

FM을 이용한 DS/SS(FM-DS/SS) 시스템의 구현

Implementation of DS/SS(FM-DS/SS) System Using FM

정명덕* · 박지언** · 변건식***

Myeong-Deok Jeong* · Ji-Eon Park** · Kun-Sik Byon***

요 약

FM-DS/SS 시스템 구현을 위하여, 주입되는 신호에 동기하는 주입형 SO(Synchronous Oscillator)에 대하여 해석하였다. 송신부에서는 FM의 RF 출력 신호와 DS/SS(Direct Sequence / Spread Spectrum)을 이용하여 FM-DS/SS 변조 방식을 채택하였으며, 수신부에서는, SO를 수신부의 PN(Pseudo Noise) 클럭 동기를 위한 슬라이딩 상관기로 사용하여 FM-DS/SS의 복조를 위한 동기부로 이용하였다. 그 결과 수신주파수가 도플러와 같은 현상에서도 안정된 동기성능을 유지하였으며, FM-DS/SS의 시스템에 적용하여 PN 동기 및 동기 특성을 입증하였다.

Abstract

For implementation of FM-DS/SS system, This paper has analyzed SO(Synchronous Oscillator) being oscillated by the motivation of injected signal. Transmitter has adopted FM-DS/SS modulation method using RF output-signal of FM. Receiver is used SO to demodulation of FM-DS/SS and applied sliding correlator for synchronization of PN clock. As a result of the inspection, SO presented stable lock ability in spite of doppler apperance and proved the synchronous properties of it in the FM-DS/SS system.

I. 서 론

오늘날의 통신은 다양한 정보 서비스와 비밀성을 요구하고 있다. 따라서 주파수를 효율적으로 이용하면서 채널의 용량을 증가시키기 위한 방법으로 스펙트럼 확산(Spread Spectrum) 통신 방식이 최근 CDMA를 중심으로 사용되고 있다. 그러나 스펙트럼 확산방식이 해결해야 할 문제점중의 하나는 동기를 취하는 일이다. 본 논문에서는 DS/SS

에서 동기를 얻기위해 동기발진기를 이용하였다. SO는 주입되는 신호가 없을 때 콜피츠발진기로 동작하며, 주입 신호가 있을때는 동기 대역폭에 반비례하여 포착시간을 갖는 입력파형에 동조하는 동기 발진기가 된다. 또한 위성통신에서와 같이 도플러 현상으로 인한 주파수 변화에 잘 적응하는 낮은 캐리어 대 잡음비의 동조회로로 사용할 수도 있다. FM-DS/SS 시스템의 송신부는 기존의 FM 출력 신호에 DS/SS(Direct Sequence / Spread Spectrum) 변조를 걸어 구성하였으며, 수신부에서는 동

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

** 양산전문대학 전자통신과(Dept. of Electronic Communication, Yang-San Junior College)

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

· 논문 번호 : 971017-03

· 수정완료일자 : 1997년 12월 26일

기를 취하는 회로로 동기발진기를 사용하였다. 본 논문에서는 주입되는 신호에 동기하여 발진하는 동기발진기에 대한 해석과 이를 직접확산통신방식에 적용하였을 때 의사잡음부호의 클럭을 만드는 회로에 대하여 실험하였다.

II. DS/SS 통신의 동기 방식

동기화(synchronization)의 문제는 유선 통신과 무선 통신 분야 모두에 필수적인 요소로서, DS/SS의 대역확산 방식에서는 반송파 동기와 부호 동기를 행해야 한다 [1]-[3],[16].

동기방식에는 코히런트와 비코히런트 방식이 있으며, 비코히어런트 방식으로는 DLL(Delay-Locked Loop)과 TDL(Tau-Diter Loop)이 널리 사용되고 있다. 이 두 회로의 차이점은 DLL이 early phase와 late phase에 대한 상관기를 따로 구현했다는 점에 있다.

그렇지만 TDL은 하나의 가지(branch)만 사용함으로써 DLL에서 문제가 되는 early branch, late branch 사이의 회로의 균형을 염려할 필요가 없고, 회로가 간단해지는 장점이 있지만, TDL은 DLL에 비해 최대 3 dB 변환 손실이 있다는 단점이 있다[2],[3].

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하면서 추적 범위가 넓고 동기가 용이한 SO를 해석하고, 이를 이용하여 FM-DS/SS 시스템을 구현하고자 한다.

