

무선 센서노드용 동적 기준전압 방식의 복조회로 설계 및 구현

김종홍, 황지훈, 노형환, 오하령, 성영락, 박준석
국민대학교

Dynamic Reference Voltage Demodulation Circuit for Wireless Sensor Node

Jong hong Kim, Ji-Hun Hwang, Hyoung-Hwan Roh, Ha-Ryoung Oh, Yeong-Rak Seong, Jun-Seok Park
Kookmin University

Abstract - 다양한 환경에서 무선 센서노드 시스템이 적용됨에 따라 해당 시스템의 통신 방식이 중요해 지고 있다. 이에 본 논문은 통신 방식 중 진폭 변조 방식을 사용한 통신방식에서의 복조회로를 제안하였다. 보다 효율적인 복조를 위해 동적 기준전압 방식의 복조회로를 구현함으로써 저전압 입력 시에도 복조가 가능하게 하여 센서노드의 인식거리를 확대했다. 또한 제안된 회로를 시스템에 직접 적용하여 실제 진폭변조 신호의 복조가 가능한지 검증함으로써 센서노드 시스템에 적용 가능함을 보였다.

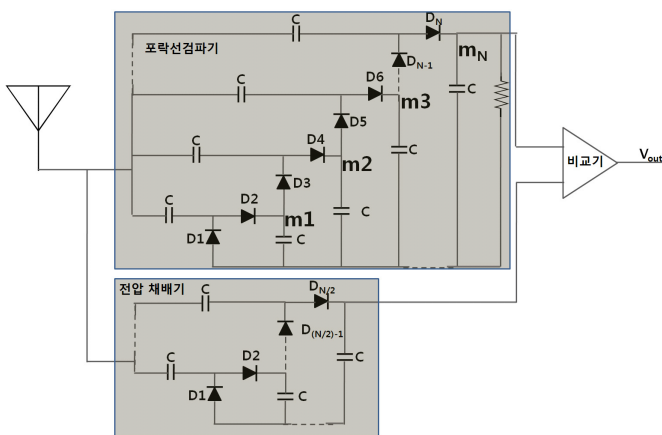
1. 서 론

오늘날 무선통신 시스템에서는 종종 아이디 기반의 통신 시스템을 사용하는 것을 볼 수 있다. 무선통신 시스템에서 데이터를 송신할 때 변조를 하지 않고 송신하면, 변조되지 않은 원 신호는 에러 없이 전달 가능한 거리가 무척 짧을 뿐 아니라 에러 율을 낮추기 위해서 많은 전력이 소요된다. 그래서 보내는 전력 소모 및 에러 율도 낮추고, 전송거리를 늘리기 위해서는 변조가 필수이다. 다양한 변조 방식에 따라 다양한 방식의 복조 회로의 구현이 필요하게 된다. 본 논문에서는 진폭변조방식의 통신시스템에 이용 가능한 복조회로를 설계 및 구현하고, 복조회로의 동작 범위를 넓히기 위하여 동적 기준전압 방식의 복조회로를 구현하였다.

2. 본 론

2.1 복조회로

복조회로는 크게 전압 체배기와 포락선검파기, 그리고 비교기로 나눌 수 있다. 복조회로의 동작 원리를 살펴보면, 포락선검파기에서 복조된 신호는 비교기의 입력으로 들어가게 된다. 비교기는 기준전압과 입력된 복조 신호를 비교하여 출력한다. 이때, 기준전압은 전압 체배기에서 체배된 전압을 입력으로 받게 된다. 그림 1은 설계한 복조회로의 회로도이다.



