

주차관제를 위한 무선 송수신 모듈 설계 및 구현

論 文
8-1-5

Design and Implementation of Wireless Transceiver Module for Parking Control System

조병학*
(Byung-Hak Cho)

Abstract

In this paper, we show the implementation of the low-cost RF transceiver module for parking control system. Super regenerative receiver scheme was adopted for this module due to its simplicity, low-cost, low power consumption and small number of components to improve reliability of the systems. For improving communication error rate by collision and in-band noise, dual-channel hopping scheme was adopted. Testing prototypes under the environment of simultaneous transmissions, we verified that the designed scheme is able to improve the success rate of data transmission of wireless parking control system cost effectively.

Keywords : super regenerative receiver, wireless transceiver, parking control system

I. 서 론

출입통제형 주차관제 시스템은 주차장을 허가된 차량만 출입할 수 있도록 차단기를 자동 제어하는 시스템으로 LPR시스템(차량번호판 인식), 근접식 RF 시스템, 원거리 RF-TAG 시스템, 리모콘 시스템 등 여러 가지 방식이 있다. 이중, 무선 리모콘(무선 원격 제어기)을 이용한 시스템은 차량의 입 출차 시 운전자가 무선 리모콘으로 제어기에 차단기 개방 신호를 전송하여 차량이 정차없이 입차, 출차하는 방식으로 저렴한 구축비용과 운용비용으로 시스템 출입차량 개별관리가 가능하므로 APT, 빌라, 교회, 사무실 빌딩 등, 소규모 단일 주차장에서 주로 채택 하여 사용하고 있다. 그런데 이러한 무선 리모콘 방식의 출입 통제형 주차관제시스템의 제품 경쟁력 강화를 위해서

는 무선 리모콘의 가격이 저렴할 뿐 아니라 구조가 간단하고 부품 수가 적어 제품의 신뢰도를 높일 수 있어야 하며 입출입 차량의 리모콘 동시 송출에 의한 충돌과 채널 내 방해 전파로 인한 통신 에러율을 개선하기 위한 방안도 필요하다.

본 연구에서는 이러한 저가형의 출입통제형 주차관제시스템의 특징을 고려하여 이에 적합하도록 초재생 수신기(super regenerative receiver)와 이중 채널 도약(dual channel hopping)기법을 채용한 무선 리모콘 및 로드마스터용 무선 데이터 송수신 모듈을 설계하고 구현하였다.

II. 초재생 수신 방식

초재생 방식의 수신기는 1922년 Armstrong에 의해 기존 구조가 고안되었는데 구조가 간단하고 사용되는 부품 수가 적어 낮은 가격으로 구현 가능할 뿐 아니라 시스템의 신뢰도를 개선시킬 수 있고, 전력 소모가 적은 장점이 있어서 지난 수

접수일자 : 2009년 1월 17일

최종완료 : 2009년 3월 24일

*한국정보통신기술대학 방송통신설비과
교신저자, E-mail : chobh@icpc.ac.kr

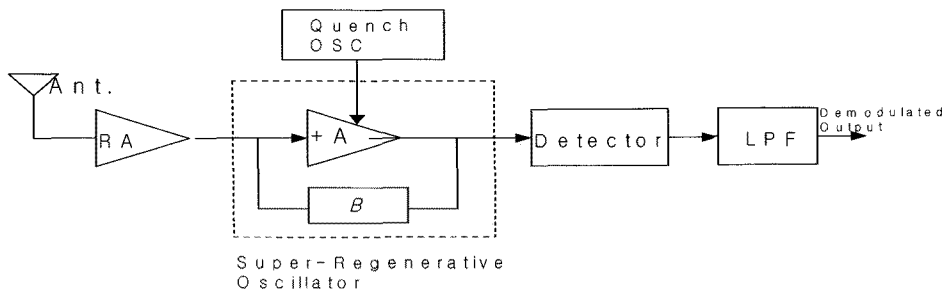


그림 1. 초재생 방식의 수신기 구성도
Fig. 1. Quench oscillator circuit

십년 간 근거리 무선 통신에 널리 사용되어 왔다 [1-3].

