

무선통신시스템용 송신측 출력 제어를 위한 전력 검출기의 설계

황문수, 구재진, 오성민, 박천선, 임종식, 안달
순천향대학교 전기통신시스템공학과
u_zicman@hotmail.com

Design of Power Detector for the Tx Power Control in Wireless Communication System

Mun-Su Hwang, Jae-Jin Koo, Seongmin Oh, Chun-Seon Park,
Jongsik Lim, and Dal Ahn
Department of Electrical and Communication System
Engineering, SOONCHUNHYANG University

요 약

본 논문에서는 CDMA 상향 중심주파수인 836.5MHz에서 단말기 송신 전력 제어를 위한 Schottky 다이오드 전력 검출기 기본 회로 구조를 제안한다. 일반적인 다이오드의 비선형성에 의한 검파 출력의 선형성 개선과 낮은 입력 레벨의 출력 전압 감도 특성을 개선하기 위해서 낮은 검출기 입력 레벨에서의 임피던스 매칭을 한다. 다이오드 패키지의 기생 성분을 고려한 시뮬레이션을 통하여 비교적 정확한 측정 결과를 예측할 수 있다. 본 논문의 전력 검출기의 전압 감도는 최대 0.1V의 비교적 우수한 특성을 보이며, -20dBm에서 +15dBm의 검출기 입력 대역에서 임피던스 매칭의 분석을 통하여 선형성의 뚜렷한 개선 효과를 얻는다. 또한 입력 주파수의 대역폭에 따른 매칭특성과 개선된 검파 출력 특성도 제시된다.

1. 서론

이동통신 시스템의 기지국이나 중계기의 장비 중 고주파 전력증폭기는 신호를 전송하기 전에 그 신호를 증폭하는 모듈로 통화품질에 결정적인 영향을 미치며, 전체 시스템의 효율을 결정짓는 모듈이다. 최근의 디지털 무선통신 시스템은 높은 음질, 낮은 전력 소비 등이 중요한 목표이고, 전력증폭기의 안정된 정규 출력을 위한 전력검출기의 전력 제어는 이러한 목표를 달성하기 위한 중요한 방법이다.

전력 검출기는 전력 증폭기의 출력전력을 샘플링하여 DC 레벨로 검출함으로써 ALC(Automatic Level Controller), AGC(Automatic Gain Controller) 등을 제어하기 위한 회로에 안정적인 전압을 공급하는 중요한 역할을 한다. 현재 회로구성이 간단하고 가격이 저렴한 Schottky 다이오드나 Log amp 등이

많이 사용되고 있다.[1]

Log amp를 이용한 검출기의 경우 다이오드 사용의 전력 검출기와는 달리 온도특성이 불안정하며 주변 간섭의 영향을 많이 받는다는 단점이 있다. 이에 비해 다이오드 검출기는 다이오드의 비선형특성 때문에 입력레벨에 대한 출력전압을 예측하기가 어렵다. 그러므로 다이오드 검출기의 출력전압을 선형화하여 설계한다면, 검출된 전압으로부터 RF 전력 레벨을 충분히 예측할 수 있고 ALC, AGC 회로에 사용되는 가변 감쇠기 등의 제어가 좀 더 용이해질 것이다.

본 논문에서는 제로 바이어스용 Schottky 다이오드를 사용하여 CDMA의 상향 대역의 중심주파수인 836.5MHz 대역의 단말기 송신측 전력 검출기 응용을 위한 기본회로를 설계하였다.

2. 설계이론

본 논문의 다이오드 검출기의 블록 다이어그램은 그림 1 과 같다. 입력단의 R_s 는 소스단의 임피던스를 나타내고 있으며, 다음 단은 RF 임피던스 정합 회로, 그리고 인덕터 L은 입력 정합망을 고려하지 않을 경우 직류 귀환 초크 인덕터를 나타내고 있다. 그리고 부하단의 저항 R 과 캐패시터 C에 의해 정해지는 시정수는 검파된 출력 특성을 결정짓는 역할을 하게 된다 따라서 R-C에 의해 정해지는 시정수는 출력 리플 노이즈 특성에 많은 영향을 끼치게 된다.