2-1 SO를 이용한 동기

2-1-1 SO의 동작

그림 1은 기본적인 SO 회로의 구성을 나타내었다. 이 회로의 발진기는 변형된 콜피츠 발진기로서, 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

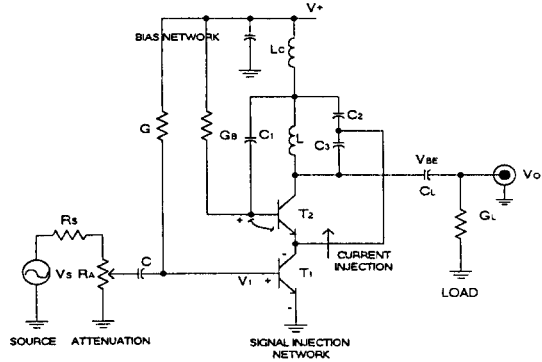


그림 1. SO의 기본 개념도

Fig. 1. Functional description circuit of SO.

G 에 의해 결정된다.

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
- 3) T_2 에 대하여 T_1 에 의한 직렬 부궤환 이다.

SO는 내부 고이득을 갖는 비선형 발진기이면서, 동조 범위내에서는 포화된 출력을 가진다[4],[5],[9]. 인가된 입력 신호는 위상 변화가 있지만, 발진기의 출력신호 진폭을 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],[5] 인가되는 외부 신호에 의해 증가하는 부성 저항의 변화량이 동기화 과정에서 중요한 요소로서 작용한다.

2-1-2 SO의 선형적 해석

동기화의 개념을 이해하기 위하여 그림 1을 소신호 교류등가 모델로 나타내면 그림 2와 같다. 그림 1의 등가회로는 발진을 유지하기 위해 $G_{M2} \gg G_L C_2 / C_3$ 가 되어야 하며, $G_L \gg G_B$ 일 때 자주 발진

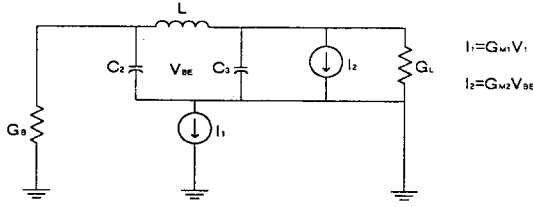


그림 2. SO의 선형해석
Fig. 2. Liner analysis of SO.

(free-running oscillator) 주파수는 다음과 같이 정의 된다^{[4],[5]}.

$$\omega_0^2 = \frac{C_2 + C_3}{LC_2 C_3} \quad (1)$$

그리고 입력신호 V_i 가 주입될 때 출력에 대한 미분방정식은 식 (2)와 같다^[4].

$$V'_0 + \omega_0^2 V_0 = \frac{G_{m1}}{C} V'_i \quad (2)$$

여기서 $C = C_3(1 + C_3/C_2)$ 이다.

식 (3)과 식 (4)의 형태로 해를 가정하고, 순시 미분 위상 식 (5)와 순시 동조범위 식 (6)을 가정하면 SO의 동작을 해석할 수 있다^[4].

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

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

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

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

식 (2)에 식 (3) ~ 식 (6)를 대입하면 식 (7)과 같다.

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

여기서 $K = \frac{G_{m1} \bar{V}_i}{2C \bar{V}_0}$ 는 SO에 대한 주입 상수이다.

SO에 대한 두 영역은

1) 구동되어 잠금(lock)되지 못한 경우

$$\Delta \omega / K > 1$$

2) 구동되어 잠금(lock)된 경우 $\Delta \omega / K \ll 1$

나눌 수 있고, 동기화 또는 lock-in의 조건은 다음과 같은 조건이 필요하다.

$$\Delta \omega / K \ll 1, \quad (8)$$

이때 SO의 동조 대역폭은

$$\Delta f_0 = \frac{G_{m1} \bar{V}_i}{2C \bar{V}_0 \pi} \quad (9)$$

으로 주어지며, 이것은 입력신호 \bar{V}_i 의 크기에 비례하는 순시적용 동조대역폭으로서, SO의 동조대역폭이 식 (9)와 같이 주어질 때 동기화 또는 lock-in에 대한 조건은 식 (8)과 같고, 식 (10)과 같이 이득-동조 대역폭을 정의할 수 있다.

$$\frac{\bar{V}_0}{\bar{V}_i} \cdot \frac{G_{m1} \bar{V}_i}{2C \bar{V}_0 \pi} = \frac{G_{m1}}{2\pi G} \quad (10)$$

