

CATV Head/End용 Up-Converter의 개발 (A Study on the Development of Up-Converter for CATV Head/End Application)

임 경 택*
(Kyung-Taek Lim)

요 약 본 논문은 CATV Head/End에 사용되는 54~750 MHz용 업 컨버터(Up-Converter)를 개발하였다. 업 컨버터를 구성하는 증폭기, 주파수 혼합기, 전압제어 발진기 등 핵심 회로들을 개별적으로 설계 제작하고, 이들 각 회로를 전체 모듈에 적용하여 기구물 안에 구현할 수 있도록 하여 소형, 경량을 실현하였으며, 고주파 대역에서 적절한 차폐기술을 확보하는데 주안점을 두었다.

Abstract In this paper, we have developed the Up-Converter for CATV Head/End using 54 ~750 MHz. We have individually designed and fabricated the main circuit of Up-converter such as Amplifier, frequency mixer, Voltage Controlled Oscillator(OSC), and we have realized the implementation for System Module in each circuit, so we have achieved a small size, light weight. and we have focused to have a shielding technique in high frequency bandwidth.

1. 서 론

CATV는 1949년 미국 오리건주(Oregon) 아스토리아 지방에서 TV 전파 수신에 관한 산간지역에 있어서 전파가 미약한 지역의 가까운 산 위 또는 난청지역에 공동수신 안테나를 설치하여 수신된 공중파를 유선 케이블로 전송하여 각각의 가입자에게 분배하는 방식으로 난시청 해소 기능을 갖는 공동수신 시스템으로 시작되었으며, 이후 공중파 방송과 대응하여 유선방송시스템이라는 개념으로 사용되었다. 그러나 근래에 와서는 가입자의 욕구가 증대되어 위의 기능뿐만 아니라 광대역, 다채널 및 컴퓨터와 결합하여 쌍방향 기능을 갖추어서 기존의 음성 및 영상 전송뿐만 아니라 디지털 데이터서비스를 이용한 인터넷 TV로 발전하고 있는 추세이다. 즉 방송 프로그램의 단순 전송의 기능에서 벗어나 이제는 CATV 모델을 이용한 고속 인터넷 서비스까지 등장하고 있으며 TV와 컴퓨터 기능이 합쳐지는 추세로 발전할 예정이다.

CATV 시스템은 기본적으로 유선방송국에서 공동수신 안테나를 통해 TV 방송국의 전파수신(공재송신)과 자체에서 제작되는 프로그램(자주방송)을 결합하여 가입자에게 분배하면 가입자는

TV 수신기나 전용 셋톱박스(set-top box)를 이용해 원하는 채널을 수신하도록 되어 있다. CATV 방송 장비는 고도의 기술을 요하며 그 중에서 여러 개의 채널을 송신하거나 선택적으로 수신하기 위한 프론트엔드 부분은 RF를 이용하며 방송국(H/E : Head/End)에서는 각각의 채널을 상대적으로 낮은 주파수로 받아서 해당되는 채널 주파수로 바꾸어서 가입자에게 보내는 장치를 이용하고 이것을 업 컨버터(Up-Converter)라고 하며, 반대로 가입자 측에서는 셋톱박스나 TV 자체에 내장된 튜너를 이용해 원하는 채널만 선택해 상대적으로 낮은 일정한 주파수로 수신하게 되며 이 장치를 다운컨버터(Down-Converter)라고 부른다.

다운컨버터의 경우 모든 TV 및 비디오 장치에 들어 있으며 일반적으로 튜너라고 불리고 있다. 현재 다운컨버터 모듈은 삼성이나 LG등 국내 대기업에서 자체 생산해서 사용하고 있으며 모든 TV 수상기에 적용되므로 시장도 큰 편이다. 한편 방송국에 들어가는 튜너인 업컨버터의 경우는 국내에서 상용화 되 팔리는 제품은 없고 기술도 다운컨버터에 비해 어려운 편이다.