전력 검출기의 입력 매칭은 가변적인 입력 레벨에 따라 어느 입력레벨에서 매칭회로를 구성하느냐에 따라 낮은 입력 레벨에서의 검파 출력 감도와 선형적인 출력 특성에 영향을 미치며, 설계하고자 하는 주파수 대역폭에 따라 입력단의 부정합의 절충을 하여야 한다. [2-4]

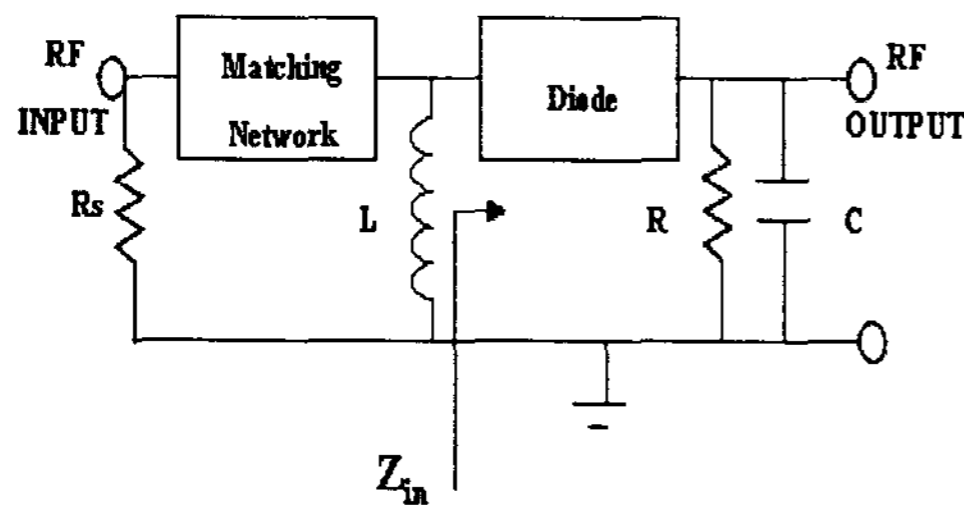


그림 1. 전력 검출기의 블록 다이어그램

본 논문에서는 다이오드의 SPICE 모델과, 패키지에 의한 기생 성분을 고려하여 그림 2의 회로를 구성하여 다이오드를 바라다본 임피던스 Z_{in} 을 Agilent社의 ADS 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션하였다. CDMA 대역에서 -10 dBm의 입력레벨에서 마이크로스트립 선로로 구성된 short stub 와 lumped element인 직렬 커패시터를 사용하여 입력 임피던스 정합 회로를 구성하였다.

그림 3은 설계된 회로도를 나타내고 있고, 그림 4는 CDMA 상향 송신 주파수 대역의 중심주파수인 836.5MHz에서 입력 전력을 -20dBm에서 15dBm까지 공급하였을 때의 시뮬레이션 결과이다. 그림과 같이 입력레벨에 대한 1V 이상의 출력 레벨 검파 시 본 다이오드의 SPICE 모델의 제약에 따라 시뮬레이션에 따른 출력 특성을 예측할 수 없었지만,

-20dBm에서 0dBm의 입력 대역 안에서 1dBm당 최대 0.1V의 출력 전압 감도 특성을 나타내고 있다. 입력 레벨에 대한 출력 레벨이 각 주파수 대역에서 비교적 선형적인 특성을 보이고 있으므로 예측이 용이하다.

