

論文94-31A-5-7

## 인공위성용 2.8 GHz 국부발진기에 관한 연구

### (Development of a 2.8 GHz Local Oscillator for the Communication Satellite)

權聖埈\*, 林成奎\*\*, 崔鎮鎰\*\*\*, 李相雄\*\*\*, 金尙台\*\*\*\*, 羅克煥\*\*\*\*\*

(Seong Joon Kweon, Seong Kyu Lim, Jin Il Choi, Saang Woong Lee,  
Sang Tae Kim and Keuk Whan Ra)

#### 要約

본 논문에서는 국산화 인공위성 무궁화 1호의 정격에 따라 위성중계기의 수신단에서 Mixer를 통해 14.5 14.8GHz Uplink 주파수를 11.7 12.0GHz Downlink 주파수로 바꾸기 위해 쓰이는 2.8GHz 국부발진기를 설계하였다. 국부발진기는 고안정도와 저위상잡음 특성을 가져야 통신 채널의 범위가 변동되지 않으므로 수정발진기를 사용하여 발생된 주파수를 체배하여 필요한 주파수를 얻을 수 있도록 설계하였다.

트랜지스터 체배기는 효율적인 문제로 인하여 통상 X3 체배 이하에만 적용해왔었으나 본 논문에서는 X4 체배화 하므로써 회로의 간략화를 가져왔다.

#### Abstract

In this paper, It was designed the 2.8GHz local oscillator which convert 14.5 14.8GHz uplink frequency to 11.7 12.0GHz downlink frequency by the receiving mixer on the communication satellite transponder according to the rating of domestic satellite, Mukunghwa 1. To prevent the variation of the communication channel bandwidth, it needs a high stability and low phase noise characteristics. So we designed to get the target frequency by multiplying the output signal from the crystal oscillator.

We got the simplicity of the circuit by manufacturing the X4 multiplier with transistor which is ordinarily used as a device of a below X3 multiplier for the efficiency.

#### I. 서론

\* 正會員, 高等技術研究院 情報通信研究室

(Electronic Signal Processing Lab.,

Institute for Advanced Engineering)

\*\*學生會員, 東洋電子通信(株) 中央研究所

(Oriental Telecommunication Co., R & D Center)

\*\*\*學生會員, \*\*\*\*正會員, 光云大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Kwangwoon Univ.)

\*\*\*\*正會員, 生產技術研究院 技術管理本部 (KAITECH)

接受日字 : 1993年 9月 22日

1945년 Arthur C. Clarke 가 "우주통신위성 (Extra Terrestrial Realy)"이라는 기사를 통해 인공위성중계국의 Network에 관하여 처음 소개한 후 12년만인 1957년 소련에 의해 최초의 인공위성 Sputnik 가 발사되었고 1958년 미국은 Explorer 1이라는 인공위성을 발사하여 본격적인 위성개발사업의 시대가 열리게 되었다. 아울러 세계 각국은 인공위성개발의 중요성을 인식하고 위성개발사업에 적극

참여하여 현재 많은 나라가 위성을 보유하게 되었고 위성을 자체 개발할 수 있는 나라만도 10여국에 이르게 되었다. [1], [2]

이러한 세계적 추세에 따라 국내에서는 위성개발사업이 매우 중요하다는 사실을 인식하고 다소 늦은 감은 있지만 1995년 무궁화 1호를 발사할 예정이며 무궁화 2호부터는 국산화할 수 있도록 연구를 추진중에 있다. 위성개발사업의 후발주자로서 위성관련 연구자료의 공개를 꺼려하는 선진국의 수준에 접근하기 위해 독자적으로 연구개발해야하는 이 시점에 본 논문은 인공위성에서 가장 중요시되는 중계기에 쓰이는 국부발진기를 연구 개발하여 국내 인공위성 개발사업에 일익을 담당함을 주 목적으로 하고 있다.

본 논문에서 설계 및 제작한 방송용 국부발진기는 중계기의 수신단에서 Mixer를 통해 14.5~14.8GHz Uplink 주파수를 11.7~12.0GHz Downlink 주파수로 바꾸기 위해 필요한 2.8GHz의 주파수를 발생시키는데 쓰인다. 특히 고안정도와 저위상잡음 특성을 가져야 통신 채널의 범위가 변동되지 않으므로 중심주파수에서의 주파수변동이  $10^{-6}$  인 수정 발진기를 사용하였으며 증폭과 체배의 과정에서는 구형파 필스를 발생시켜 최종적으로 2.8GHz, +8dBm의 안정된 출력력을 얻을 수 있도록 연구하였다.

체배기의 경우에는 효율적인 문제로 인하여 X3 체배 이하에서만 사용해온 트랜지스터 소자를 기존의 방법과는 달리 X4 체배기에 적용하므로써 회로의 간략화는 물론 가장 문제시되는 제 2 고조파와의 간섭을 배제할 수 있어 안정된 출력을 얻을 수 있도록 하였다. 또한 각 단마다 원하지 않는 고조파는 여파기를 통해 제거하였다. 국부발진기 각 단의 시뮬레이션 및 최적화는 초고주파용 CAD 프로그램인 TOUCHSTONE을 사용하였으며 이를 근거로 제작된 각 단의 측정은 HP8510C Network Analyzer 및 Spectrum Analyzer를 이용하였다.

## II. 국부발진기 설계

### 1. 개요

국산화 인공위성 무궁화 1호의 국내 방송용 국부발진기는 그림 1과 같이 중계기의 수신단에서 Mixer를 통해 14.5~14.8GHz Uplink 주파수를 11.7~12.0GHz Downlink 주파수로 바꾸기 위해 필요한 2.8GHz의 주파수를 발생시키는데 쓰인다. 본 논문에서는 안정도 문제를 최우선으로 고려하여 수정발진기에서 주파수를 발생시킨 후 체배기, 증폭기 및 여파기를 통하여 원하는 주파수와 출력전력레벨을 얻을

수 있도록 구성하였다. 그림 2는 국부발진기의 블럭선도이다.