현재 미국의 NTSC 방식의 CATV에서는 기존의 50~550MHz 출력 주파수를 갖는 업컨버터를 일본의 NEC등에서 납품 받아 사용하고 있으나 소비자의 다양한 욕구로 디지털TV등의 새로운 채널의 필요성에 의해 54~750 MHz 대역을 출력 주파수로

* 시립인천전문대학 전자과

갖는 업 컨버터로 교체를 하는 중이다. 그러나 기술적으로 후자의 업 컨버터는 전자에 비해 저가의 광대역 주파수 혼합기 및 전압제어 발진기 등을 하나의 기구 안에 저가로 구현해야 하므로 상당히 어려운 문제로 인식되어 있다. 한편 이러한 추세에 따라 광대역 튜너용 개별회로에 필요한 반도체 부품들도 속속 개발되어지고 있다.

본 연구에서는 54~750 MHz에서 사용할 수 있는 업 컨버터의 개별 회로를 설계하고, 제작기술을 연구하여 PCB 제작과정을 거쳐, 시험 후 개선작업을 거쳐서 신뢰성 있고 경쟁력 있는 제품을 만들고자 한다.

2. 개발의 주요점

본 연구에서 개발하고자 하는 CATV 업 컨버터는 그림1과 같이 H/E에 들어간다. 대략적인 원리를 보면 일반적인 케이블 TV의 경우 45 MHz 주파수로 여러 방송국 신호가 들어오면 각각의 방송에 해당되는 채널 주파수로 개별의 업 컨버터를 사용하여 상향 변환시킨 후 전체 신호를 결합하여 하나의 케이블을 이용하여 전송시킨다. 이때의 출력 주파수는 케이블 방송의 채널 별로 54에서 750 MHz까지이다.

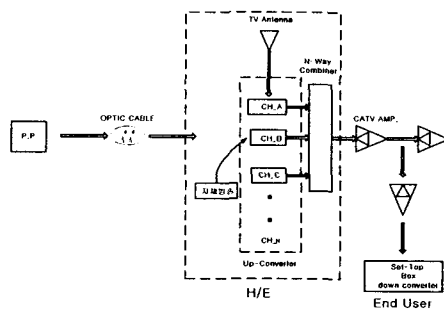


그림 1. CATV 방송 개념도.

Fig. 1. CATV Broadcasting system Block Diagram

CATV 업 컨버터는 현재 50~550 MHz 출력 주파수로 현재 사용되고 있다. 그러나 54~750 MHz 대역을 갖는 업 컨버터의 경우는 상대적으로 높은 주파수와 넓은 대역폭을 필요로 하므로 기술적인 어려움이 있는데, 이는 첫째 주파수 혼합기, 전압제어 발진기, 증폭기 등 회로소자들이 더 넓은 주파수 대역에서 동작하고 균일한 성능을 나타내어야 하고, 둘째 튜너는 가전제품 개념이므로 소형, 경량, 저가의 기구물안에 많은 기능의 RF 부품을 실현해야 하므로

로 차폐(Shielding)기술이 고도화되어야 하며 특히 주파수 대역이 높아지면 그 기술 자체가 훨씬 어려워진다.

셋째 튜너에 들어가는 반도체 부품들은 기존의 업 컨버터에는 저가로 이용할만한 부품이 많지만 본 연구에서 개발하고자 하는 업 컨버터의 경우는 중간 주파수가 1 GHz 근처가 되어야 하고 두 번째 전압제어 발진기의 경우 1 GHz에서 2 GHz 까지 넓은 주파수 범위에서 동작하도록 해야 하며 증폭기 및 주파수 혼합기도 역시 같은 동작특성이 필요하므로 일반적인 기술보다 상대적으로 상당히 어려운 기술을 요한다.

본 연구에서는 기존의 50~550 MHz 업 컨버터와 같은 소형, 경량, 저가의 모듈을 54~750 MHz 용으로 개발하기 위해 증폭기소자, 주파수 혼합기, 전압제어 발진기 등의 핵심소자들을 개별적으로 연구 개발하고 이러한 부품들을 모듈에 적용하여 기구물안에 구현할 수 있도록 절적인 차폐기술을 확보하는데 있다.

