [6] V. Uzunoglu, "Division by non-integer numbers using synchronous oscillators," *U. S. Pat.* 4,356,456, Oct. 26, 1982.
- [7] V. Uzunoglu, "Universal clock recovery network for QPSK modems," *U. S. Pat.* 4, 274,067, June. 16, 1981.
- [8] P. Runge, "Phase-locked loops with signal injection for increased pull-in and reduced output phase jitter," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-24, p. 636, June. 1976.
- [9] V. Uzunoglu, "Carrier recovery networks for QPSK modems employing synchronous oscillators," *U. S. Pat.* 4,355,404, Oct. 19, 1982.
- [10] V. Uzunoglu, "Synchronization and synchronous oscillators," in *advances in communications*, vol. 1. New York: Reidel, 1980, p. 437.
- [11] A. Kesteloot, "A practical direct-sequence spread-spectrum UHF link," *ARRL*, p. 8. 47-54. Dec. 1990.
- [12] M. Armand, "On the output spectral of unlocked driven oscillators," *Proc. IEEE*, vol 57, p. 798, May. 1969.
- [13] V. Uzunoglu and M. H. White, "Some important properties of synchronous oscillators." *Proc. IEEE*, vol 74, p. 516-518, Mar. 1986.

### 정 명 덕

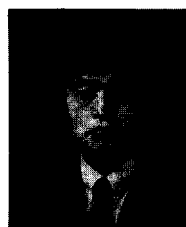


1960년 5월 9일생  
 1980년 2월 : 부산공업대학 전자공학과 졸업  
 1991년 2월 : 동아대학교 전자공학과 (석사)  
 1993년 3월~현재 : 동아대학교 전자

공학과 박사과정

1979년 11월~1993년 2월 : 한국통신(KTA) 근무  
 1993년 3월~현재 : 부산전문대학 전자통신과 조교수  
 [주 관심분야] 확산대역통신, 통신 시스템

### 변 건 식



1950년 1월 7일생  
 1972년 2월 : 항공대학교 항공전자공학과 졸업  
 1980년 2월 : 동아대학교 전자공학과 (석사)  
 1987년 8월 : 영남대학교 전자공학

과 (박사)

1989년 8월~1990년 7월 : 국립요코하마대학 객원교수  
 1980년 3월~현재 : 동아대학교 전자공학과 교수  
 [주 관심분야] 확산대역통신, GPS, TCM