

증폭기 및 체배기를 이용한 다기능 RF 모듈에 관한 연구

Study of Multi Function RF Module Using Amplifier and Multiplier

김태훈*, 주재현*, 구경현*

Tae-Hoon Kim*, Jae-Hyun Joo* and Kyung-Heon Koo*

요 약

본 논문에서는 증폭기 및 체배기를 이용한 다기능 RF 모듈의 주요 연구 결과를 비교 제시하였다. 주파수 대역별로 별도의 블록을 갖는 다중대역 모듈에 비해 체배기를 이용하면 간단하게 다기능 모듈 구현이 가능하다. 별개의 증폭기 및 체배기를 스위칭하는 방법, 주파수 선택적 반사기 구조를 이용한 방법, 결합접지구조를 이용한 구조를 비교 제시하였다. 입력 주파수에 따라 증폭기 또는 주파수 체배기로 동작하는 회로로 다기능 모듈을 개발하였으며, 결합접지구조를 이용하여 입력 주파수 억압 및 출력 고조파 억압을 향상시켰다.

Abstract

This paper presents some important research result comparisons for multi function RF modules which use amplifier or frequency multiplier. By using multiplier, multi function module can be realized simply in comparison to multi band module which has separate block for each frequency band. Some comparing analysis among the switching method between separate amplifier and multiplier, the structure using frequency selective reflector, and the module using the defected ground structure. The multi function module which operates as amplifier or multiplier with input frequency is developed and input frequency suppression and output harmonics suppression can be improved by using defected ground structure.

Key words : amplifier, frequency multiplier, multi function RF module

I. 서 론

다양하고 넓은 주파수 대역을 이용하는 무선 통신 표준시스템이 제안되고 이를 활용하는 응용 서비스가 개발되면서 그를 지원하기 위한 송수신기 개발 필요성이 증가하고 있다. 각기 다른 전송 표준에 의한 별도의 주파수 대역을 갖는 서비스를 지원하는 송수신 모듈 개발은 더욱 중요하게 되었다.

그동안 이중대역을 지원하는 송수신기에 대한 많은 연구가 있었으며, 각각의 대역에 따라 별개의 송신부를 구성한 구조로 되어 있어 중복된 소자 사용, 모듈의 크기 증대 등으로 비용, 전력소모, 크기 등에서 개선의 가능성이 크다고 볼 수 있다[1],[2].

이들을 해결하기 위한 방법 중 하나로 증폭기 및 주파수 체배기를 포함한 다기능 RF 모듈을 이용하는 새로운 송신 모듈 설계 방법에 대한 개발이 필요하다

* 인천대학교 전자공학과(Dept. of Electronics Engineering, University of Incheon.)

· 제1저자 (First Author) : 김태훈,

· 교신저자 : 구경현

· 투고일자 : 2010년 5월 20일

· 심사(수정)일자 : 2010년 5월 20일 (수정일자 : 2010년 6월 25일)

· 게재일자 : 2010년 6월 30일

다. 하나의 블록이 증폭기 또는 주파수 체배기로 동작하는 이중모드 모듈에 대한 연구는 셀룰러폰 주파수 대역[3]과 무선랜 대역[4],[5], 그리고 새로운 통신 응용 등에 적용 가능한 6.8GHz 대역을 이용한 논문 [6],[7]이 있으며 본 연구는 이들의 결과를 비교하고 새로운 연구 결과 및 방향을 제시하고자 한다.

II. 다기능 송신부 설계 이론

2-1 이중 대역 송신부의 일반 구조

일반적으로 이중대역 송신부는 그림1과 같이 두 대역의 송신부가 별개로 구성되는 구조를 가지고 있다. 이러한 구조는 각각의 주파수 대역에 대한 증폭기뿐만 아니라 두 개의 전압제어발진기 (VCO, Voltage Controlled Oscillator) 또는 주파수 가변범위가 매우 넓은 VCO가 필요하게 된다[8]. 이러한 구조의 경우 회로의 복잡도 증가, 모듈 크기의 증가 및 비용에서 효율성이 떨어진다.

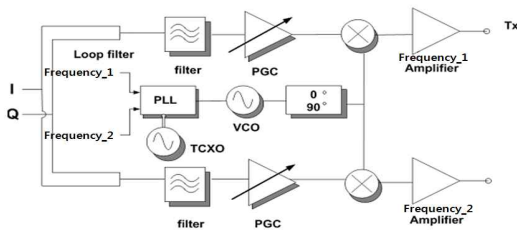


그림 1. 일반적인 이중대역 송신부의 구조[1,2]
Fig. 1. Block diagram of general dual band transmitter.

