

# 주입동기식 주파수합성기를 적용한 무선통신 중계기 구조

남웅태

LIG 넥스원

woongtae.nam@lignex1.com

## A Structure of Wireless Communication Repeater with Injection-Locked Frequency Synthesizer

Nam Woong Tae

LIG Nex1

### 요약

본 논문은 다양한 무선통신에서 신호의 통달거리를 증대해 줄 수 있는 개념인 중계기 설계에 대하여 다룬다. 발진기의 특별한 동작특성인 주입동기(Injection Lock)현상은 발진기에 입력 단을 만들어 특정 주파수신호를 인가하면 출력신호가 입력신호에 동기 되어 발진하는 현상이며, 이 현상을 적용한 주입동기식 주파수합성기를 설계하여 중계기에 적용하였다.

### I. 서론

본 논문에서는 무선통신 중계기를 위한 주입동기식 발진기 설계에 대한 내용을 다룬다. 무선통신의 종류에는 여러 가지가 있지만 특히나 고주파 대역의 주파수를 이용하는 통신종류에 본 논문이 적용될 수 있다. 주입동기식 발진기의 특징들 중 하나는 고주파대역의 주파수 대역에서 효용성이 높다는 것이다. 따라서 mm-wave 대역의 주파수를 사용하는 차세대 상용 무선통신이나 군용위성통신 등에서 다루어질 수 있다. 그리고 무선통신시스템에 실질적인 적용을 위하여 주입동기식 발진기를 기본으로 하는 주파수합성을 구현함으로써 실질적인 구현 및 범용적인 시스템으로 설계내용을 확장할 수 있다.

### II. 본론

주파수 신호는(Frequency Signal)는 통신이라는 개념에 있어서 데이터를 운반하는 가장 중요한 요소이다. 따라서 주파수 신호를 어떻게 활용하고 변조하는지에 따라 통신의 품질과 특성이 다양하게 나타날 수 있다. 본론에서는 주입동기식 발진기를 이용한 중계기의 구조와 주입동기식 발진기를 기반으로 한 주파수합성기의 구조를 다룬다. 무선통신 시스템에서 주파수원(Frequency Source)을 만들어내는 주파수합성기(Frequency Synthesizer or Phase-Locked Loop(PLL))는 통신성능을 결정짓을 수 있는 중요한 회로이며 일반 발진기의 단점을 부수적인 회로들과의 폐루프를 통하여 극복한 회로이다.[1]

주입동기식 주파수합성기를 중계기에 이용하는 이유 중에 하나는 주입동기식 주파수합성기의 출력신호가 입력신호에 그대로 동기 된다는 것이다. 다시 말하자면 주입동기식 주파수합성기는 특정한 주파수의 입력신호를 입력부로 주입받게 되면 출력부로부터 입력받은 특정한 주파수의 출력신호를 얻을 수 있게 된다. 입력신호를 그대로 출력하는 이 특징은 주입동기식 주파수합성기와 중계기의 유사한 동작특성이며 따라서 주입동기식 주파수합성기가 중계기에 적용되기에 적합하다는 것을 알 수 있다.

이미 구축된 무선통신시스템에서 신호의 출력크기와 주파수 등을 쉽게 바꿀 수 없기 때문에 통신망에 중계기가 추가됨으로써 더욱 장거리 무선통신을 가능하게 한다. 중계기는 송신자가 보낸 감쇄되고 왜곡된 신호를 증폭시키고 잡음을 제거하여 원 신호를 그대로 출력하기 때문에 이와 비슷한 동작특성을 보이는 주입동기식 주파수합성기를 이용하여 중계기를 구성할 수 있다. 그림 1은 주입동기식 주파수합성을 이용한 중계기의 구조를 보여준다.

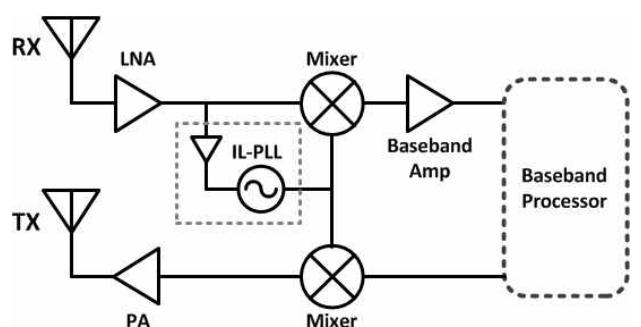


그림 1 주입동기식 주파수합성기가 적용된 중계기 구조

주입동기식 발진기가 적용된 주파수합성기(IL-PLL)는 기본적으로 PFD(Phase-Frequency Detector), CP(Charge-Pump), Loop Filter, FD(Frequency Divider)로 구성할 수 있고 각각 구성요소들의 설계수준에 따라 주파수합성기 성능에 영향을 끼친다. PLL 구조의 주파수합성기를 사용하는 이유는 일반 발진기의 출력신호보다 더 이상적인 주파수신호를 출력하기 때문이다. 특히나 위상잡음(Phase Noise) 특성에서의 차이가 두드러지기 때문에 광대역 통신 및 다중채널 통신시스템에서는 PLL의 사용이 필요하다.[2] 그림 2는 주입동기식 발진기가 적용된 주파수합성기의 구조를 보여준다.