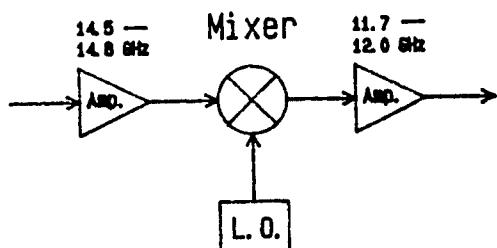


그림 1. 수신단의 블럭선도.

Fig. 1. Block Diagram of Receiving Stage.

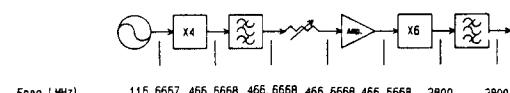


그림 2. 국부발진기의 블럭선도

Fig. 2. Block Diagram of Local Oscillator.

### 2. 수정발진기

국부발진기에서 가장 중요시 되는 문제는 주파수의 안정도이다. 따라서 발진기를 설계함에 있어 대개 R, L, C로 구성된 동조회로는 안정도가  $10^3$ ~ $10^4$  정도 밖에 되지 않으므로 보다 큰 안정도를 요할 때는 안정도가  $10^5$ ~ $10^8$  정도인 수정발진기를 사용하게 된다. 본 논문에서 필요로 하는 발진기는 주파수의 범위를 고려하였을 때 크리스탈이 AT-Cut 5th overtone에 해당되는 것이어야 하므로 이것을 베이스와 접지 경로에 직렬 공진 크리스탈로 연결하여 롤파츠형 수정발진기를 설계하였으며 이에 해당하는 등가회로는 그림 3과 같다. [3], [4], [5]

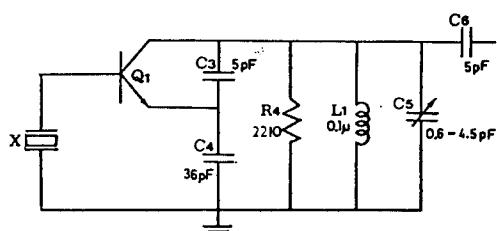


그림 3. 수정발진기 등가회로

Fig. 3. Crystal Oscillator Equivalent Circuit.

크리스탈은 116.6667MHz에서 기판상 베이스와 접지중간의 낮은 임피던스 경로로 연결하여 설계하였으며 그림 3과 같이 L1, C3, C4 및 C5는 발진주파수에서 텅크회로로 구성하였다. 발진기는 C5를 가변하여 주파수를 맞출 수 있다. 수정발진기에서 나오는 신호일자라도 부하의 변화는 안정도에 영향을 미치게 된다. 따라서 주파수 안정도를 피하기 위해서 버퍼증폭기를 달아 부하변동을 방지하였고 이 증폭기에 의해 신호를 +7dBm의 출력 레벨로 증폭시켰다. 이 신호는 X4 채배기와 국부발진기 테스트 포인트로 보내는데 필요한 +4dBm 출력을 만들기 위해 전력 분배기로 나뉘어진다.

### 3. X4 채배기 및 대역통과여파기

#### 1) X4 채배기

지금까지는 수정발진기를 이용하여 발생시킬 수 있는 주파수의 범위가 한정되어 있으므로 필요로 하는 높은 주파수를 얻기 위해서는 채배기를 사용해야 한다. 채배기는 비선형 소자를 이용하여 그것으로 인하여 발생되는 여러가지의 고조파 중에서 필요한 신호를 선택하는 것으로 사용하는 소자에 따라 여러가지 종류가 있지만 흔히 바이폴라 트랜지스터나 다이오드로 구성된 회로를 사용하여 설계한다.<sup>[6] [7]</sup>

트랜지스터 주파수 채배기는 바이폴라 트랜지스터 고유의 비선형 특성을 이용하는데 다이오드를 이용한 주파수 채배기에 비하여 구성방식이 간단하므로 비용이 적게들고 안정도가 높은 장점이 있지만 채배수가 높으면 출력 전력이 낮아지므로 X3 채배 이하에 사용된다. 본 논문에서는 기존의 이러한 방식과 달리 트랜지스터 소자를 이용하여 X4 채배기를 구성하므로써 회로의 간략화와 함께 제 2 고조파로 인한 간섭을 배제하여 안정된 출력력을 얻을 수 있도록 설계하였다. 수정발진기에서 나오는 출력전력레벨은 온도 등으로 인한 외부적 요인에 의하여 다소 변동될 수 있으며 이것은 주파수 채배기의 출력전력레벨을 변화시키는 원인이 된다.

입력주파수의 전력레벨이 변하여도 일정한 출력전력레벨을 유지하기 위해서는 입력신호를 높여 출력파형이 구형파 펄스가 되도록 할 필요가 있다. 따라서 A 급 또는 B급 트랜지스터 증폭기를 이용하여 구성하는 채배기는 이러한 조건을 만족시켜 주는데 B급 증폭기는 흡수의 고조파만을 발생시키므로 본 논문에서는 A급 증폭기를 이용하여 X4 채배기를 설계하였다. A급 증폭기를 이용한 주파수 채배기는 그림 4와 같이 A급 증폭기, 동조회로 및 대역통과여파기로 구성할 수 있다.