식 (9)에서 \bar{V}_0 는 특별한 바이어스 조건(특정한 G_{m1} 등)일 때이고, 동조 대역폭은 식 (10)을 유지하기 위해 입력 신호 레벨의 변화에 따를 것이다. 이와 같이 SO의 동기(lock) 영역내에서는 입력신호의 크기에 따라 동조대역폭이 변화하면서도 출력의 진폭은 일정하지만, 동기(lock)되지 않은 영역에서 살펴보면, 인가 주파수 ω_i 에서 SO의 출력 전압의 스펙트럼 요소는 다음과 같다^{[7],[10]}.

$$\bar{V}_o(\omega_i) = j \frac{\bar{V}_i}{\frac{\Delta \omega}{K} + \sqrt{(\Delta \omega / K)^2 - 1}} e^{j\omega_i t} \quad (11)$$

즉, 비동기 되었으나 구동된 SO는 $\pm\pi/2$ 위상인 인가 주파수에서 이산푸리에(Furrier) 성분들을 만들어 내며, 주파수차에 따라 극성을 변화시킨다.

2-1-3 SO의 동기 곡선과 특성

SO 동기 곡선에는 3개의 영역이 있다.

- 1) 동조영역 또는 구동되어 동기된(driven and locked) 영역이다. SO는 주파수 f_1 과 f_2 사이의 동작 영역에서 일정한 크기로 출력된다.
- 2) 과도영역 또는 구동되었으나 비동기된(driven but unlocked) 영역이다. 이 영역은 발진 주파수와 상호 작용하여 주입된 캐리어 시작과 같거나, SO가 주입된 캐리어 주파수에 동기했을때 시작된다.
- 3) 'c'영역은 부가적 회로요소(pre와 post-필터링 등)에 의해 결정되며, 주입 캐리어 부분과 SO 사이의 상호작용을 하게 된다.

SO 동기 곡선이 가지는 몇가지 특성 가운데 이득 동기 곡선의 특성은 SO의 독특한 성질이다. 인가신호는 SO의 내부위상을 변화시키며, SO의 출

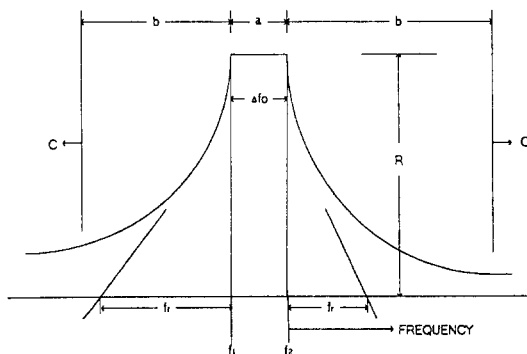


그림 3. SO의 동작 영역
Fig. 3. Operation region of an SO.

력신호의 진폭은 lock-in 영역에서 일정하게 유지되고, lock-in 영역을 벗어나서 주입된 신호는 SO의 주파수 변별 또는 필터링 특성으로 결정된다. 그리고 SO의 중요한 면중의 하나는 “동조” 범위로서 -36, -29, -21, -16 dBm의 주입캐리어 레벨에 대한 SO의 동기특성 곡선을 그림 4에 나타내었다.

그림 4는 42.53 MHz를 기준으로 하는 동기발전기에 대하여 입력 주파수 변화에 대한 실험 결과를 나타낸다. 출력 진폭은 lock-in범위에서 변하지 않고 일정하게 유지되며, 각 입력 신호 레벨들에 대한 “이득” 또는 “감도” 특성을 보여준다. 그림 4에서와 같이 -36 dBm 캐리어 레벨에서는 가장 급격한 “이득” 곡선을 볼 수 있다. 그러므로 -36 dBm 캐리어는 모든 곡선이 제공하는 가장 높은 “감쇠”를 야기한다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, -100 dBm의 주입 레벨에서의 동기범위는 매우 협대역 일것으로 예측할 수가 있고^{[5],[7]}, 따라서 필터로서 또는 동조(tracking) 회로망으로서 SO의 대역폭은 캐리어의 주입 레벨에 의존하며, 선형필터와 대조적으로 가변대역폭 그리고 다양한 “이득-감쇠”레벨을 지닌 RF필터라고 할 수 있다.