초재생 수신기는 그림 2.1과 같이 안테나, RF 수신 증폭기, 초재생 발진기(super-regenerative oscillator)와 켄치(Quench) 발진회로로 구성된다. 초재생 발진기는 보통 RF 입력신호 주파수와 같거나 비슷한 주파수로 발진시키며 발진의 생성 및 중단은 켄치 발진회로의 출력 신호에 의해 주기적으로 이루어진다. 켄치 발진 신호 주파수는 보통 초재생 발진 주파수보다 훨씬 낮은 주파수를 사용하며[4], 초재생 수신회로가 OOK 디지털 복조기로 사용될 경우 켄치 신호의 주파수는 입력 데이터의 최대 주파수보다 최소 2배 이상 높아야 하고 통상적으로 5~10배 정도의 주파수를 사용한다[5]. 켄치 발진회로는 간단한 회로로 구성할 수 있으며 이러한 발진회로를 수신 증폭기 후단에 부가함으로써 아주 미약한 외부 입력 신호에도 민감하게 반응하는 고감도의 수신기를 구현할 수 있다. 그러나 켄치 발진회로 출력은 스파이크 형상에 가까운 톱니파로 안테나를 통해 외부로 출력되면 비교적 넓은 대역폭의 잡음이 발생되며 인접한 다른 전자기에 영향을 줄 수 있다. 또한 수신 주파수 대역폭도 넓어서, 원하지 않는 주파수 신호에 반응하는 단점이 있다.

초재생 수신 회로는 간단한 구조임에도 불구하고 시간 변화적 비직선 특성을 가지고 있어 정확한 이론적 해석이 매우 어렵고 수신 성능을 결정하는 켄치 발진 회로의 발진주파수, 발진 파형을 결정하는 정확한 이론식도 없으나 회로의 Q 특성, 트랜지스터의 비 직선성에 의해 복조된다고 추론하고 있으며 단순화 시킨 모델링을 통한 근사 해석 결과를 기초로 RF 기술 경험과 노하우를 통해 최적화하고 있다. Dynamic range와 수신 감도를 최적화하기 위해서는 주로 켄치 발진기의

도통각과 구동 레벨을 동적으로 제어하여야 하며 [3], 켄치 신호의 파형이 주파수 선택도와 수신 감도 등의 성능을 최적화하는데 중요하다고 요소로 알려져 있다[6].

이러한 초재생 수신 방식은 저가형의 수신기를 구현해야할 경우에 유용하게 이용되며 원격시동기, 원격 차고 출입문 개폐장치, 레스토랑 무선콜 장치, 모형 R/C, Toys, 무선 홈 시큐리티 시스템, 근거리 원격 검침 장치, 저가 무선데이터 송수신 장치 등에 이용된다.

III. 회로 설계

1. 설계 조건 및 방안

리모콘 방식의 출입 통제형 주차관제시스템에 사용되는 무선 리모콘은 누구라도 허가 없이 간단하게 사용할 수 있어야 하므로 법적인 규제에 적합한 것을 이용하여야만 한다. 따라서 일반적으로 VHF대역이나 UHF 대역의 미약 전파를 사용하며, 전파관리법에서 규정하는 미약전파는 322MHz 이하의 주파수를 사용할 경우 3m 떨어진 거리에서 전계 강도가 500 μ V이하가 되도록 송출 전력을 엄격하게 규제 하고 있다. 300MHz 대의 UHF 주파수 대역은 비교적 혼신이 적고 전파 환경적으로 투명도가 높은 주파수 대역으로 회로적으로 구성이 간단한 초재생 회로를 사용하기 편리하여 소형화, 저가격화가 가능한 장점이 있다.