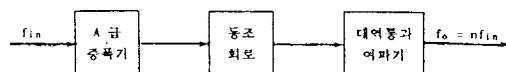


그림 4. 트랜지스터 주파수 채배기

Fig. 4. Transistor Frequency Multiplier.

본 논문에서는 Bipolar Tr. NE02135를 사용하여 정합회로를 구성한 후 초고주파용 CAD 프로그램인 TOUCHSTONE으로 시뮬레이션하여 이를 근거로 제작과 측정을 하였다. 먼저 표 1의 S 파라미터를 이용하여 그림 5와 같이 스미스 선도로 입력정합회로를 설계하였다.<sup>[8]</sup>

표 1. NE02135의 S 파라미터

Table 1. S Parameter of NE02103.

FREQ.	S <sub>11</sub>		S <sub>21</sub>		S <sub>12</sub>		S <sub>22</sub>	
	MAG	DEG	MAG	DEG	MAG	DEG	MAG	DEG
100 MHz	.62	-80	31.13	139	.01	60	.77	-37
500 MHz	.64	-163	9.88	93	.04	46	.26	-79
1000 MHz	.65	176	5.07	75	.06	49	.16	-95
1500 MHz	.64	164	3.45	63	.08	50	.15	-101
2000 MHz	.65	154	2.60	52	.11	51	.16	-111
2500 MHz	.66	142	2.10	40	.13	43	.18	-121
3000 MHz	.66	133	1.81	30	.15	40	.20	-129

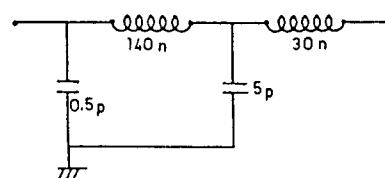
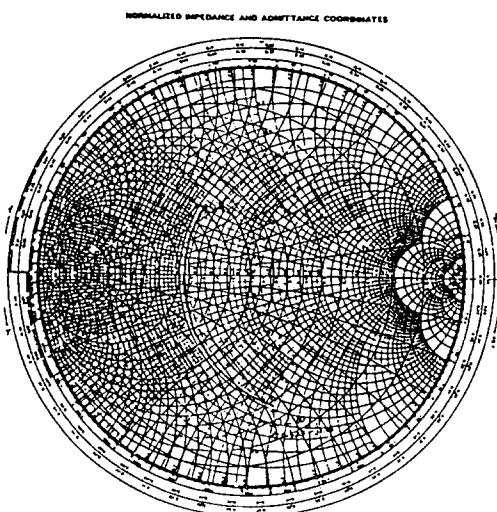


그림 5. 입력정합회로의 설계

Fig. 5. Design of Input Matching Circuit.

이때 각 소자의 값은 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{직렬 } L \quad \text{병렬 } C$$

$$L = \frac{XN}{\omega}, \quad \frac{B}{\omega N} \quad (1)$$

여기서

X 는 스미스 선도에서 구한 리액턴스  
B 는 스미스 선도에서 구한 서셉턴스  
N 은 규준화 임피던스  
 $\omega$  는  $2\pi f$  이다.

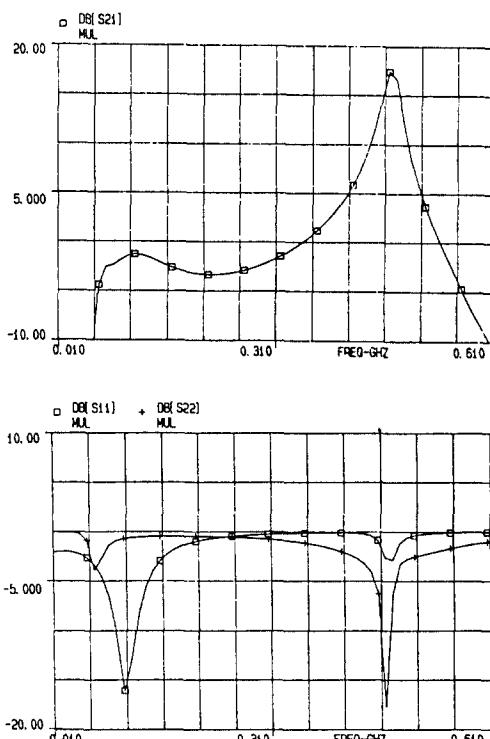


그림 6. X4 주파수 체배기의 시뮬레이션 결과  
Fig. 6. Simulation Result of X4 Frequency Multiplier.

그림 6은 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로 입력반사계수  $S_{11}$ 은 입력주파수부근 116 MHz에서 -16dB였고 이득  $S_{21}$ 과 출력반사계수  $S_{22}$ 는 출력주파수부근 466 MHz에서 각각 17.5 dB와 -17.8 dB를 나타냈다. 또한 출력 3dB 대역폭은 약 30MHz를 나타냈다.  $S_{11}$ 과  $S_{22}$ 는 각각 입력과 출력주파수에서 가장 낮았고  $S_{21}$ 은 출력주파수에서 가장 높으므로 적절한 결과라 할 수 있다. 처음 설계시 안정도 K가 0이하

가 나왔는데 이는 입력과 베이스 사이에서의 에너지 소비가 적어 발진을 일으킨 결과로 볼 수 있다. 따라서 입력과 베이스 및 출력과 컬렉터 사이에 저항을 연결하므로서 약간의 에너지 소비가 발생하여 K가 1이상을 유지할 수 있도록 하였는데 이는 체배기가 무조건 안정상태임을 보여주는 것이다.