3. 개발 회로

본 연구에서 개발하고자 하는 부분 회로의 대략적인 성능과 구체적이 블록 다이어그램은 그림2에 나타내었고 주요 회로는 다음과 같다.

45 MHz LPF, 45 MHz 대역의 LNA, 960 MHz 주파수 혼합기(up-converter), 960 MHz BPF, 915 MHz 대역 전압제어 발진기, 1~1.8 GHz 광대역 전압제어 발진기, 1~1.8 GHz 대역의 주파수 혼합기(down-converter), 915 MHz 및 1~1.8 GHz 완충증폭기, 750 MHz LPF, 50~750 MHz 증폭기, 400 MHz/400~750 MHz 주파수 선택 필터 등이 있다.

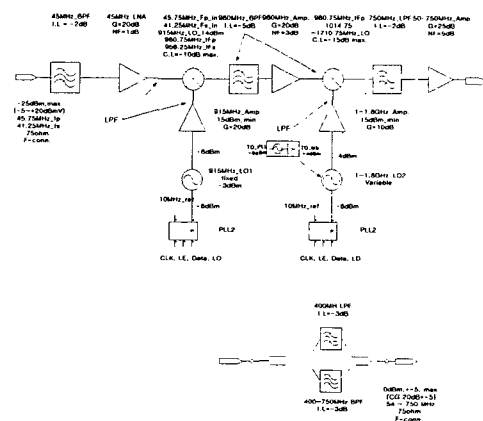


그림 2. CATV H/E 용 up-converter 의 블록도.

Fig. 2. Block diagram of Up-converter

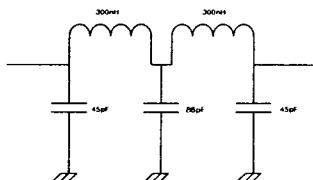
본 연구에서 개발하고자 하는 업 컨버터의 요구 조건은 다음과 같다.

- Output Frequency : 54 - 750 MHz
- In/Out impedance : 75Ω
- Input Return Loss : 6dB 이상
- Input Level : -5 - +20dBmV
- Input Frequency Accuracy : 50 KHz max.
- Output Return Loss ; 10dB 이상
- Intermediate Frequency : 960.75MHz_{fp}(picture), 956.25MHz_{fs}(sound)
- Conversion Gain : 25±5dB
- Gain Flatness : ±2dB(accross 4.5MHz)
- Gain Drift : ±3dB(@ 10 - 50°C)
- AGC Range : 20dB min.
- AGC Control Voltage : 0V - 4V(Max. Gain @4.0V)
- Power Requirements : +9VDC ±5%, 95mA, +5VDC ±5%, 280mA
- VCO tuning Voltage : 1-30V
- Phase Noise : >80dBc/Hz (C+20KHz, 1KHz BW)
- Tuning Systems : 3-wire Bus
- Noise Figure : 14dB max.
- Cross Modulation : <-55dB(@+5dBmV Input)
- 2nd/3rd Order Beats : <-55dB
- In/Out Isolation : <-65dB
- Backtalk : <-30dB

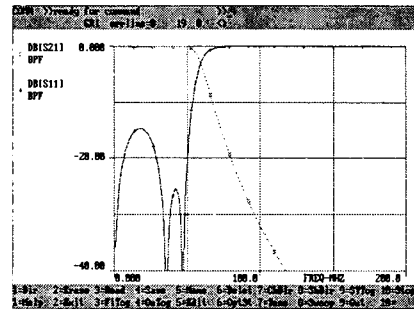
4. 개별회로 설계 및 실험

개별회로 설계를 위하여 EEsof사의 터치스톤(Touchstone)을 이용하여 설계하였고, 이에 대한 측정 결과는 다음과 같다.

45 MHz LPF회로 : 그림 3과 같이 75(Ω)임피던스를 고려하여 설계한 경우, 45.7MHz(f_p)와 41.25 MHz(f_s)를 얻었고 I.L=-2dB의 값을 얻었다.



(a) 45 MHz LPF 회로.