III. 제안된 FM-DS/SS 통신 시스템의 구성

본 논문에서는 협대역의 FM 신호에 DS/SS 변

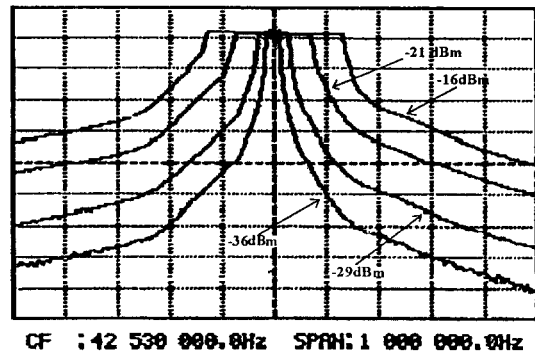


그림 4. 입력레벨에 따른 SO의 이득-대역폭
Fig. 4. Gain-bandwidth curve of SO with input level.

조 방식을 적용하였으며, FM 캐리어인 170.118 MHz를 128 분주한 1.329 MHz 클럭으로부터 발생되는 확산부호(PNG)와 캐리어를 DBM(Double Balanced Mixer)으로 약 2.6 MHz 대역폭을 가진 확산스펙트럼 형태로 FM-DS/SS 변조 하였다. 이러한 2위상 변조된 신호는 그림 5의 송신부 변조 출력에서와 같이 $(\sin x/x)^2$ 스펙트럼으로 나타난다. 수신부에서는 도플러와 같은 주파수 및 위상의 변화에서도 잘 동기할 수 있도록 SO를 이용하였다.

3-1 송신 시스템

송신부는 음성대역의 AF 신호에 따라 FM 변조된 신호를 확산스펙트럼(SS) 변조를 위하여 이중평형변조기(DBM)의 입력측에 인가 한다. 또 인가된 FM 주파수(170.118 MHz)로부터 클럭 신호를 추출하기 위하여 고속분주기 형태의 프리스케일러를 사용하여 먼저 16분주를 통하여 10.63 MHz의

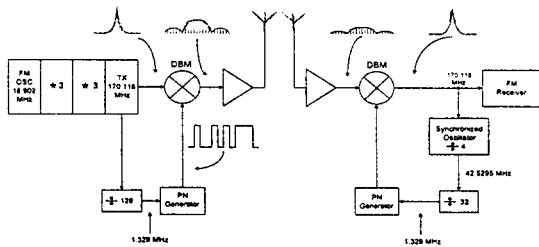


그림 5. FM-DS/SS 시스템 구성도

Fig. 5. The structure of the system for FM-DS/SS.

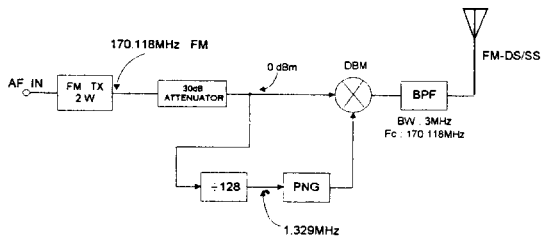


그림 6. 송신부의 블록다이그램

Fig. 6. Block diagram of transmitter.

클럭 속도로 만들어 다시 범용의 74HC93 IC를 이용하여 8분주를 하면, 170.118 MHz 캐리어에 대하여 전체 128 분주 된 1.329 MHz의 주파수를 얻으며 이를 PNG 클럭으로 사용하여 대역확산신호를 생성하였다.

DBM은 FM 출력과 PN 부호에 의하여 FM의 대역 신호를 PN 클럭 속도(1.329 MHz)에 따른 Chip 주기에 따라 BPSK 신호로 변조 되어 FM-DS/SS 신호가 된다.

PNG 클럭원은 170.118 MHz의 FM 송신 RF부에서 추출되며 최대 편차 5 KHz는 FM RF 주파수에 대하여 2.94 %에 해당되며 1.329 MHz 클럭 주파수에 대하여는 단지 39.073 Hz 정도라는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 주파수 편이가 지터나 동기의 상실을 유발할 정도는 아니며, 또 수신부의 동기발전기(SO)는 이러한 주파수 변화에 추적하며, 동기할 수 있다.