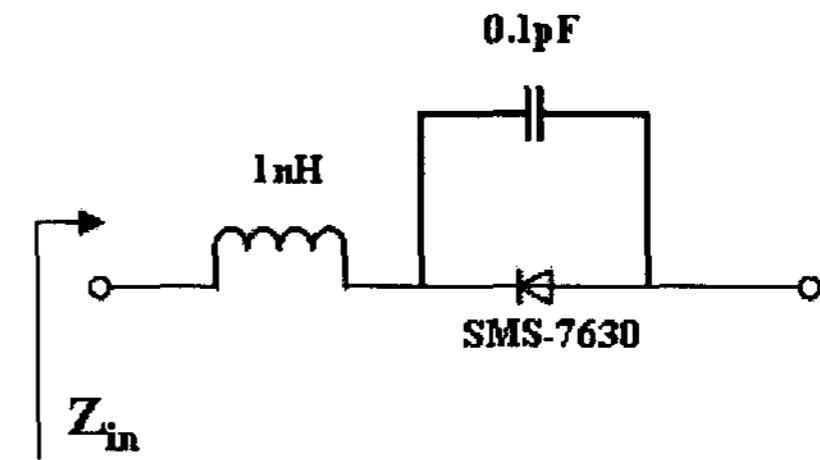


그림 2. 패키지 기생성분을 고려한 다이오드 회로도

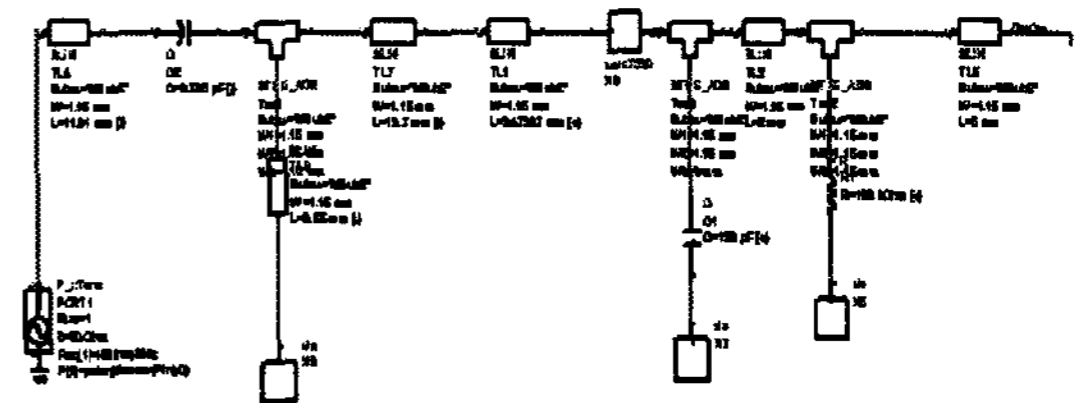


그림 3. 전력검출기 회로도

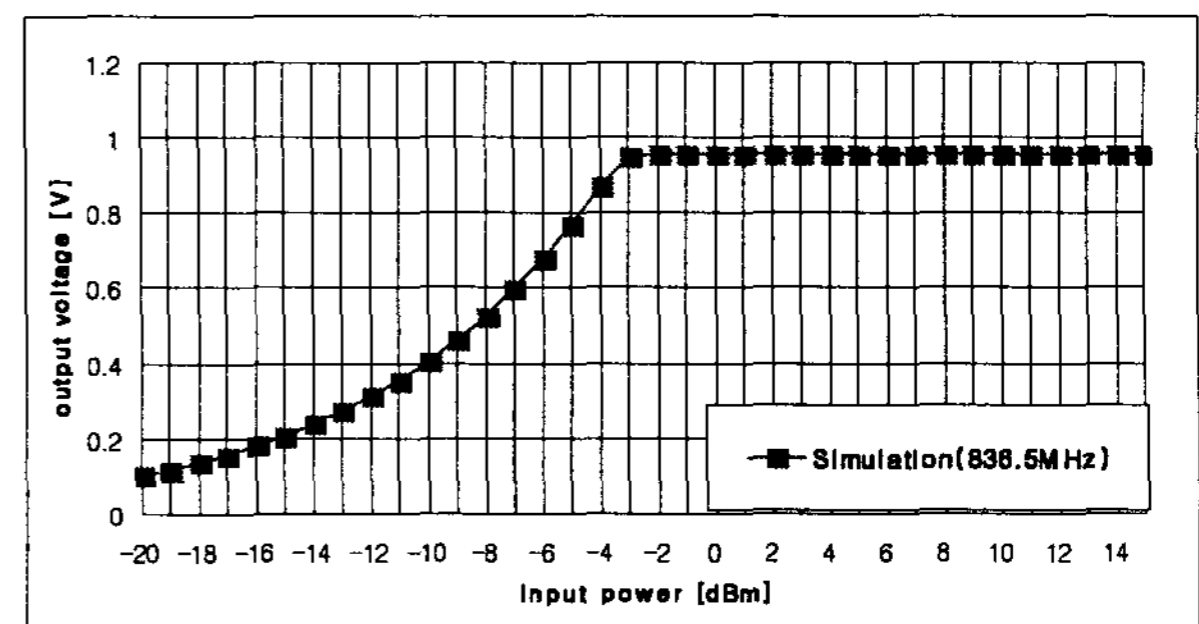


그림 4. 전력 검출기 회로의 시뮬레이션 출력 특성

3. CDMA 송신 전력 검출기의 제작 및 측정

본 논문의 설계이론을 바탕으로 CDMA 상향 송신 대역의 중심주파수인 836.5MHz에서 전력 검출기 기본 회로를 설계, 제작하였다. RF 검출용 다이오드는 Skyworks社의 제로 바이어스용의 SMS-7630 Schottky 다이오드를 사용하였고, SC-79 패키지 모델을 사용하였다.