## 2) 대역통과여파기

체배기에서 나온 주파수의 출력중 불필요한 고조파는 그 값이 미약할지라도 대역통과여파기에 의하여 제거하므로서 간섭을 방지하여 원하는 주파수만이 통과될 수 있도록 할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 7과 같이 용량성 결합공진기 여파기를 설계하였는데 이 여파기는 협대역용으로 타 고조파로 인한 간섭을 배제하여 필요한 주파수대역만을 얻는데 매우 유용하다.<sup>[9] [10]</sup>

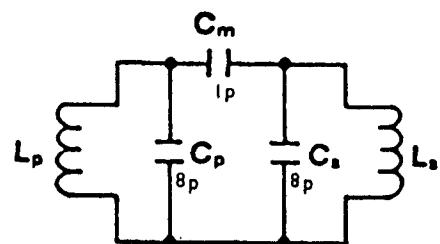


그림 7. 용량성 결합공진기 여파기의 구성

Fig. 7. Configuration of Capacitive Coupled Resonator Filter.

## 4. 감쇠기 및 증폭기

### 1) 감쇠기

X4 체배기의 출력과 증폭기의 입력단 사이에는 감쇠기로 연결하여야 하는데 이는 지나친 입사전력으로 인하여 증폭기에 과부하가 걸려서 발생될지도 모르는 발진을 방지하므로서 증폭기를 무조건 안정상태로 만들어 주기 위한것이다. 감쇠기는 구성방식에 의하여 II형 및 T형이 있다. 그림 8은 II형의 구성도이다.<sup>[11] [12]</sup>

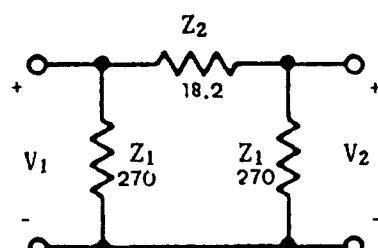


그림 8. 감쇠기

Fig. 8. Attenuator.

그림 8의 회로를 [S] 행렬을 이용하여 입사와 반사 전압을 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} V_1^- \\ V_2^- \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \end{bmatrix} \quad (2)$$

$S_{11}$ 에 관하여 정리하면

$$S_{11} = \frac{V_1^-}{V_1^+} \Big|_{V_2^+} = T \Big|_{V_2^+} = \frac{Z_m - Z_L}{Z_m + Z_L} = 0 \quad \text{이다.} \quad (3)$$

입력과 출력이 모두  $50\Omega$ 으로 정합되어 있으므로

$$Z_m = \frac{Z_1 \left[ Z_2 + \frac{Z_1 Z_L}{Z_1 + Z_L} \right]}{Z_1 + \left[ Z_2 + \frac{Z_1 Z_L}{Z_1 + Z_L} \right]} = 50\Omega \quad \text{이다.} \quad (4)$$

회로가 대칭이 되어 있으므로  $S_{22}$  또한 0이 된다.

$S_{11} = S = 0$  이므로  $V_1^- = V_2^+ = 0$  가 된다.

$$V_2^- = V_2 = V_1 \left[ \frac{\frac{Z_1 Z_L}{Z_1 + Z_L}}{\frac{Z_1 + Z_L}{Z_1 Z_L}} \right] \quad (5)$$

이 회로의 입력전력은  $|V_1^+|^2 / 2Z_0$  이고 출력전력은  $|V_2^-|^2 / 2Z_0$  가 되며 (5)식에 의해

$S_{21} = \frac{V_2^-}{V_1^+} \Big|_{V_2^+}$  이므로 출력전력과 입력전력의 비는 다음과 같다.

$$\frac{|V_2^-|^2 / 2Z_0}{|V_1^+|^2 / 2Z_0} = \left[ \frac{\frac{Z_1 Z_L}{Z_1 + Z_L}}{\frac{Z_1 + Z_L}{Z_1 Z_L}} \right]^2 = \left[ \frac{Z_1 Z_L}{Z_1 Z_L + Z_1 Z_L + Z_1 Z_L} \right]^2 \quad (6)$$

따라서 II형 감쇠기의 이득은 다음과 같다.

$$10 \log \left[ \frac{Z_1 Z_L}{Z_1 Z_L + Z_1 Z_L + Z_1 Z_L} \right]^2 \quad (7)$$

## 2) 증폭기

증폭기는 스텝 리커버리 다이오드를 이용한 X6 체배기에 구동전력을 공급하여 주기 위한 것으로 X4 체배기와 마찬가지로 일정한 출력전력레벨을 얻기 위하여 본 논문에서는 NE02103 트랜지스터를 이용하여 효율이 좋은 B 급 증폭기를 설계하였으며 초고주파용 CAD 프로그램인 TOUCHSTONE으로 시뮬레이션 한후 이를 균거로 제작과 측정을 하였다. 특히 3 dB 용 감쇠기를 증폭기와 함께 하나의 회로상에 설계하여 회로의 간략화를 가져왔다. 그림 9는 시

뮬레이션의 결과로서 이득을 나타내는  $S_{21}$ 과 입출력 반사계수를 나타내는  $S_{11}$  및  $S_{22}$ 를 각각 나타낸 것이다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 주파수 460MHz에서  $S_{21}$ 은 19dB,  $S_{11}$ 은 -9dB,  $S_{22}$ 은 -21dB이므로 필요한 결과로 볼 수 있다.