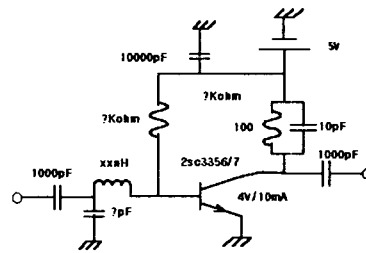


(b) 회로 측정결과

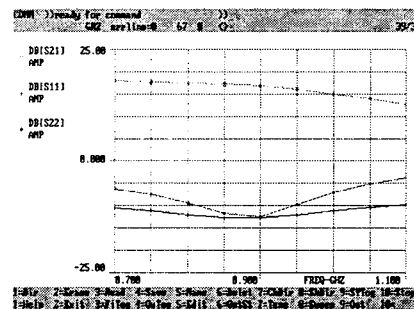
그림 3. 45 MHz LPF 회로와 측정결과.

Fig. 3. 45 MHz LPF circuit and Measured values.

45 MHz LNA : Gain=18 dB, NF=3 dB 이하, Rloss = -12dB 이하인 근접된 목표치를 얻었다.



(a) 45 MHz LNA



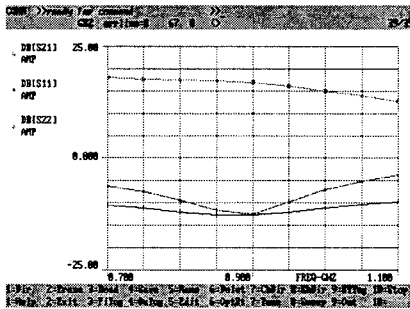
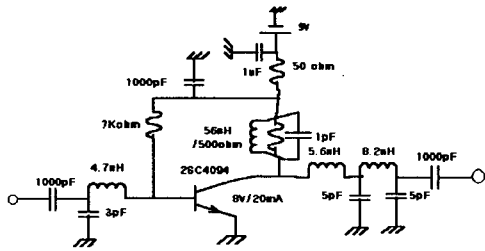
(b) 회로 측정결과.

그림 4. 45 MHz LNA와 측정결과.

Fig. 4. 45 MHz LNA and Measured values.

915 MHz 완충 증폭기 : Gain = 18 dB이상, P_{1dB} = 17 dBm 이상, Rloss = -12 dB 이하

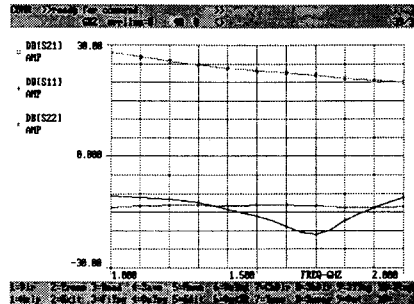
(a) 915 MHz 완충 증폭기.



(b) 회로 측정결과.

그림 5. 915 MHz 완충 증폭기와 측정결과
Fig. 5. 915 MHz Buffer Amplifier and Measured values.

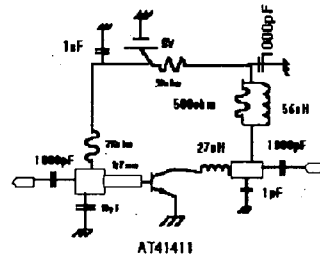
1~2 GHz 완충 증폭기 : Gain = 20 dB이상, P_{1dB} = 17 dBm 이상 Rloss = -12dB 이하



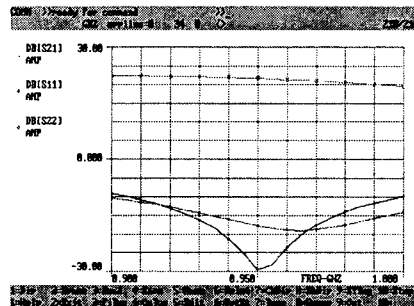
(b) Measured values of Fig. 7.