시스템의 시장 경쟁력 강화를 위해서는 출입차량의 리모콘 동시 송출에 의한 통신에러와 in-band 방해 전파에 의한 통신에러를 최소화 할 수 있으면서도 가격이 저렴한 솔루션이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 송신기와 수신기가 각각 2개의 채널 주파수를 교번하면서 송신하고 수신하

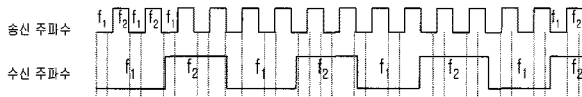


그림 2. 송신기 및 수신기의 주파수 패턴
Fig. 2. Frequency pattern of transmitter and receiver

는 이중 채널 도약 기법을 사용하였다. 이 때 다음 그림 2에서와 같이 수신기의 도약간격(hopping interval)이 송신기의 도약 간격보다 최소 4배 이상 길어서 송신기의 송신 주파수가 빠른 시간 간격으로 두개의 채널 주파수를 스위칭해도 수신기의 어느 한 채널 주파수에 일회 이상 일치하게 되므로 데이터의 수신이 가능하다. 따라서 송신기들의 동시 송출에 의해 어느 한 채널이 충돌하더라도 각각의 송신기의 송출 시간과 호핑 패턴이 완전 일치하지 않는 한 상호 주파수를 피해가는 시간 구간이 존재하므로 단일 톤 재밍에 대한 통신 예러 확률을 개선하게 된다.

본 연구에서는 송수신 채널 주파수를 260MHz와 300MHz의 2개로 선정하였다. 또한 송신 데이터 량이 매우 적고 Bursty하므로 반송파를 on-off 하는 OOK 변조방식을 채용하기로 하였다. 데이터의 인코딩 및 디코딩은 경제적이고 간단한 모토롤라사의 데이터 인코더 및 디코더 페어인 MC145026, MC145027를 사용하였다.

인코더의 송신 클럭 주파수는 적용되는 시스템의 전송 속도 요구 조건을 고려하여 2.6KHz로 설계하였다. 송신기의 채널 스위칭 시간 간격은 0.2sec를, 수신기의 채널 스위칭 시간 간격은 0.8sec를 기준으로 설계하였다. 또한 송신기의 송신키를 누를 때마다 최소 3.2sec간 송신하도록 설계하였다.

MC145026 인코더 IC는 9bit 인코더로서 어드레스는 Trinary 5bit로 32개를 할당할 수 있으며 데이터는 Binary 4bit 입력을 가지며 최대 16가지의 각기 다른 명령을 전달할 수 있다. 인코딩되는 데이터 파형은 그림 3과 같다. 데이터 1bit 송신을 위해서는 인코더 클럭이 8개가 필요하며 9bit가 1개의 워드로 구성되므로 1 워드 전송 당 72개의 인코더 클럭이 필요하다. 신뢰도를 증가시키기 위해 동일한 워드를 두 번씩 송신한다.

MC145027 디코더는 입력되어 온 신호를 받아서 우선적으로 어드레스를 비교하여 일치하는지를 검사한 후, 일치하는 경우 첫 번째 워드의 데

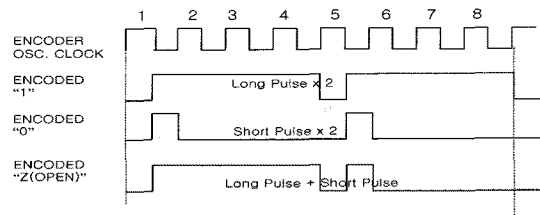


그림 3. 인코더의 데이터 파형
Fig. 3. Waveform of data of encoder

이터와 두 번째 워드의 데이터를 비교하여, 일치하는 경우에만 유효한 데이터로 간주하여 데이터 단자로 수신된 데이터를 출력하며 이를 나타내기 위해 VT단자에 High 펄스를 출력한다. 어드레스가 일치하지 않는 경우는 물론이고, 2개의 워드가 일치하지 않으면 무효 데이터로 판정하여 폐기한다.