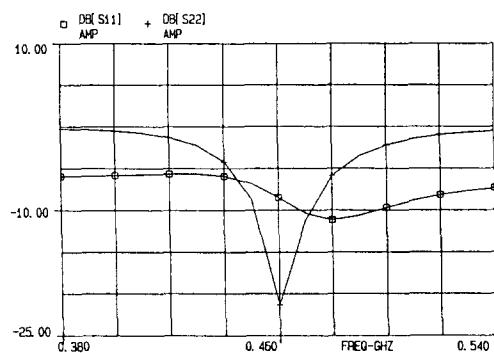
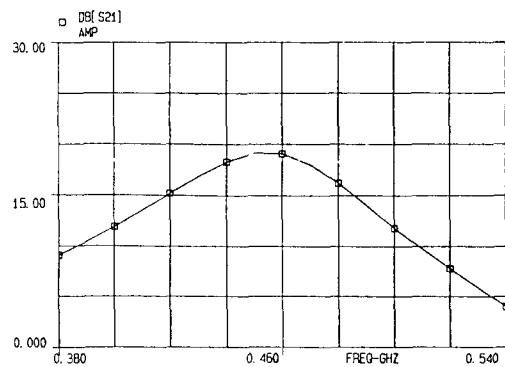


그림 9. 감쇠기와 증폭기의 시뮬레이션 결과

Fig. 9. Simulation Result of Attenuator and Amplifier.

## 5. X6 체배기 및 대역통과여파기

### 1) X6 체배기

앞에서 언급된 바와 같이 스텝 리커버리 다이오드는 주파수를 체배하는데 사용되는 주요 비선형 소자 중의 하나이다. 이 체배기는 회로 자체가 복잡하고 불안정하다는 단점을 가지고 있으나 효율이 우수하기 때문에 주로 X4 체배 이상에서 사용된다. 스텝 리커버리 다이오드를 이용한 체배기의 블럭선도는 그림 10과 같다. <sup>[6]</sup>



그림 10. 스텝 리커버리 다이오드 체배기

Fig. 10. Step Recovery Diode Multiplier.

그림 10에서 RF 구동 증폭기는 앞에서 설명한 바와 같이 다이오드에 필요한 구동전력을 공급하기 위하여 쓰이며 입력 및 출력 정합회로를 구성하는 이유는 보통 다이오드의 임피던스는  $20\sim30\Omega$ 으로  $50\Omega$ 으로 정합시켜서 증폭기 및 여파기와 연결하여 구성시키기 위한 것이다. 그림 11은 임펄스 발생기의 회로도를 나타낸 것으로써 입력 사인파를 주기적인 펄스파로 바꾸어 주는데 쓰이는 것이다.

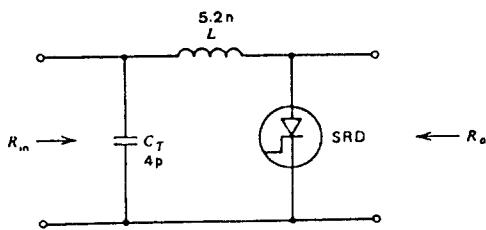


그림 11. 임펄스 발생기

Fig. 11. Impulse Generator.

그림 11의 드라이브 인덕터  $L$ 과 단락 커패시터  $C$ 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$L \equiv \frac{2.31 \times 10^{-2}}{C_R f_o^2} [H] \quad (8)$$

$$C \equiv \frac{1.265 \times 10^{-2}}{L f_o^2} [F] \quad (9)$$

식 (8)에서  $C_R$ 은 다이오드 커패시턴스를 의미하며 입·출력 주파수를 나타내는  $f_o$ ,  $f_{in}$ 의 단위는 hertz이다. 단락 커패시터  $C$ 에서는 드라이브 인덕터  $L$ 을 가변시킴으로서 원하는 고조파 이외의 고조파를 차단시켜 주는 역할을 한다.

## 2) Comline 대역통과여파기

X6 체배기에서 나온 출력은 대역통과여파기를 거쳐 필요로 하는 주파수만을 통과시킴으로서 불필요한 고조파로 인한 간섭이 일어나지 않도록 하여야 한다. 이를 만족 시켜주기 위해 본 논문에서는 Comline 여파기를 사용하였다. Comline 여파기는 제작시 부피가 작고 설계가 쉬운 장점을 가지고 있다.<sup>[13]</sup> 그림 12는 Comline 대역통과여파기의 구성도를 나타낸 것으로 공진기의 한쪽은 단락시켜 접지 시켰고 나머지는 커패시터와 연결되었으며 커패시터를 가변시킴으로서 원하는 여파기의 특성을 얻을 수 있다. 그림에서 0와  $n+1$ 은 임피던스 변환을 위한 것이다. 중심 주파수는 2.8GHz이고 6pole의 Chebyshev 형태로 구성하였다.

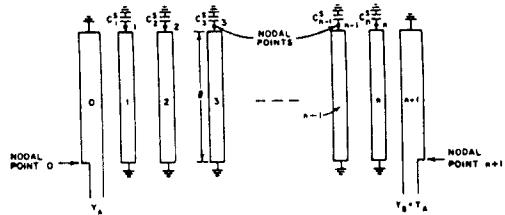


그림 12. Comline 대역통과여파기의 구성

Fig. 12. Configuration of Comline Band Pass Filter.

## III. 제작 및 측정

그림 13은 제작된 수정발진기이고 그림 14는 측정된 특성 결과로서 중심주파수  $116.6667\text{MHz}$  ( $= f_0$ )를 중심으로 그림 3의 C5를 가변시켜서 출력  $+4\text{dBm}$ 을 얻을 수 있는 범위를 나타낸 것이다.

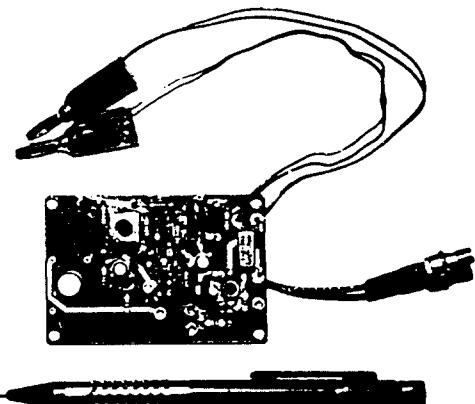


그림 13. 제작된 수정발진기

Fig. 13. Manufactured Crystal Oscillator.