2-2 스위치를 이용한 변형된 송신부 구조

이중 대역 송신부를 구현하는 변형된 방법으로 SPDT (single pole double throw) 스위치를 사용하여 증폭기 및 체배기로 모드 변환하는 구조가 가능하다. SPDT 스위치는 하나의 입력을 2개의 출력으로 스위칭 할 수 있으므로, 그림 2에서 제안된 구조와 같이 구성하면 특정 주파수 대역에서는 증폭기, 그 두배의 주파수를 이용하는 경우는 체배기로 동작하도록 할 수 있다. 특정 주파수에서 증폭기로 동작할 경우는

트랜지스터에 A급 바이어스를 인가하여 상하의 두 경로 신호가 정합회로에서 동위상으로 결합시킨 형태로 출력된다. 반면 그 주파수의 두 배 주파수를 출력하고자 할 경우 능동 소자는 B급 바이어스를 인가하여 동작시키며 180도의 위상천이를 추가하여 기본파 성분은 위쪽 정합회로에서 나오는 성분과 서로 상쇄되어 없어지게 하고 B급 동작에 의한 하모닉 성분만 출력에 발생하도록 하였다[3]. 그림 3의 경우는 SPDT 스위치를 사용한 이중모드 송신부 구조이다. 그림 2와 유사한 원리이며 별도의 체배기를 이용할 수 있다는 특징이 있다. 이러한 구조는 스위칭 회로의 추가 및 제어 필요성, 동작 주파수가 기본파 및 2배 주파수로 제한되는 특성을 갖는다.

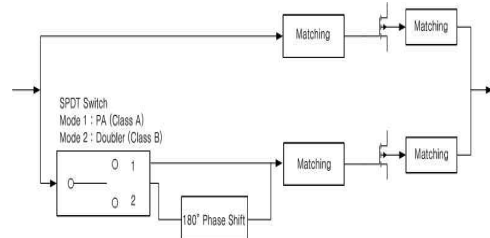


그림 2. SPDT 스위치를 포함한 제안된 이중대역 송신부의 구조[3]
Fig. 2. Block diagram of proposed dual band transmitter with an SPDT switch.

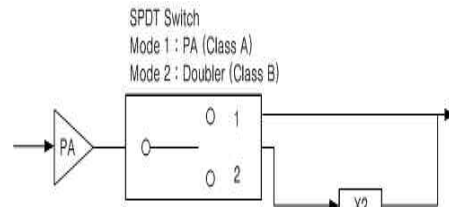


그림 3. SPDT 스위치를 포함한 제안된 이중대역 송신부의 또 다른 구조[3]
Fig. 3. Another block diagram of proposed dual band transmitter with an SPDT switch.

2-3 주파수 체배기를 이용한 이중대역 송신부

본 논문에서는 스위칭 및 그 제어가 필요 없는 새로운 형태의 이중 대역 송신부를 제안하였으며, 그 구조는 그림 4와 같다. 즉 송신부의 다중기능 모듈은 주파수 입력에 따라 자동으로 증폭기 또는 체배기로 동작하도록 되어 있어 두 주파수 대역을 하나의 모듈로 동작시킬 수 있으며 그림 1의 구조에 비해 비교적 작은 가변 대역폭을 갖는 하나의 VCO로 송신

부 구성이 가능하다는 장점이 있다[9].

출력부의 이중대역 모듈이 증폭기 및 체배기로 동작시 고조파 억압을 위한 회로가 필요하며 $\lambda/4$ 반사기를 사용하면 체배기로 동작 시 입력 주파수를 억압할 수 있고 증폭기로 동작 시 2차 고조파 억압을 시킬 수 있다.