<그림 1> 설계된 복조회로의 회로도

2.1.1 포락선검파기 및 전압 체배기

그림 1의 포락선검파기와 전압 체배기는 디슨 (Dickson)구조를 기본으로 사용하였다[1]. 포락선검파기의 출력은 원 신호를 복조하기 위한 비교기의 입력 신호로, 전압 체배기의 출력은 비교기에서 디지털 파형으로 바꿔주기 위한 기준전압으로 사용한다. 포락선검파기와 전압 체배기를

같은 구조로 사용하지만, 전압 체배기의 단 수를 포락선검파기의 단 수보다 1/2로 사용함으로써 전압 체배기에 체배되는 전압의 최고치를 포락선검파기에 체배되는 전압의 반으로 낮추었다. 또한 포락선검파기의 출력 단에는 저항과 커패시터가 달려있어 진폭 변조된 신호가 1의 신호로 들어올 때엔 충분한 체배를, 0의 신호가 들어올 때엔 저항을 통하여 방전하게 된다. 하지만 전압 체배기의 출력 단에는 커패시터만 있기 때문에 진폭 변조된 신호가 1일 때에 체배된 전압이 0의 신호가 들어올 때에도 유지가 된다. 즉 같은 파워가 입력 될 때, 전압 체배기는 항상 일정한 전압을 유지하게 되고 포락선검파기는 1의 신호일 때엔 전압 체배기보다 2배의 전압이, 0의 신호일 때엔 0V의 전압을 가지게 된다.

2.1.2 동적 기준전압

일반적인 비교기 회로는 고정 기준전압을 사용한다. 고정 기준전압을 이용하여 비교기를 동작하면 입력 전압의 크기가 바뀔 때마다 고정 기준전압의 크기를 바꿔야만 제대로 된 듀티 사이클(Duty Cycle)을 만족시킬 수 있다. 본 논문에서 설계한 복조회로는 디슨 구조의 특성상 입력 파워의 크기에 따라 체배되는 전압의 크기가 달라진다. 입력 파워는 프리스(Friis) 공식에 의해 송신기와 수신기의 거리에 따라 변하게 된다 [2].

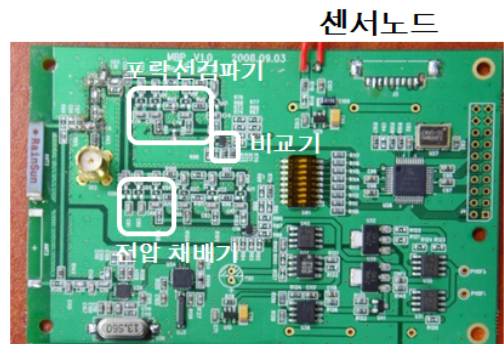
$$P_{rec} = P_{PA} G_{TX} G_{tag} \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 = P_{EIRP} G_{tag} \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$$

P_{rec} : 수신전력, P_{PA} : 송신전력, G_{TX} : 송신 안테나 이득
 G_{tag} : 수신 안테나 이득, λ : 파장 d : 송수신 안테나 이격 거리
 P_{EIRP} : $P_{PA} \times G_{TX}$

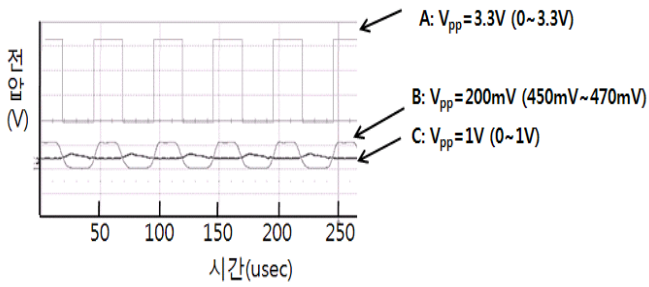
송수신 안테나 이격 거리에 따라 입력 파워가 변하기 때문에 고정 기준전압을 사용하여 비교기를 동작하면 수신 거리가 제한된다. 입력 파워가 기준 전압의 2배일 때에 데이터 검출이 되어 거리에 따라 고정 기준전압을 바꿔야 하는 문제점이 있다. 본 논문에서 제안한 유동 기준전압 회로는 거리에 따라 항상 포락선검파기의 체배 전압의 1/2전압 만큼 체배한다. 전압 체배기와 포락선검파기의 디슨 구조로 구현하여 거리에 따라 입력 파워가 달라지더라도 체배되는 전압의 크기는 같은 비율로 커지거나 줄어든다.