설계 및 구현에 사용한 기판은 비유전율 $\epsilon_r=10.2$, 유전체 두께 25mil의 테플론 기판을 사용하였다. 그림 5는 설계된 다이오드 전력 검출기의 측정 결과를

나타내고 있는데, Agilent社의 E8257D Signal generator를 사용하여 입력 전력을 -20dBm부터 15dBm까지 변화시키면서 상온에서 측정하였다.

정확한 기생 성분의 고려로 인한 시뮬레이션과 측정 결과가 SPICE 모델의 한계 범위 이내에서는 잘 일치하는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 예측한 바와 같이 CDMA 상향 송신 대역 중심 주파수 836.5MHz에서 검출기 입력전력이 -20dBm - +15dBm일 때, 1dBm당 최대 0.1V의 출력 전압 감도 특성의 비교적 선형적인 특성을 나타내고 있다.

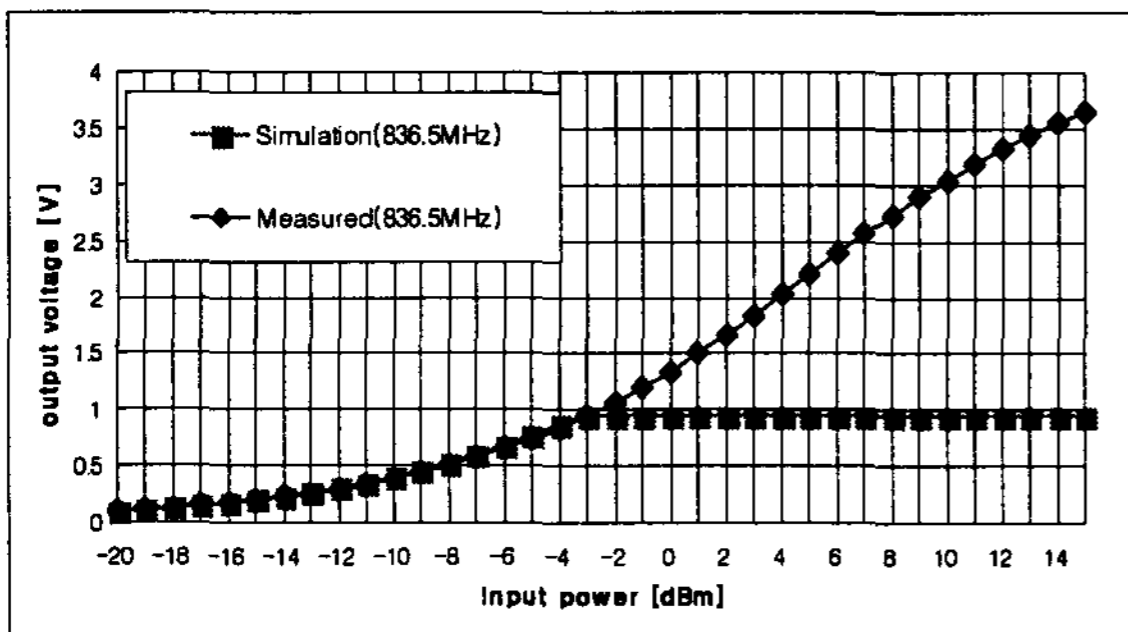


그림 5. 다이오드 전력 검출기 측정된 출력 특성

그림 6은 실제 제작된 회로의 사진이다. 그림 7은 본 논문에서 제작한 전력 검출기의 836.5MHz에서의 측정된 입력 반사계수(S_{11}) 특성이다. 어느 한 주파수에서의 정확한 입력 정합은 한 주파수에서의 출력 검파 감도는 개선되지만 주파수 대역 내에서의 출력 특성의 편차는 심해지므로 이런 점을 고려한 입력매칭에 주의를 기울여야 한다.