주파수 특성을 개선하기 위하여 $\lambda/4$ 반사기 대신 결합접지구조(DGS, Defected Ground Structure)를 사용하는 방안도 제시되어 광대역 저지특성을 얻을 수 있었다[5]. 이용된 결합접지구조의 예를 그림 6에 제시하였다. 마이크로파 대역에서 전송선로 소자들의 물리적 길이가 상대적으로 작기는 하지만, 여러 개의 스텐브와 직렬 전송 선로는 여전히 많은 공간을 차지하는데, 결합접지구조는 상대적으로 간단하고 적은 공간을 차지하는 구조라 할 수 있다. DGS의 주요한 장점으로 전송선로의 물리적 한계로 인하여 구현하기 어려운 높은 임피던스 선로의 구현, 전파 지연 효과로 인한 크기 감소효과, 그리고 고조파 차단으로 인한 전력증폭기 성능 개선 등이 있다[10].

이와 유사한 논문으로 중국에서 연구된 논문[6],[7]에서는 DGS를 이용하여 그 저지대역을 좁게 하고자 하였고 그림 7과 같은 DGS 등가회로를 제시하여 설계에 활용하였다.

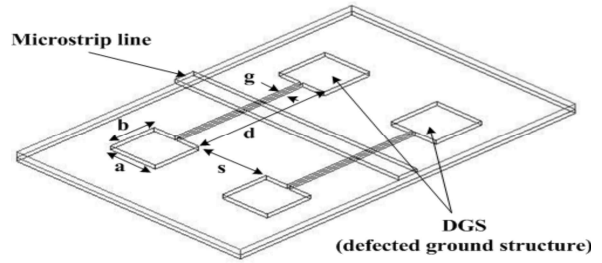


그림 6. DGS 설계 패턴[5]

Fig. 6. DGS patterns on the ground plane.

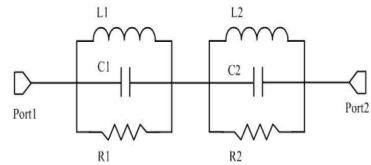


그림 7. DGS의 등가회로 모델 구성 예[6,7]

Fig. 7. Equivalent circuit models of DGS.

III. 시뮬레이션 및 특성 분석

이중 대역 모듈의 예로 무선 랜 주파수인 2.4GHz 및 5.8GHz에서 동작 가능한 모듈이 설계되었다. 입력 정합회로는 입력주파수인 2.4GHz와 주파수 2체배기로 동작 시 입력주파수인 2.9GHz가 통과할 수 있는 저역통과필터로 구성하였고, 출력 정합회로는 증폭기의 입력주파수인 2.4GHz와 주파수 2체배기의 출력 주파수인 5.8GHz 대역이 통과할 수 있는 이중 대역 통과필터로 구성할 수 있으며 이 특성을 그림 8에 나타내었다. 일반적으로 반사기는 입력주파수와 기수 고조파를 저지하는 특성을 갖는다. 반사기의 특성임피던스가 높으면 입력주파수의 저지특성은 좋으나 동작주파수 대역이 좁아지므로 원하는 기수고조파의 대역을 저지하기가 어렵다.

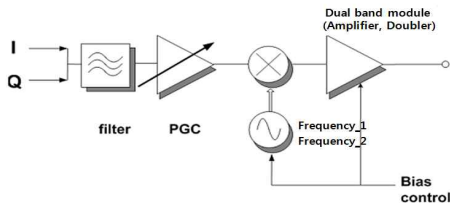


그림 4. 출력부 이중기능 모듈을 이용한 이중대역 송신부의 구조[4]

Fig. 4. Dual band transmitter using dual function module.

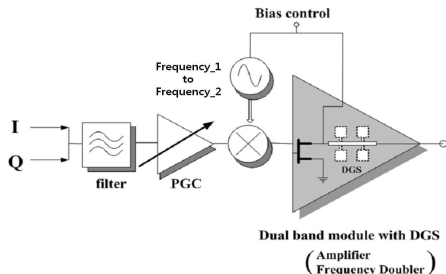


그림 5. DGS를 이용한 구조[5,6,7]

Fig. 5. Dual band transmitter using DGS.

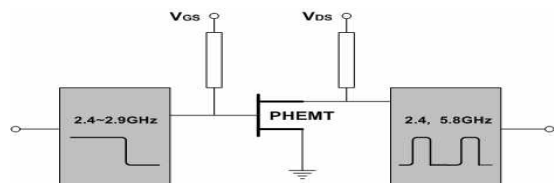


그림 8. $\lambda/4$ 반사기를 사용한 정합회로[4]

Fig. 8. Matching circuits using $\lambda/4$ reflector.