3-2 수신 시스템의 구성

수신기의 구성도는 그림 7과 같다. 본 시스템은 FM 캐리어가 FM-DS/SS 변조된 확산스펙트럼 신호를 입력받아 SO를 이용하여 동기를 취한다. 확산부호로서 입력신호를 역확산시키기 위해 수신부는 안테나 및 전치증폭부, 1/4저조파에 동기하는 동기발전부(SO), SO의 출력 42.53 MHz로부터 1.329 MHz를 얻기 위한 분주기, 1.329 MHz의 역확산 부호를 생성하기 위한 PNG, 역확산 부호와

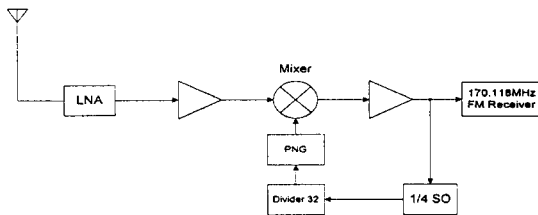


그림 7. FM-DS/SS 수신부의 블록다이그램

Fig. 7. Block diagram for FM-DS/SS receiver.

수신 신호로부터 캐리어를 복조하는 혼합기(mixer), FM신호를 수신하기 위한 수신기(receiver) 등으로 구성되어 있다.

170 MHz FM-DS/SS 신호는 전치증폭단과 증폭단을 거쳐서 충분한 신호로 증폭되어 역확산을 위한 혼합기(mixer)의 RF단에 입력되고, 동기 발진부는 170.118 MHz 캐리어에 대하여 1/4 저조파에 동기하는 42.5295 MHz 발진하여 분주기에 인가된다. 분주기는 인가된 신호로부터 32분주하여 1.329 MHz의 동기클럭을 출력하여 송신측과 같은 부호와 부호길이의 PNG를 동작시켜 혼합기(mixer)의 IF단에 입력한다.

PNG는 송신부와 거의 유사한 주파수로 동작하고 있기 때문에 어느 순간에 송신측과 수신측의 PN부호 위상이 일치할 것이며, 이러한 과정을 슬라이드 상관이라고 하며 상관되었을 때 출력은 최대가 된다.

3-2-1 동기부(SO)의 구성

혼합기(mixer)의 국부발진기(local oscillator)에 상관된 FM변조파가 출력된다. 따라서 SO는 송신측과 동일한 수신 동기 상태를 유지한다.

그림 8은 수신부에 인가되는 중심주파수(f_c) 170.118 MHz에 대하여 1/4 f_c 로 동작하여, 인가되는 신호에 동기하는 42.5295 MHz SO의 구성도이다.

수신부의 BPF는 송신 변조시 발생되는 측파대 및 고조파, 또는 신호의 전송과정 등에서 유기될수 있는 잡음 등을 제거하므로써 SO가 기생되는 신호에 대하여 동기 할 수 있는 현상을 미리 차단한다. 이는 SO가 가지는 특성 중에서 고조파 및 저조파에 잘 동조하는 성질 때문이며, 이와 같은 특성을 이용하여 수신부의 SO는 170 MHz 대역이라는 고주파 영역에서 보다, 1/4 f_c 영역인 42.53 MHz의 낮은 주파수에 동조하는 SO를 구현하므로써 수신부의 하드웨어 구현의 용이성 등을 고려하였다.

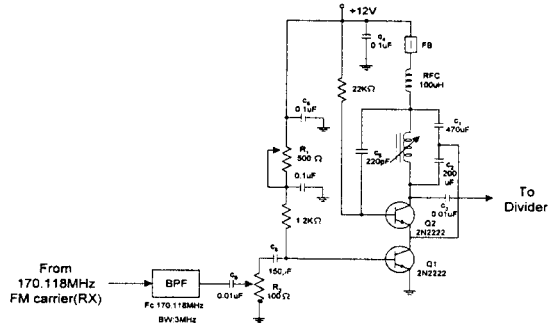


그림 8. $f_o = 42.5295$ MHz SO의 회로도
Fig. 8. Circuit of SO with oscillation($f_o = 42.5295$ MHz).

III. 실험 및 검토

송신부에서는 FM 트랜시버의 RF 캐리어 170.118 MHz를 128분주한 1.3295 MHz를 PN부호의 클럭으로 사용하였으며 이 클럭에 의해 PN 부호를 발생하여 FM-DS/SS를 발생시켰으며, 일정한 RF 캐리어에 대하여 변조하는 “캐리어 \otimes (PN \oplus Data)” 변조 방식과는 다르다고 할 수 있다.