그림 6. 1~2 GHz 완충 증폭기
Fig. 6. 1~2 GHz Buffer Amplifier

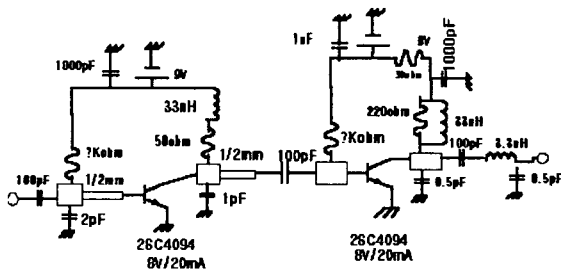
960 MHz IF 증폭기 : Gain = 20 dB이상, P_{1dB} = 17 dBm 이상 Rloss = -15 dB 이하



(a) 960 MHz IF 증폭기



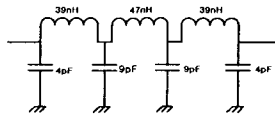
(b) 그림(a)의 측정결과



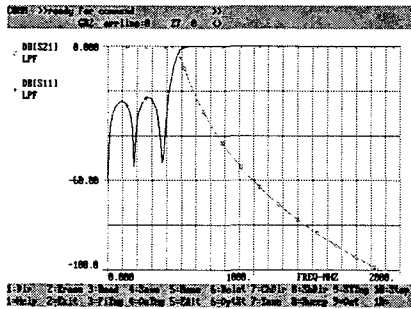
(a) 그림 7. 1~2 GHz 완충 증폭기.

그림 7. 960MHz IF 증폭기
Fig. 7. 960 MHz IF Amplifier

400 MHz LPF회로 : 75(Ω) system.



(a) 400 MHz LPF 회로.

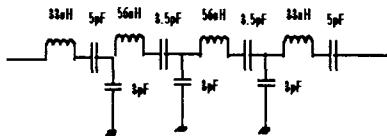


(b) 400 MHz LPF 측정결과

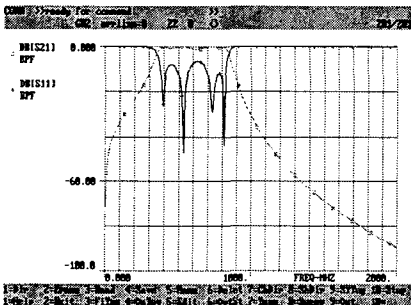
그림 8. LPF 회로와 측정결과.

Fig. 8. LPF circuit and Measured values.

BPF회로 : 400~750 MHz 75(Ω) system.



(a) 400~750 MHz BPF 회로.



(b) 400~750 MHz BPF 측정결과.

그림 9. 400~750 MHz BPF 회로.

Fig. 9. 400~750 MHz BPF circuit and Measured values.

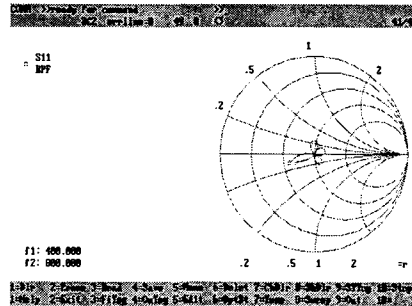


그림 10. 400~750 MHz BPF, 75(Ω) 시스템.

Fig. 10. 400~750 MHz BPF, 75(Ω) system.

BPF 회로(960 MHz) :

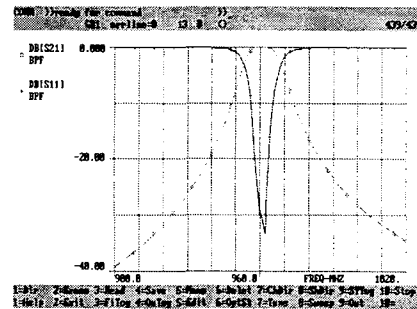


그림 11. 960 MHz BPF 실험결과.

Fig. 11. 960 MHz BPF Experimentation result.