인코더와 디코더 간에 데이터 통신을 위해서는 송신 및 수신 클럭 주파수 관계가 매우 중요하다. 요구되는 데이터 전송 속도 고려하여 인코더의 클럭 발진 주파수를 설정하여야 하며 그에 따라 일정한 조건식을 만족하도록 디코더의 수신 클럭 발진 주파수를 설정하여야 한다.

2. 무선 데이터 송신 모듈

송신모듈은 다음 그림 4와 같이 크게 각 채널 반송파를 만들어내기 위한 2개의 RF 발진기와 이를 on-off 할 수 있는 제어회로, 입력 데이터를 발생시키는 인코더, 인코더와 RF 발진기 on-off 제어신호 발생을 위한 게이트 회로 등으로 구성된다.

송신기의 데이터 송신 동작을 그림 5의 송신 및 수신 모듈 제어신호 타이밍 도를 참조로 설명하면 다음과 같다.

Tx 스위치를 누르면 송신모듈에 전원이 인가됨과 동시에 약 3초 정도의 기간을 갖는 one-shot 펄스가 단안정 멀티바이브레이터로 부터 출력되며 펄스 기간 동안만 송신을 가능하게 하는 enable 신호로 이용된다. 또한 파형 정형회로로부터 출력되는 약 0.2 sec의 펄스폭의 on-off 제어신호에 의해 2개의 RF 발진기에 교대로 전원이 인가됨으로써 f1과 f2의 2개의 주파수로 번갈아가며 데이터가 송출된다. 이 때 채널 주파수의 송출 기간 동안 적어도 2개 워드가 2번 송출되며, on-off 제어신호의 패턴을 달리하면 스위칭 되는 송신 주파수 패턴도 다르게 된다.

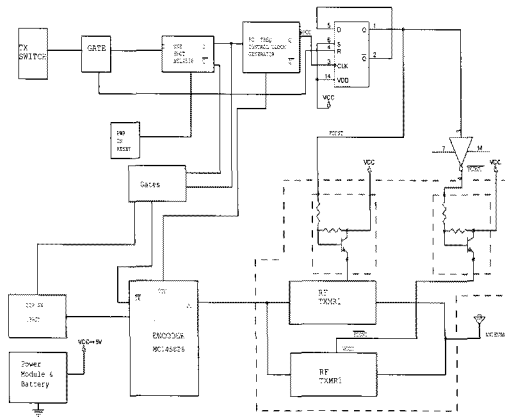


그림 4. 송신 모듈 기능 블록도
Fig. 4. Block diagram of transmitter module

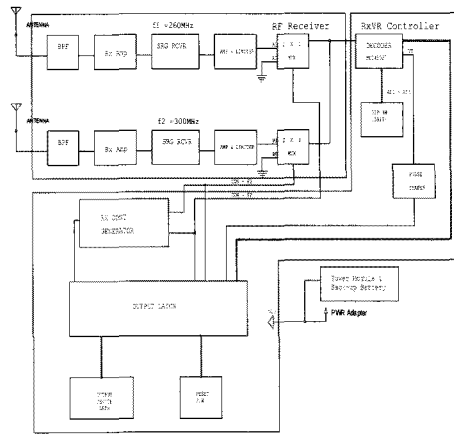


그림 6. 수신 모듈 기능 블록도
Fig. 6. Block diagram of receiver module

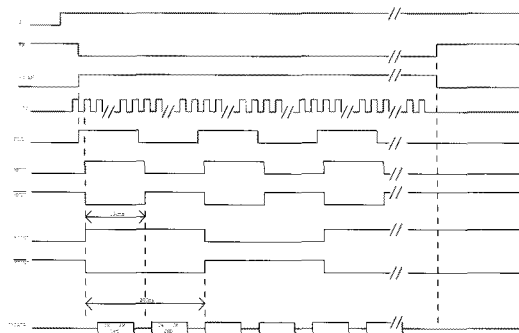


그림 5. 송신 및 수신 모듈의 제어신호 타이밍도
Fig. 5. Timing chart of transmitter and receiver module