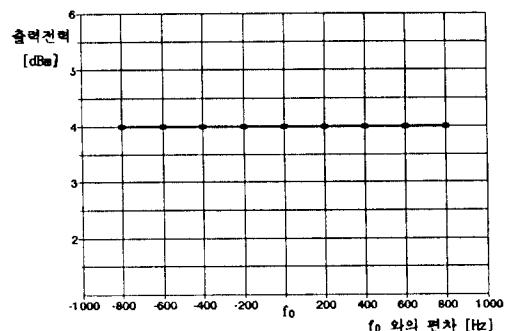


그림 14. 수정발진기의 조절범위

Fig. 14. Tuning Range of Crystal Oscillator.

그림 15는 제작된 X4 체배기로써 기존의 방식과 달리 스텝 리커버리 다이오드를 사용하지 않고 바이폴라 트랜지스터를 사용하여 회로의 간략화를 가져왔다. 그림 16은 Spectrum Analyzer로 측정된 X4 체배기의 특성을 나타내주는 결과이다.

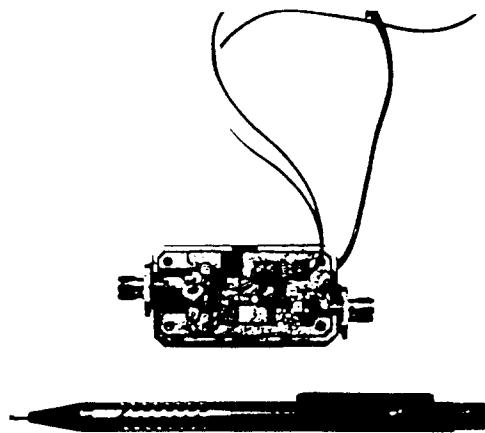


그림 15. 제작된 X4 주파수 체배기

Fig. 15. Manufactured X4 Frequency Multiplier.

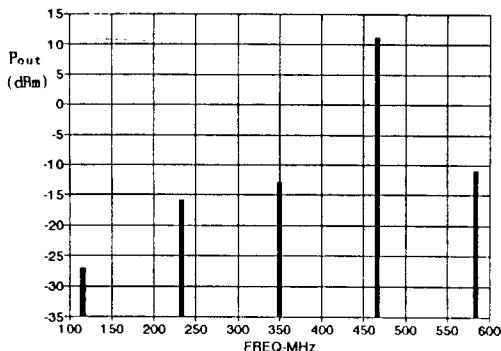


그림 16. X4 주파수 체배기의 측정결과

Fig. 16. Test Result of X4 Frequency Multiplier.

그림 16에서 볼 수 있듯이 전력레벨이 +4dBm인 입력주파수 116.6667MHz가 인가되었을 때 출력주파수는 466.6668MHz에서 +10.5dBm의 전력레벨이 나왔다. 특히 X3 체배와 X5 체배의 출력전력레벨이 4 체배의 출력전력레벨과 20dB의 차를 보이므로 좋은 결과라 할 수 있다.

그림 17은 제작된 여파기를 나타낸것이고 그림 18은 측정된 결과를 나타낸것이다. 측정결과 중심주파수에서 삽입손실  $S_{21}$ 이  $-2.5\text{dB}$ 이고 반사손실  $S_{11}$ 은  $-39\text{dB}$ 임을 알 수 있으며 특히 3차와 5차의 고조파에서 삽입손실  $S_{21}$ 의 값이  $-30\text{dB}$ 이상이므로 좋은 결과

라 할 수 있다.

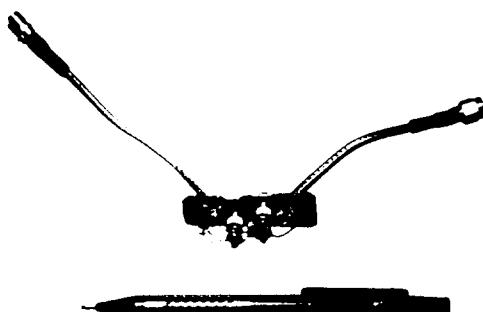


그림 17. 제작된 용량성 결합공진기 여파기

Fig. 17. Manufactured Capacitive Coupled Resonator Filter.

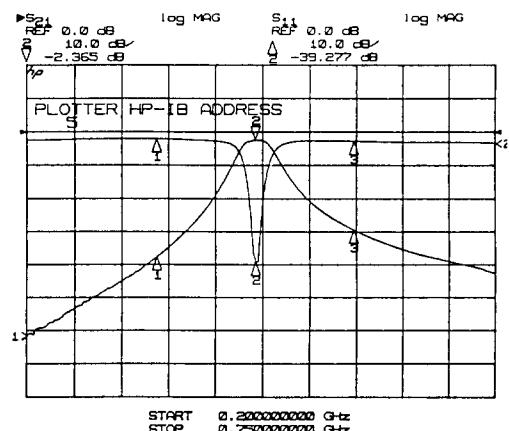


그림 18. 용량성 결합공진기 여파기의 측정결과

Fig. 18. Test Result of Capacitive Coupled Resonator Filter.

그림 19는 제작된 감쇠기와 증폭기를 나타낸것이다.