DGS를 사용하여 대역 저지특성을 얻을 수 있다면 출력의 경우 원하는 이중 대역 특성을 나타낼 수 있

으며, 이 경우도 $\lambda/4$ 반사기를 사용한 경우와 같이 입력은 2.4GHz와 주파수 2체배기의 입력주파수인 2.9GHz가 통과할 수 있는 저역통과필터로 구성되며, 출력 정합회로는 2.9GHz~4.8GHz 대역을 저지한다. 즉, 증폭기의 입력주파수인 2.4GHz와 주파수 2체배기의 출력주파수인 5.8GHz 대역은 통과시키고 주파수 2체배기의 입력주파수인 2.9GHz대역은 저지시키는 대역저지필터로 이를 그림 9에 나타내었다. DGS의 통과저지대역은 실제로 이보다 더 좁게 설계할 수 있으며 예로 3.4GHz~4.8GHz 로 설계한 DGS를 이용한 연구 결과를 그림 10에 제시하였다. 능동소자의 경우 고조파가 발생하기 때문에 출력단에 반사기를 이용하여 원치 않는 주파수를 억압해야 하는데 대신 DGS를 이용함으로써 광대역의 저지특성을 얻을 수 있었으며 그 주요 결과를 그림 11에 나타내었다. 2.4GHz의 입력주파수가 능동소자를 통과한다면 4.8GHz라는 제2고조파가 발생하게 되는데 이것이 DGS의 저지특성에 따라 억압되고, 체배기의 특성상 출력정합회로에서 입력주파수의 억압을 해주어야 하는데 그 대역 역시 DGS의 광대역 저지특성에 따라 억압된다[5].

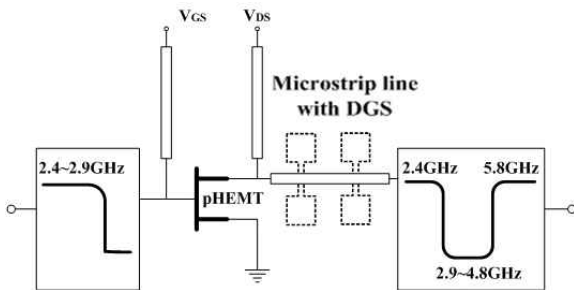


그림 9. DGS를 사용한 정합회로[5]
Fig. 9. Matching circuits with DGS.

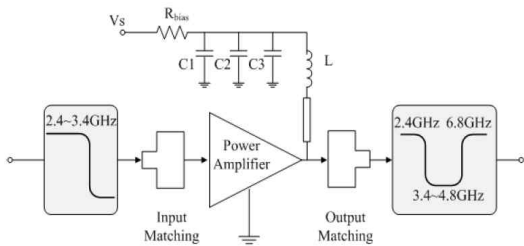


그림 10. DGS를 사용한 협대역 정합회로[6, 7]
Fig. 10. Narrow band matching circuits using DGS.

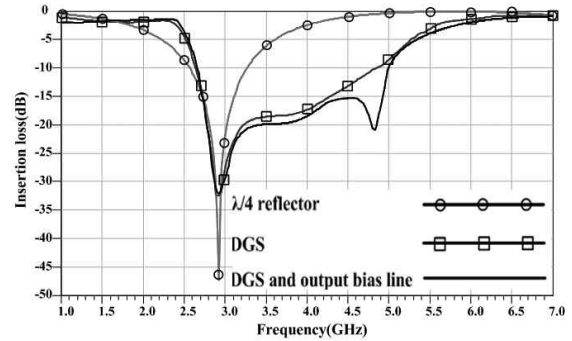


그림 11. 저지대역특성 비교[5]
Fig. 11. Stopband characteristic Comparison.

$\lambda/4$ 반사기와 DGS를 사용한 경우, 체배기 모드에서 출력전력 스펙트럼을 시뮬레이션하고 그 결과를 비교한 특성을 그림 12에 제시하였다. DGS를 사용한 경우 억압 특성이 개선됨을 알 수 있다[5]. 이러한 DGS를 사용하였을 때 얻을 수 있는 광대역의 저지특성을 이용하면 광대역 체배기에도 추가적으로 응용 가능할 것이다[11].