그림 9는 170.120 MHz 중심 주파수 대역에서

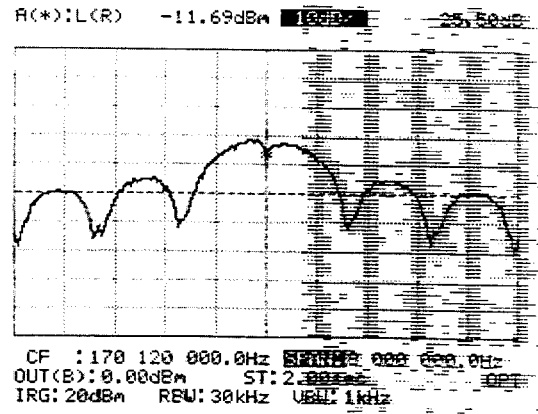


그림 9. 변조기 출력스펙트럼
Fig. 9. Output spectrum of modulator.

1.329 MHz의 PN 부호에 의하여 변조된 전형적인 SS 출력을 보여주고 있으며, 170.120 MHz를 중심으로 8 MHz 대역에 걸쳐 나타 낸 것으로, 메인로브는 2.65 MHz 대역에 걸쳐 포락선 형태를 보여주고 있다. 측엽(side lobe)은 거의 14 dB 이상 낮은 레벨에서 약 1.33 MHz의 대역폭으로 주어져 있다.

FM-DS/SS의 변조된 신호형식은 FM 캐리어에 동기한 DS/SS의 형태이므로 PN 신호의 칩(chip) 주기가 일정한 것이 아니라 변화하므로 기존의 부호동기 방식인 DLL 및 TDL 동기 방식과는 다른 주입되는 신호에 동기하는 SO를 사용하여 구현 하였다. 이것은 앞에서 논의된 SO의 특성이 변화하는 주파수에 잘 동기하는 특성을 이용한 것이며, PSK 신호로부터 동기를 쉽게 추출할 수 있는 장점이 있었다. 또 RF 170.118 MHz의 1/4 주파수인 42.5295 MHz로 발진하여 동기하는 특성은 높은 RF 신호가 수십 GHz 일지라도 SO는 저주파에 동조하므로 수십 MHz 대역의 주파수 영역으로서 SO를 구동하여 동기 할 수 있다. 따라서 하드웨어적 구현이 용이해진다.

그림 10과 그림 11은 복조된 FM RF 신호들이다. 그림 10에서 출력레벨은 약 -3 dBm 정도이

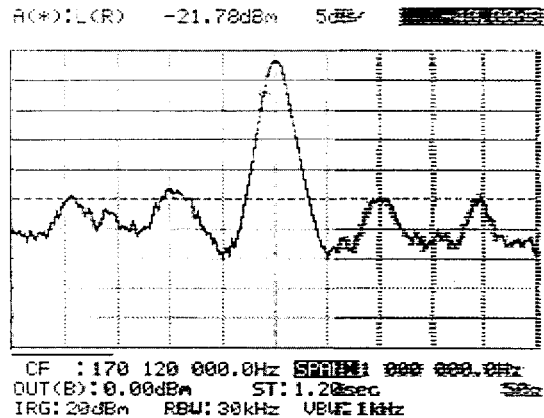


그림 10. 대역폭 1 MHz에서의 복조기 출력스펙트럼
Fig. 10. Output spectrum of demodulator within 1 MHz span.

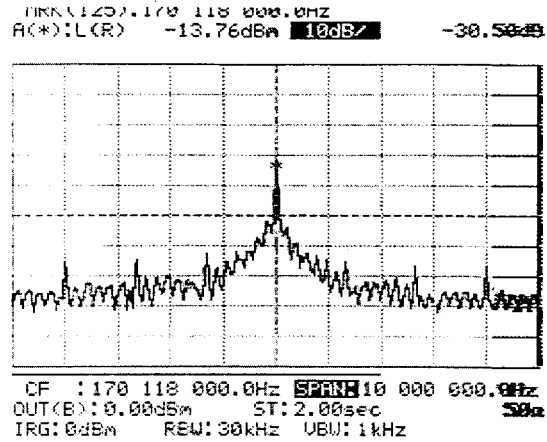


그림 11. 대역폭 10 MHz에서의 복조기 출력스펙트럼
Fig. 11. Output spectrum of demodulator within 10 MHz span.