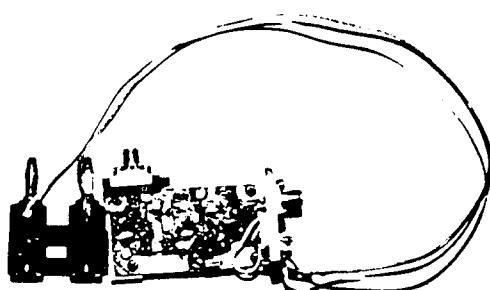


그림 19. 제작된 감쇠기 및 증폭기

Fig. 19. Manufactured Attenuator and Amplifier.

제작된 감쇠기와 증폭기를 측정한 결과는 시뮬레이션 결과와 다소 차이를 보였으나 반복된 조절을 통해 원하는 값을 얻을 수 있었다. 그럼 20은 466.6668MHz에서 측정된 입력전력과 출력전력레벨을 비교한것으로 +8dBm의 입력전력레벨로 인하여 +19.5dBm의 출력전력레벨이 나왔다. 따라서 3dB감쇠기를 감안 한다면 증폭기만의 이득은 14.5dB임을 알 수 있다. 또한 입력전력이 +7dBm일때 부터 출력전력이 거의 일정한 상태를 유지하므로 주변온도의 변화에도 안정된 출력을 X6 주파수 체배기에 보낼 수 있다.

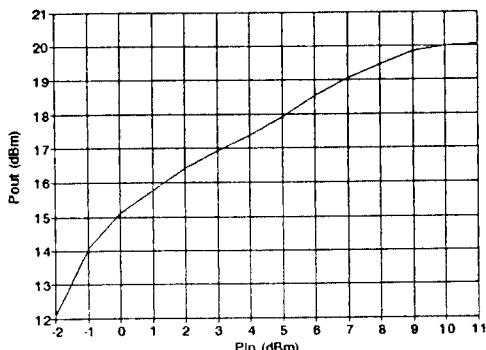


그림 20. 감쇠기와 증폭기의 측정 결과

Fig. 20. Test Result of Attenuator and Amplifier.

그림 21은 스텝 리커버리 다이오드를 이용하여 제작된 X6 체배기를 나타낸 것이며 그림 22는 Spectrum Analyzer로 측정한 특성 결과이다. 그림 22에서 보듯이 X6체배 주파수에서 출력전력레벨이 +10dBm이므로 삽입손실  $S_{21}$ 은 -9.5dB이며 X5 체배와 X7 체배 주파수의  $S_{21}$ 과 25dB의 차를 나타내므로 적당한 결과라 할 수 있다.

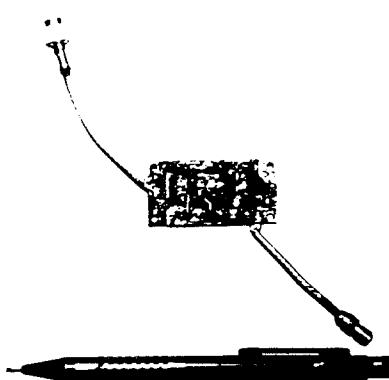


그림 21. 제작된 X6 스텝 리커버리 다이오드 체배기

Fig. 21. Manufactured X6 Step Recovery Diode Multiplier.

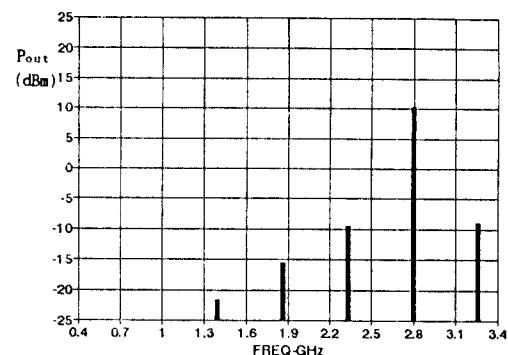


그림 22. X6 스텝 리커버리 다이오드 체배기의 측정 결과

Fig. 22. Test Result of X6 Step Recovery Diode Multiplier.

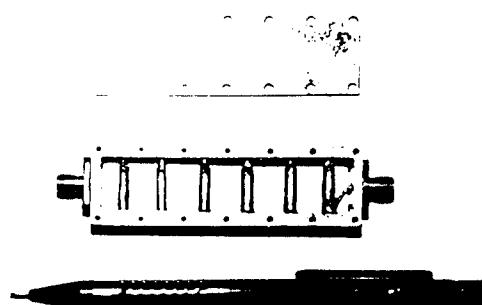


그림 23. 제작된 Comline 대역 통과 여파기

Fig. 23. Manufactured Comline Band Pass Filter.

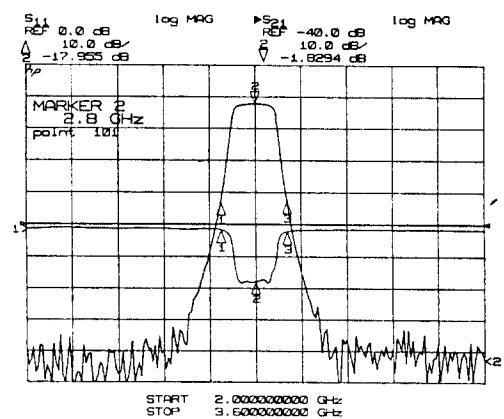


그림 24. Comline 대역통과여파기의 측정 결과

Fig. 24. Test Result of Comline Filter.

그림 23은 제작된 Comline 여파기를 나타낸 것이고 그림 24는 측정된 특성 결과이다. 중심주파수 2.8GHz에서 삽입손실  $S_{21}$ 은 2dB, 반사손실  $S_{11}$ 은 -18dB이며 470MHz에서  $S_{21}$ 은 -80dB이하로서 X5 체배 및 X7 체배의 주파수가 간섭을 일으킬 수 있으므로 좋은 결과라 할 수 있다.