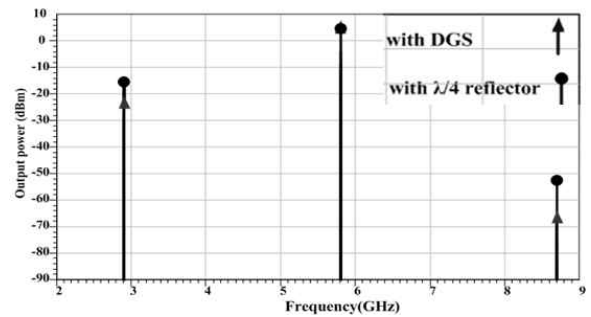


그림 12. 체배기모드의 출력 스펙트럼 시뮬레이션[5]
Fig. 12. Output spectrum simulation results.

이러한 설계 및 시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여 pHEMT 및 테플론 기판을 이용하여 모듈을 제작하였다. 제작된 이중모드 송신모듈과 DGS구조를 추가한 모듈은 각각 그림 13에 나타내었다[4,5].

2.4GHz, 6.8GHz 이중대역 모듈을 GaAs MMIC 및 유전율을 3.48이고 유전체 두께 0.2mm인 기판위에 실장한 사진을 그림 14에 나타내었다[6,7]. 참고논문 5와 유사한 구조를 가지고 있으며 접지면에는 DGS가 식각되어 있다. 그림은 각각 모듈의 윗면 및 바닥면을 나타낸다.

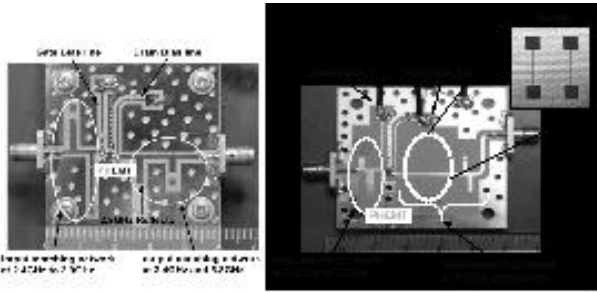


그림 13. 반사기, DGS 이용 이중모드 모듈[4,5]
Fig. 13. Dual mode module using reflector and DGS.

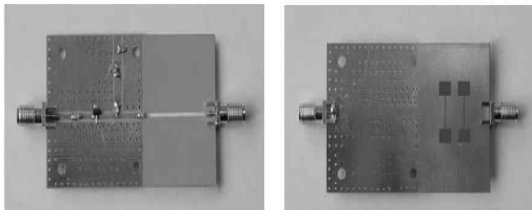


그림 14. DGS 이용 이중모드 송신모듈[6,7]
Fig. 14. Dual mode transmitter module using DGS.

IV. 결 론

본 논문에서는 증폭기와 체배기를 이용한 다중 기능 모듈에 대한 국내외 연구를 비교 분석하였으며, 그 중 입력 주파수에 따라 전력증폭기 및 주파수 체배기로 동작하는 새로운 개념의 다중 기능 송신모듈의 활용 가능성을 비교 제시하였다. 각각의 모드에서의 고조파 억압을 위해 주파수 선택적 반사기를 이용하는 경우 및 DGS를 이용하는 경우를 비교 제시하였다. 증폭기에서의 2차 고조파의 억압과 체배기에서의 입력주파수 억압을 위해 $\lambda/4$ 반사기를 사용할 수 있지만, 그 외에 접지면에 식각한 DGS를 사용한 경우를 제시하였다. 특히 DGS를 사용했을 때 광대역의 저지특성과 증폭기와 체배기 동작 시 뛰어난 억압특성을 보였다. DGS를 이용한 경우는 저지대역 주파수 특성을 조절할 수 있으므로 2.4GHz 및 5.8GHz, 또는 2.4GHz 및 6.4GHz 의 이중대역 모듈이 가능함을 알 수 있다. 향후 새로운 응용 분야를 지원할 수 있는 주파수 대역의 선정이 가능할 것으로 사료된다.

또 다른 구현 방법인 SPDT 스위치를 이용한 방법은 기존 2개 주파수 대역을 지원하지만 이러한 구조와 DGS를 이용한 이중모드 송신모듈을 조합하면 3

중 대역 이상에서 응용 가능한 새로운 형태의 다중 기능 모듈 구현이 가능할 것으로 사료되어 향후 추가적인 연구를 기대할 수 있다. 이러한 설계 기법은 무선랜, 셀룰러, 3G, 4G 등 다양한 다중대역 모듈 설계에 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 또한 DGS를 사용하였을 때 얻을 수 있는 광대역의 저지특성을 이용하여 광대역 체배기에도 응용 가능할 것이다.