고, 상대적으로 잡음을 포함한 고조파 등의 신호는 -43 dBm이므로 신호대 잡음의 레벨차 이는 약 40 dBm 정도가 되어 양호한 신호를 얻을 수 있었다. 이러한 특성은 DS/SS 통신 방식이 지니고 있는 상관성에 기인한 것으로 외부 잡음에 강한 특성을

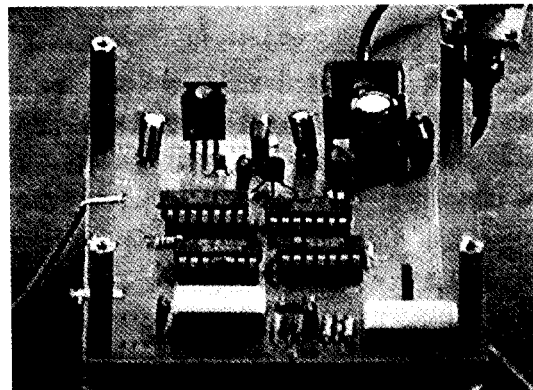


그림 12. 제작된 FM-DS/SS 변조기
Fig. 12. Implementation of the FM-DS/SS modulator.

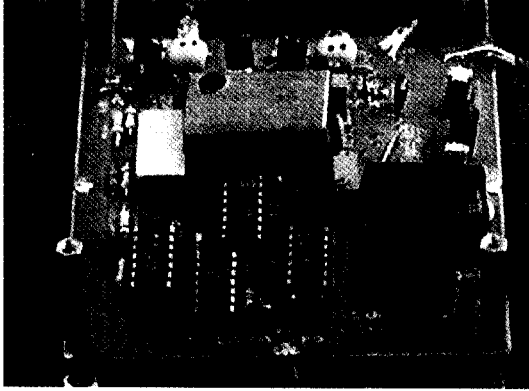


그림 13. 제작된 FM-DS/SS 복조기

Fig. 13. Implementation of the FM-DS/SS demodulator.

잘 보여 주고 있다. 또 고조파를 포함한 잡음 신호 레벨은 FM RF 수신단의 필터에서 한번 더 제거되므로 DS/SS 변조를 하므로써 훨씬 양호한 특성을 얻을 수 있었다. 그림 11은 상관 출력 신호를 10 MHz에 걸쳐 나타낸 스펙트럼이다.

그림 12와 그림 13은 FM-DS/SS 시스템을 구현을 위한 변복조 장치들이다. 복조기에서 동판으로 차폐되어 있는 부분이 동기 발진부이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 직접확산통신에서의 동기문제점을 해결하기 위하여 동기발진기를 해석하였고, 이를 실험적으로 입증하기 위해 기존의 FM 송수신기에 직접확산변조를 부가한 FM-DS/SS 시스템을 하드웨어적으로 구현하였다. 수신부에서는 PN 부호 상관관을 위하여 SO를 슬라이딩상관기로 사용하여 동기를 취한 후, DS/SS 신호를 역확산하여 FM 신호를 복조 할 수 있었다. 또 동기에 대한 타당성을 고찰하기 위하여 그림 4에서는 42.53 MHz를 기준으로 발진하는 SO의 특성에 대한 실험 결과, 그림 4의 출력 진폭은 동기 영역내에서는 일정

하게 유지되며, 각 입력 신호 레벨들에 대한 “이득” 또는 “감도” 특성이 다르다는 것을 알 수 있다. 입력이 -36 dBm인 레벨에서는 가장 급격한 “이득과 동기 대역폭” 곡선을 얻을 수 있었으며, -100 dBm의 주입 레벨에서의 동기범위는 매우 협대역일 것으로 예측할 수가 있다. 따라서 SS통신이 가지는 저전력 및 낮은 SNR에서 더높은 “이득-감쇠” 곡선으로서 RF 필터와 같이 사용할 수 있음을 예측할 수 있으며, 이러한 특성은 일반적인 DLL 및 TDL 동기방식에서는 볼 수 없는 장점이 된다. 또한 입력신호가 없을 때 동기발진기는 폴프츠 발진기이고 입력신호의 주파수가 자주 발진주파수의 분주값일 때 동기발진기는 주파수 체배기가되며 입력신호의 주파수가 자주 발진주파수의 체배값일 때 동기발진기는 분주기가 되는 성질은 RF 170.118 MHz의 $1/4$ 주파수(42.5295 MHz)에 동기하였으므로 RF 신호가 수십 GHz일지라도 SO는 저조파에 동조하므로 수백 MHz 대역의 주파수 영역으로서 SO를 구동하여 동기할 수 있다. 수신부의 PNG 동기클럭은 FM 복조로부터 추출되었으므로 FM RF의 최대 편차 ± 5 KHz는 170.118 MHz에 대하여 0.006 %에 해당되므로 수신부의 동기 클럭 42.53 MHz에 대하여 단지 250 KHz 편차 정도라는 것을 알 수 있다. 이러한 주파수 편차는 SO가 가지는 넓은 범위의 주파수 추적 범위와 동기 특성 때문에 지터나 동기의 상실을 유발하지 않을뿐 아니라, 기존의 동기 방식인 PLL과 코스타스 루프, TDL, DLL 동기 방식 등에서는 루프필터의 특성에 의해 동기 대역폭이 결정되어 잡음 제거에 대한 속성과 루프의 추적 범위가 고정되게 되지만 SO는 도플러와 같은 주파수 및 위상의 변화에서도 잘 동기하며, 입력레벨에 따른 동기 대역폭을 가진다는 것을 알 수 있다.