45 MHz LPF, 45 MHz 대의 LNA, 960 MHz 주파수 혼합기(up-converter), 960 MHz 대역 전압제어 발진기, 1~1.8 GHz 광대역 전압제어 발진기, 1~1.8 GHz 대역의 주파수 혼합기(down-converter), 915 MHz 및 1~1.8 GHz 완충증폭기, 750 MHz LPF, 50~750 MHz 증폭기, 400 MHz/400~750 MHz BPF 등의 개별회로 설계 목표치에 근접할 수 있도록 설계하였고, 이와같은 개별회로를 이용하여 그림 12와 같이 설계된 NTSC 업 컨버터 회로는 전체회로에 대한 설계목표치를 대부분 충족됨을 확인하였다.

그림 13은 그림 12의 업 컨버터 회로에 대한 PCB 레이아웃도를 나타낸 것이다.

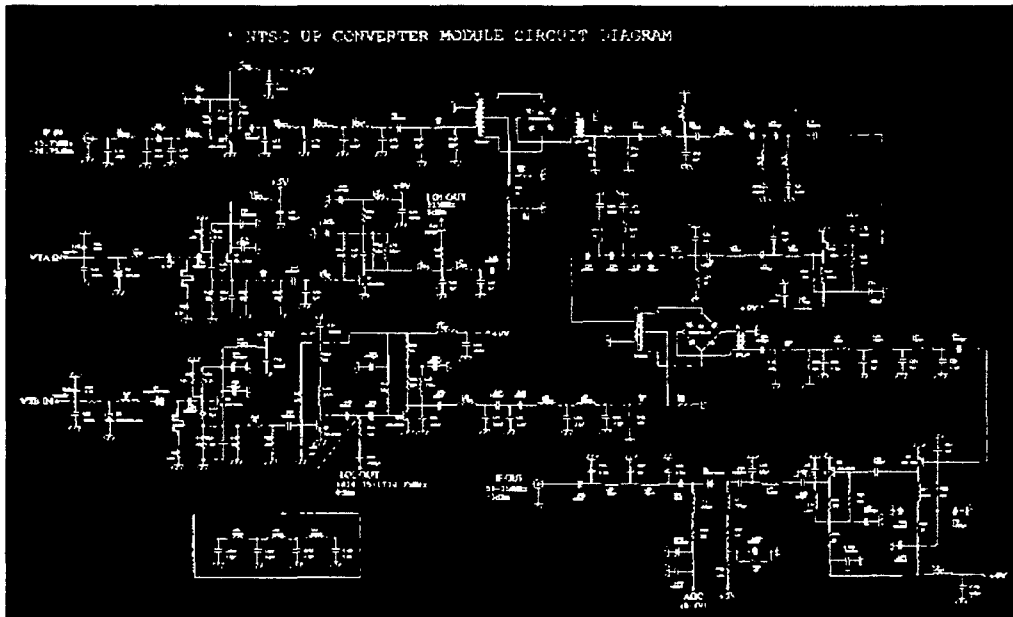


그림 12. NTSC 업컨버터 전체회로도.
Fig. 12. NTSC Up-Converter Circuit Diagram.