감사의 글

이 논문은 인천대학교 2008년도 자체 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] B. Klepser, M. Punzenberger, T. Ruhlicke, and M. Zannoth, "5GHz and 2.4GHz dual-band RF transceiver for WLAN 802.11a/b/g applications," *2003 IEEE RFIC Symp. Dig.*, pp. 37-40, June 2003.
- [2] S. Mehta, M. Zargari, S. Jen, B. Kaczynski, M. Lee, M. Mack, S. Mendis, K. Onodera, H. Samavati, W. Si, K. Singh, M. Terrovitis, D. Weber, and D. Su, "A CMOS dual-band tri-mode chipset for IEEE 802.11a/b/g wireless LAN," *2003 IEEE RFIC Symp. Dig.*, pp. 427-430, June 2003.
- [3] Y. Park, R. Melville, R. C. Frye, M. Chen, and J. S. Kenney, "Dual-band transmitters using digitally predistorted frequency multipliers for software defined radios," *IEEE MTT-S Int Microwave Symp Dig 2*, pp. 547-550, 2004.
- [4] 강성민, 최재홍, 구경현, "주파수 체배기를 이용한 이중 모우드 증폭부 설계," *대한전자공학회는 논문지-TC, 제43 권 제1 호*, pp. 127-133, January 2006.
- [5] 강성민, 최재홍, 구경현, "DGS를 이용한 이중대역 무선 랜 송신부 설계," *대한전자공학회는 논문지-TC, 제43 권 제4 호*, pp. 75-80, April 2006.
- [6] X. Q. Chen, X. W. Shi, Y. C. Guo, and C. M. Xiao, "A novel dual band transmitter using microstrip

defected ground structure," *Progress In Electromagnetics Research, PIER* 83, pp. 1-11, 2008.

- [7] Xiaqun Chen, Xiaowei Shi, Yuchun Guo, Changmin Xiao, "A novel 2.4GHz and 6.8GHz dual-band transmitter using defected ground structure," *Microwave and Optical Technology Letters*, volume 50, issue 12, pp. 3225-3228, December 2008.
- [8] K. Vavelidis, I. Vassiliou, T. Georgantas, A. Yamanaka, S. Kavadias, G. Kamoulakos, C. Kapnistis, Y. Kokolakis, A. Kyranas, P. Merakos, I. Bouras, S. Bouras, S. Plevridis, and N. Haralabidis, "A dual-band 5.15-5.35GHz, 2.4-2.5GHz 0.18- μ m CMOS transceiver for 802.11a/b/g wireless LAN," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 39, no. 7, pp. 1180-1184, July 2004.
- [9] J. H. Jeon, J. H. Choi, S. M. Kang, T. Y. Kim, W. Choi, and K. H. Koo, "A novel dual band transmitter for WLAN 802.11a/g applications," *2004 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig.*, vol. 3, pp. 1999-2002, June 2005.
- [10] 최홍채, 정용채, 임종식, 정영배, 엄순영, 김동철, "결합 접지 구조를 이용한 유사 E급 전력 증폭기의 소형화," *한국전자과학회논문지, 제 21 권 제1 호*, pp. 61-68, January 2001.
- [11] 노희정, 주재현, 구경현, "7GHz 대역 100mW 주파수 3체배기의 제작," *한국향행학회 논문지, 제 14 권 제1 호*, pp. 20-26, February 2010.

김 태 훈 (金泰勳)



2009년 2월 : 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2009년 3월~현재 : 인천대학교 전자공학과 석사과정
 관심분야 : 마이크로파 회로 및 모듈 설계, 주파수 체배기 설계

주 재 현 (朱哉炫)



2010년 2월 : 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2010년 3월~현재 : 인천대학교 전자공학과 석사과정
 관심분야 : 마이크로파 회로 및 모듈 설계, 주파수 체배기 설계

구 경 현 (具京憲)



1981년 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1983년 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1991년 : 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
 1999년 ~ 2000년 : UC San Diego 방문학자
 2003년 ~ 현재 : 한국향행학회 학술 이사, 국제 이사, 차세대 향행통신연구회 위원장, 부회장
 1987년 ~ 현재 : 인천대학교 전자공학과 교수
 관심분야 : 마이크로파 회로설계, 무선통신 시스템, 차세대 향행시스템 등