위와 같은 특성은 앞으로 위성 통신 등의 동기뿐만 아니라 PCM 등과 같은 광중계 장치 및 M/W 통신 장치의 클럭 재생부의 동기회로에도 적용이 가능할 수 있을 것이다.

앞으로는 본 논문이 완전히 구현하지 못한 안테

나 정합 부분과 DS/SS 시스템에서 SO가 갖는 위상차를 해결하는 CPSO(Coherent Phase Synchronous Oscillator) 적용에 관한 연구가 더 진행될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Marrin K. Simon, et al, *Spread spectrum communication handbook*, McGraw Hill, 1994.
- [2] 최형진, 동기방식 디지털 통신, 교학사, pp. 58-66, 1995.
- [3] M. K. Simon, "Noncoherent Pseudonoise Code-Tracking performance of Spread-Spectrum Receivers", *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-25, February 1977.
- [4] T. Flamouropoulos, "An analysis of the nonlinear transconductance in a synchronous oscillator", M. S. thesis. Lehigh Univ, Bethlehem, PA, 1985.
- [5] V. Uzunoglu, and M. H. White, "Synchronous oscillator as a synchrononization

and tracking network", *IEEE J, Solid-State Circuits*, vol. SC-20, no. 6, pp. 1214-1226, Dec. 1985.

- [6] Dixon. "Spread Spectrum Systems". John Willey & Son, New York, 1984.
- [7] V, Uzunoglu and M. H. White, "Some important properties of synchronous oscillators", *Proc. IEEE*, vol. 74, pp. 516-518, Mar. 1986.
- [8] P. Runge, "Phase-locked loops with signal injection for increased pull - in and reduced output phase jitter", *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-24, pp.636, June 1976.
- [9] V. Uzunoglu, "Synchronization and synchronous oscillators", in *advances in communications*, vol. 1. p.437. New York: Reidel, 1980.
- [10] M. Armand, "On the output spectral of unlocked driven oscillators", *Proc. IEEE*, vol. 57, pp.798, May 1969.

정 명 덕



1960년 5월 9일생
1989년 2월 : 부경대학 전자공학과
(공학사)
1991년 2월 : 동아대학교 전자공학과
(공학석사)
1993년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 전

자공학과 박사과정

1979년 11월~1993년 2월 : 한국통신(KTA)근무

1993년 3월~현재 : 부산전문대학 전자통신과 조교수

[주관심분야] 확산대역통신, 통신시스템

박 지 언



1963년 3월 16일생
1989년 2월 : 부경대학 전자공학과
(공학사)
1993년 2월 : 동아대학교 전자공학
과 (공학석사)
1993년 3월 ~ 현재 : 동아대학교

전자공학과 박사과정

1988년 10월~1991년 9월 : (주) 신일전기 자동화사업부
연구팀장

1993년 3월~현재 : 양산전문대학 전자통신과 전임강사

[주관심분야] 마이크로웨이브통신, 통신시스템

변 건 식



1950년 1월 7일생
1972년 2월 : 항공대학교 항공전자공
학과 (공학사)
1980년 2월 : 동아대학교 전자공학과
(공학석사)
1987년 8월 : 영남대학교 전자공학과

(공학박사)

1989년 8월~1990년 7월 : 국립요코하마대학 객원교수

1980년 3월~현재 : 동아대학교 전자공학과 교수

[주관심분야] 확산대역통신, GPS, TCM