## 6. 시스템 구성

이제까지 설계하여 제작된 국부 발진기의 측정결과를 주파수, 이득 및 전력레벨로 표시한 블럭 선도는 그림 25와 같다.

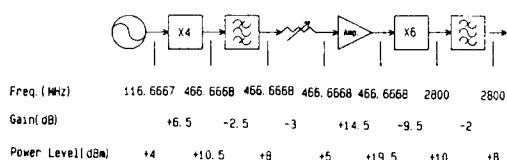


그림 25. 국부 발진기의 블럭 선도

Fig. 25. Block Diagram of Local Oscillator.

## IV. 결 론

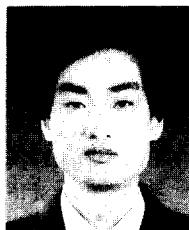
본 논문에서 설계한 국부발진기는 인공위성 중계기의 수신단에서 Mixer를 통해 14.5~14.8GHz Uplink 주파수를 11.7~2.0GHz Downlink 주파수로 바꾸기 위해 2.8GHz의 주파수를 발생시키는데 쓰인다. 특히 고안정도와 저위상잡음 특성을 가져야 통신 Channel의 범위가 변동되지 않으므로 고안정도와 저위상잡음에 주안점을 두고 설계하였다. 이를 위하여 안정도가 매우 높은 수정 발진기를 이용하여 116.6667MHz 주파수를 발생시켰고 체배, 증폭 및 여파기를 거친으로서 +8dBm의 2.8GHz 주파수를 발생 시켰다. 특히 체배기와 증폭기는 회로 내에서 구형파 펄스를 발생시킴으로 입력전력레벨이 변하더라도 일정한 출력전력레벨이 나올 수 있도록 설계하였고 대역통과 여파기는 원하지 않는 주파수를 제거하여 필요한 주파수에 간섭을 일으키지 못하도록 설계하였다. 인공위성 중계기용 국부발진기는 제작방법이나 성능이 각 제조사의 Know-How로 기밀에 붙어

지는 현 시점에서 본 논문은 기존의 국부발진기를 좀 더 개량하고 변형시켜 X3 체배 이하에만 적용해온 트랜지스터 체배기를 X4 체배기에 적용하므로써 기존의 방법과는 달리 안정도 및 회로의 간략화를 가져왔다.

## 参考文献

- [1] Frank Baylin et al., Satellite, Off-Air & SMATV, ConSol Network Inc.
- [2] Robert L. Douglas, Satellite Communications Technology, Prentice - Hall Inc., 1988.
- [3] Benjamin Parzen, Design of Crystal & Other Harmonic Oscillators, John Wiley & Sons Inc., 1983.
- [4] Randall W. Rhea, Oscillator Design & Computer Simulation, Eagleware Inc., 1990.
- [5] Gary A. Breed, Oscillator Design Handbook, Cardiff Inc., 1990.
- [6] Vadim Manassewitsch, Frequency Synthesizers, John Wiley & Sons, 1987
- [7] Herbert L. Krauss et al., Solid State Radio Engineering, John Wiley & Sons, 1980.
- [8] NEC Tr. Databook
- [9] Stephen J. Erst, Receiving Systems Design, Artech House Inc., 1984
- [10] Chris Bowick, RF Circuit Design, Howard W. Sams & Co Inc., 1985.
- [11] Arthur B. Williams et al., Electronic Filter Design Handbook, McGraw-Hill Inc., 1988.
- [12] David M. Pozar, Microwave Engineering, Addison-Wesley Inc., 1990.
- [13] George L. Matthaei, Microwave Filter, Impedance-Matching Networks, & Coupling Structures, Artech House Inc., 1980.

## 著者紹介



權 聖 塚(正會員)

1966年 9月 22日生. 1991年 2月  
광운대학교 전자공학과 학사.  
1993年 2月 광운대학교 대학원 전  
자공학과 석사. 1993年 4月 1993  
年 12月 금성통신(주) 연구원.  
1994年 1月 ~ 1994年 4月 현재  
고등기술연구원 정보통신연구실 연구원. 주관심 분야  
는 초고주파 회로설계, 위성통신 및 개인휴대통신 시  
스템 등임.



林 成 奎(學生會員)

1969年 10月 25日生. 1992年 2  
月 광운대학교 전자공학과 학사.  
1994年 2月 광운대학교 대학원  
전자공학과 석사. 1994年 1月 ~  
1994年 4月 현재 동양전자통신  
(주) 중앙연구소 연구원. 주관심  
분야는 초고주파 회로설계, 위성통신 및 마이크로파  
디지털 통신 등임.



李 相 雄(學生會員)

1967年 11月 17日生. 1992年 2月  
경기대학교 전자공학과 학사.  
1994年 2月 광운대학교 대학원 전  
자공학과 석사. 1994年 3月 ~  
1994年 4月 광운대학교 대학원 전  
자공학과 박사과정. 주관심 분야  
는 초고주파 회로설계, 위성통신 및 마이크로파 디지  
털 통신 등임.

李 相 雄(學生會員) 第 30 券 A編 4 號 參照

현재 광운대학교 대학원 전자공학과  
박사학위 과정중.

羅 克 煥(正會員) 第 28 券 A編 9 號 參照

현재 광운대학교 전자공학과 교수

金 尚 台(正會員)

1962年 3月 19日生. 1985年 2月 아주대학교 전자공  
학과 학사. 1987年 2月 아주대학교 대학원 전자공학  
과 석사. 1991年 3月 ~ 1994年 4月 현재 생산기술  
연구원 기술관리본부 선임연구원. 주관심 분야는 초  
고주파 회로설계 및 위성통신 등임.