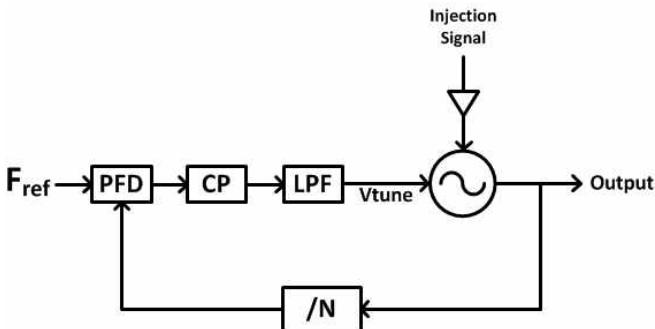


그림 2 주입동기식 빌진기가 적용된 주파수합성기

일반적으로 주파수합성기를 통하여 이상적인 주파수 신호를 얻기 위한 전제조건으로는 빌진기의 기본적인 성능이 뛰어나야 한다는 점이다. 하지만 주입기식 빌진기가 적용된 주파수합성기의 경우 동작특성상 기저대역에서 동작하는 빌진기 이외의 회로들이 심도 있게 설계되어야 한다. 주파수합성기에 주입되는 Injection Signal에 빌진기가 동기 되면 빌진기의 출력 즉, 주파수합성기의 출력신호는 입력된 Injection Signal의 주파수와 동일한 주파수를 출력하게 된다.[2] 이것 동작성이 무선통신 중계기의 특성으로 표현될 수 있으며 그림 3은 그러한 동작을 수행하는 주입동기식 빌진기의 회로도이다. [3]

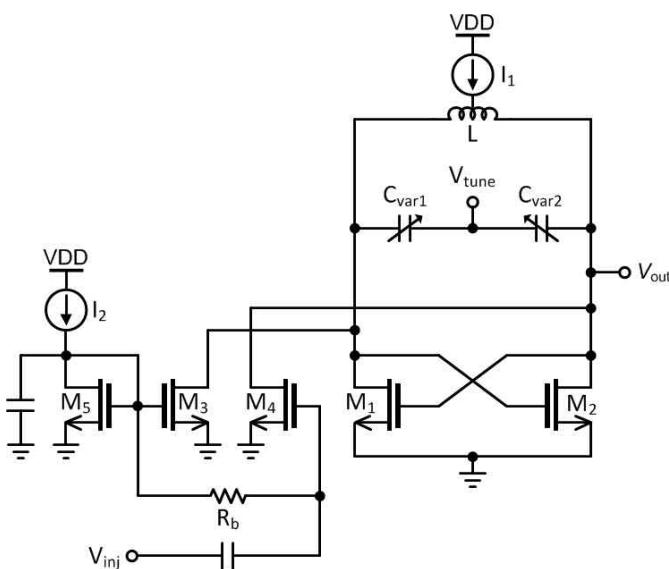


그림 3 주입동기식 빌진기 회로도

주입동기식 빌진기는 안테나를 통해 수신된 신호를 입력으로 받아 동기하여 신호를 증폭하는 동작특성을 가진다. 주입동기식 빌진기의 설계방법으로는 인덕터와 커패시터로 빌진을 하는 LC-빌진기를 기반으로 설계될 수 있다. LC-빌진기는 초고주파 대역의 주파수 신호를 얻을 수 있기에 통신에 사용되는 주파수 대역에 따라 충분히 고려될 수 있는 구조이다. 하지만 LC-빌진기는 높은 주파수 Selectivity를 가지기 때문에 주입동기식 빌진기로 사용하기 위해서는 LC-tank의 Q(Quality)-factor를 낮게 설계함으로써 주입동기식 빌진기로 설계될 수 있다. 그리고 빌진기를 광대역에서 사용하기 위해서 베랙터(Variable Capacitor)를 LC-tank에 추가하여 공진주파수를 조절하여 출력주파수를 조절 할 수 있다. 이를 통하여 특정 주파수뿐만 아니라 특정 범위에 해당하는 통신신호에 대해서 중계기 역할을 수행할 수 있도록 할 수 있다.

### III. 결론

무선통신 중계기는 동작특성상 주파수 정보를 갖고 있는 원신호를 복제 및 증폭해야 한다. 따라서 입력신호를 그대로 증폭하여 출력하는 주입동기식 빌진기를 중계기 설계에 활용할 수 있다. 하지만 주입동기식 빌진기를 그대로 사용하기에는 통신의 품질이 현저히 떨어지므로 주입동기식 빌진기를 적용한 주파수합성기를 구성하여 중계기에 적용한다. 주파수합성기는 합성기라는 이름에 맞춰서 /N 블록의 주파수분배 부분을 제어함에 따라 출력 주파수를 조절 할 수 있다. 따라서 광대역 무선통신의 중계기의 요소로써 적합하다. 하지만 대표적으로 주파수변조 방법의 통신을 중계하는 경우에는 주파수합성기의 회로반응속도가 LPF와 /N 블록을 통하여 충분히 검증되어야 한다.

### 참 고 문 현

- [1] T. Shima, J. Sato, K. Mizuno, and K. Takinami, "A 60GHz CMOS PLL synthesizer using a wideband injection-locked frequency divider with fast calibration technique", in IEEE Asia-Pacific Microw. Conf., pp. 1530–1533, Dec. 2011.
- [2] David Murphy, Q. J. Gu, Y. -C. Wu, H. -Y. Jian, Z. Xu, A. Tang, F. Wang, and M-C. F. Chang, "A low phase noise, wideband and compact CMOS PLL for use in a heterodyne 802.15.3c transceiver", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 46, no. 7, Jul. 2011.
- [3] M. Tiebout, "A CMOS direct injection-locked oscillator topology as high-frequency low-power frequency divider", IEEE J. Solid-State Circuits, Jul. 2004