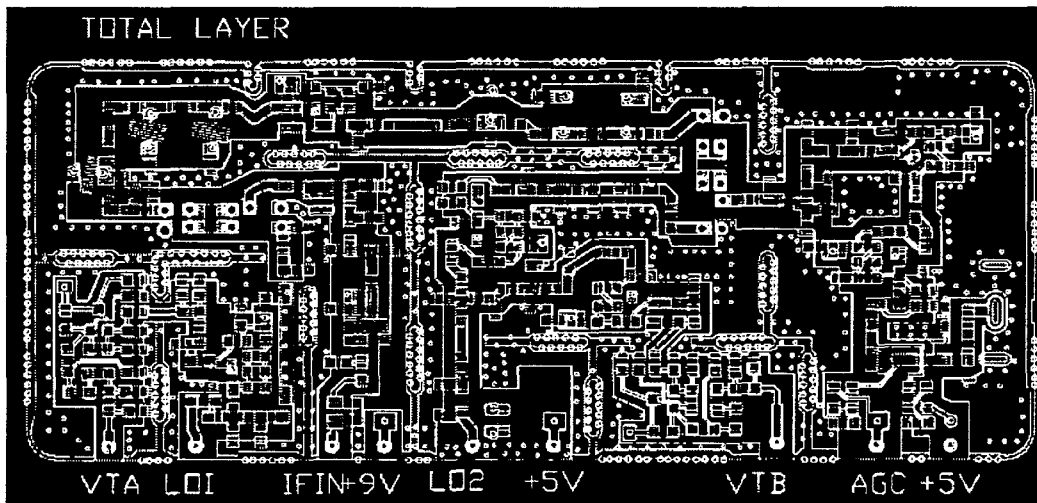


그림 13. PCB 레이아웃도.
Fig. 13. PCB lay out Diagram.

4. 결론

본 연구에서는 CATV 업 컨버터의 기본 회로를 CAD 툴을 이용하여 설계하였으며 전체 회로의 PCB를 제작을 하였다. 현재 개발된 상태는 성능은 만족할만하나 가격경쟁이 다소 부족하여 가격을 낮출 수 있도록 추후 보완 및 검토를 계속해 나갈 방침이다.

본 연구에서 개발한 기술은 CATV H/E 시스템에 적용할 수 있으며 NTSC(National Television System Committee) 업 컨버터 용으로 수출할 수 있는 계기를 만들 수가 있고, 둘째 이러한 기술을 바탕으로 주파수 혼합기 및 광대역 VCO 모듈을 개발할 원천 기술을 확보할 수가 있었다.

셋째 연구원들의 기술력을 향상시키고 산업체에 높은 기술력을 가진 인력을 공급할 수 있으며, 넷째

근래 붐이 일고 있는 인터넷 전용 케이블모뎀을 개발할 수 있는 원천 기술을 확보할 수가 있었다.

다섯째 업 컨버터 기술을 이용한 다운 컨버터는 부가적으로 개발이 가능하며, 여섯째 산업체의 연구 인력과의 교류를 통해 이론과 실무를 겸비한 연구 인력을 양성할 수 있을 것이며 산업체에서는 외주 개발로 인해 인건비 등 경비의 절감 효과를 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Stephen A. Mass, "Microwave Mixers", second edition, Artech House, pp. 235-369.
- [2] Raymond S. Pengelly, "Microwave Field-Effect Transistors-Theory, Design and Applications", Second edition, John Wiley & Sons INC. pp. 13-16, 261-302.
- [3] Tetsuo Wirota and Hiroyo Ogatawa, "A Novel K-band Balanced FET up-converter", IEEE, vol. MTT-32, NO. 7, July 1984, pp. 679-683.
- [4] P.Bura, "Balanced FET Up-converter for 6GHz, 64-QAM Radio", 1988 IEEE MTT-s Digest, pp. 941-943.
- [5] Stephen A. Mass, "A GaAs MESFET Balanced Mixer with Very Low intermodulation", 1987 IEEE, MTT-S digest, pp. 895-898.
- [6] Stephen A. Mass, Modeling MESFETs for Intermodulation Analysis of Mixers and Amplifiers, "IEEE, MTT-38, NO.12, December 1990, pp. 1964-1971.
- [7] Andre Boulouard "Simple Analysis Method Simulation's Switching Mixers", Microwave & RF June 1989, pp. 103-107.
- [8] Stephen A. Mass, "A GaAs MESFET Mixer with Very Low Intermodulation". "IEEE, MTT-35, NO. 4, April 1987, pp. 425-429.
- [9] Stephen A. Mass, "A Design and performance of a 45-GHz HEMT Mixer", IEEE, MTT-34, NO. 7, July 1986, pp. 799-803.
- [10] Yamaji & H. Tanimoto, Toshiba co. Kawasaki, Japan "A 2GHz Balanced Harmonic Mixer for Direct conversion Receiver" 1997 IEEE MTTs Digest, p193-196.
- [11] Richard Frey, P. E. "Capabilites of Low-cost High Voltage RF Power MOSFETs at HF at VHF" 1998 IEEE MTTs Digest, p1109-1112.