2.2 시스템 구현 및 측정 결과

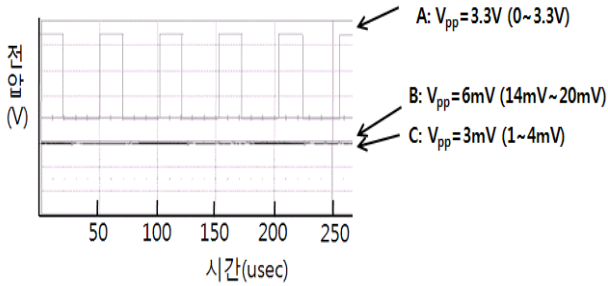
제안된 복조회로를 검증하기 위해 무선 센서노드를 구현하여 실험 및 검증하였다. 그림 2는 구현한 무선 센서노드이다. 4단의 디슨 구조로 포락선검파기를 구현하고 2단의 디슨 구조로 전압 체배기를 구현하였다.



<그림 2> 구현된 무선 센서노드



(a) 입력 파워 : 1dBm



(b) 입력 파워 : -20dBm

〈그림 3〉 복조회로의 출력 파형

〈표 1〉 거리와 입력 파워에 따른 복조회로 출력

| 거리 | Input Power[dBm] | VM(2단) | ED(4단) | Duty(%) |
|------|------------------|-------------|-------------|---------|
| 0.8m | 7 | 0.69-0.68 | 3.15-0.62 | 68 |
| 0.9m | 6 | 0.67-0.66 | 2.68-0.46 | 65 |
| 1.6m | 2 | 0.57-0.54 | 1.39-0.2 | 56 |
| 2m | -3 | 0.27-0.26 | 0.54-0.04 | 49 |
| 3.5m | -8 | 0.11-0.10 | 0.16-0.01 | 46 |
| 5m | -13 | 0.049-0.047 | 0.048-0.009 | 46 |
| 8.5m | -18 | 0.017-0.014 | 0.010-0.001 | 41 |
| 10m | -20 | 0.020-0.014 | 0.004-0.001 | 40 |

그림 3은 입력 파워에 따른 센서노드의 복조회로를 측정된 것이다. 그림 (a)는 입력 파워가 1dBm일 때 이고, 그림 (b)는 입력 파워가 -20dBm일 때의 결과 파형이다. 그림 (b)를 보면 체배되는 레벨은 최대 20mV이지만 신호가 복조된다. A는 비교기에서 출력되는 최종 파형이고 B는 포락선검파기의 출력파형, C는 전압 체배기에서의 출력 파형이다. 표 1은 입력 파워에 따른 복조회로의 출력을 정리한 것이다.

3. 결 론

본 논문에서 제안한 무선 센서노드용 동적 기준전압 방식의 복조회로는 고정적인 기준전압을 유동적인 기준전압으로 바꾸어 사용했다. 고정적인 기준전압일 때에는 수신되는 전력 크기에 따라 예상되는 기준전압 회로를 구현해야 하지만, 유동적인 기준전압은 수신되는 전력 크기에 상관없이 동작 가능하다. 이에 따라 고정적인 기준전압을 사용하여 근거리용 센서노드와 원거리용 센서노드로 구분되어 구현하는 것에 비해 유동적인 기준전압을 사용하여 모든 센서노드가 근거리부터 원거리까지 유동적으로 사용될 수 있게 하였다. 게다가 입력 파워가 -20dBm일 때에도 복조가 가능하여 포락선검파기의 최대 체배전압이 20mV이더라도 복조가 가능하다. 이 복조회로는 진폭변조의 사용에 유리한 시스템에 적용 가능하고, 이는 센서노드의 인식거리 확대에 활용할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.

[2008-F-050-02, 자기유지 WBAN/USN용 u-Scavenging 기술개발]

참고 문헌

[1] J.F.Dickson, "On-chip high-voltage generation in NMOS integrated circuits using an improved voltage multiplier technique," in IEEE J.Solid-State Circuits, vol. SC-11, pp.75-75,1997

[2] John S.Seybold, "Introduction to RF Propagation", Wiley inter-science, white paper series edition 1, 2005