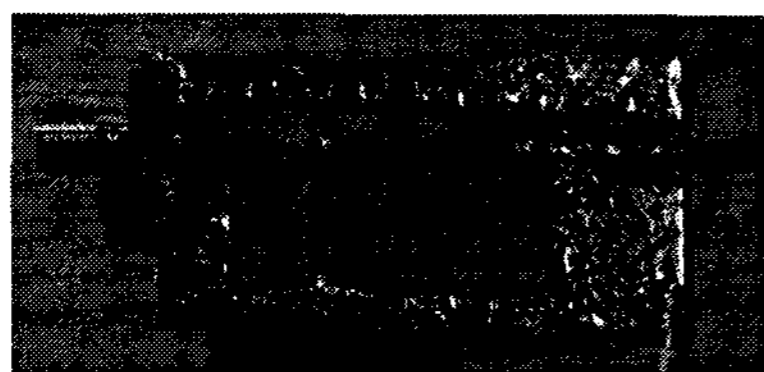


그림 6. 제작된 회로

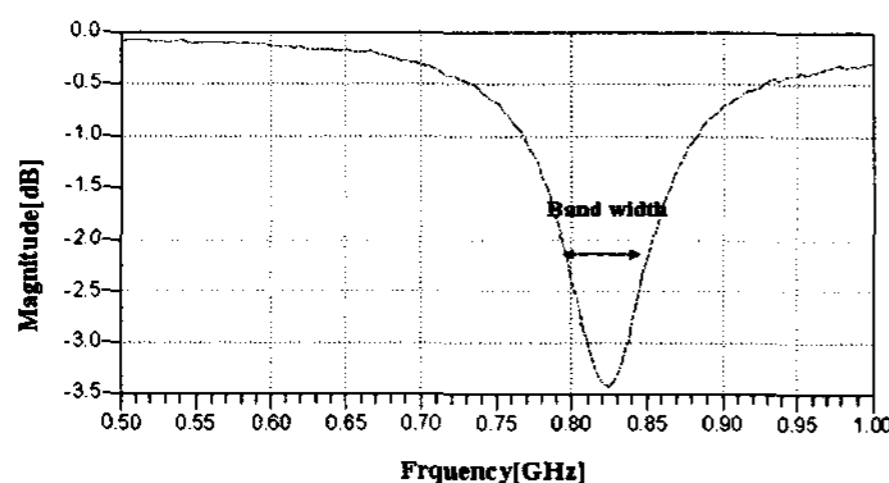


그림 7. 측정된 S_{11} 특성

4. 결론

본 논문에서 설계, 제작된 전력 검출기는 CDMA 상향 송신 대역 중심주파수 836.5MHz에서 -20dBm에서 +15dBm의 입력 신호에 대하여 최대 0.1V의 출력 감도 특성을 보여, 선형성이 양호한 검파 출력을 얻을 수 있었다. 따라서 입력레벨에 대한 출력레벨의 예측이 용이하다. 설계시 다이오드 패키지 모델의 기생성분에 대한 값을 고려하여, 측정결과와 잘 일치하는 시뮬레이션 특성을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 설계된 전력검출기를 사용한다면 CDMA용 전력증폭기의 ALC, AGC, 등을 제어하기 위한 회로에 응용되어 질 수 있을 것으로 기대된다. 현재 본 논문에서 제작된 회로는 전력검출기 기본 회로이므로 크기에 대한 고려가 들어가 있지 않으나, 향후 각종 무선통신용 단말기에서의 응용을 위한 소형화가 추후의 과제이며, 이를 위한 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

이 연구는 중소기업청에서 지원한 2006년도 산학연컨소시움 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 김희태, 오재석, 박의준, 이영준, 김병철, “온도보상 및 선형화된 전력검출기에 관한 연구”, 한국전자과학회논문지, 제11권, 제8호, pp. 1386-1391, 2000년 8월.
- [2] Agilent Technologies, Application Note 963, “Impedance Matching Techniques for Mixers and Detector.”
- [3] Agilent Technologies, Application Note 1187, “Design of an Input Matching Network for DC biased 850MHz Small Signal Detector.”
- [4] A. Kryshtopin, R. Kravchenko, A. Chemyakov, K. Markov, G. Sevskiy, T. Kerstinbrock, and P. Heide, “Novel High-Accuracy LTCC-Integrated Power Monitors for 2.4 and 5GHz Wireless-LAN Applications”, 2004 International Microwave Symposium Digest, vol. 2, pp. 1277-1280, Jun. 2004.