3. 무선 데이터 수신 모듈

수신 모듈은 다음 그림 6과 같이 크게 접선으로 표시된 RF 수신부와 실선으로 표시된 수신기 제어부로 구성된다. 수신기도 송신기 측과 같이 2개의 채널 주파수를 스위칭 해야 하므로 동일한 구성의 독립적인 2개의 RF 수신기가 필요하다. 하나는 Low 채널 수신용, 다른 하나는 High 채널 수신용이다. 각 RF 수신기는 안테나와 수신감도와 신호 대 잡음비 개선을 위한 용량 결합형 Dual LC 탱크로 구성된 대역 필터(BPF)와 수신된 RF 신호를 적당한 레벨로 증폭시키기 위한 수신 증폭기, 수신된 RF 신호로부터 데이터를 복조하기 위한 초재생수신기, 복조된 데이터 신호를 TTL 레벨의 디지털 신호로 정형하기 위한 데이터 신호 증폭기와 리미터, 2개의 RF 수신기로부터의 복조된 데이터를 스위칭 해주기 위한 멀티플렉서로 구성된다.

수신기 제어부는 High, Low 2개의 RF 채널로부터 수신 데이터를 번갈아 얻어내기 위한 제어 신호를 발생시키는 Rx 제어신호 발생기, 복조된 데이터를 디코딩하고 설정된 어드레스 값과 비교

검사하여 유효한 데이터만을 출력해주는 인코더, 데이터 수신 동작과 수신 데이터가 올바른지 등을 모니터링하기 위한 출력 래치와 LED로 구성된다. 인코더 출력신호 중에 유효한 데이터가 수신되었음을 외부에 알려주기 위한 VT 신호를 적절히 정형하여 LED가 연결된 출력 래치의 래치 클록으로 사용한다.

IV. 성능 시험 및 결과

송신모듈은 1개의 PCB로 설계 제작하였고 수신모듈은 RF 수신부와 수신기 제어부를 각각의 PCB로 설계 제작하였다.

Prototype을 조립하여 동작 시험한 결과, 2.6KHz의 인코더 송신 클록을 사용하였을 때 약 20m거리에서 양호하게 수신하였으며 이때의 데이터 속도는 5.2Kbps(650baud)에 해당한다. 전송 속도의 최적화를 위하여 인코더 송신 클록을 34.4KHz(4300baud) 까지 높여 시험한 결과 데이터 통신은 되나 통달거리가 현저하게 줄어드는 것을 확인하였다. 실험 결과 송신모듈의 인코더 송신 클록을 약 2.6KHz로 최적화하였다.

송신모듈의 송출 전력은 -10dBm 이하로 제한하여 조정하였고 송신 주파수는 에어 코일과 트리머 캐패시터를 조정하여 Low 채널은 260MHz, High 채널은 300MHz로 조정하였다. 이는 수신모듈의 초재생 수신회로의 수신 대역폭이 20MHz 정도로 넓기 때문에 2개의 채널 신호를 분리 수신하기 위해 발진회로의 튜닝 범위와 trade off한 결과이다.

송신 안테나는 루프 패턴 안테나와 헤리컬 안테나를 사용하여 시험하였으나 루프 패턴 안테나를 사용하는 것이 모듈 소형화와 가격 면에서 유리하여 루프 패턴 안테나를 사용하여 송출 전력을 조정하였다. 수신모듈의 안테나도 송신 안테나의 경우와 같이 루프 패턴 안테나와 헤리컬 안테나를 사용하여 시험하였으나 수신모듈의 경우 크거나 가격 면에서의 요구조건이 송신 모듈에 비하여 덜 까다로우므로 수신 감도를 증가를 위해서 $\lambda/4$ 헤리컬 안테나를 겸용할 수 있도록 하였다.

수신 모듈은 안테나 다음 단의 용량 결합형 복동조(double tuning) LC 수신 대역 여파기와 초재생수신기의 에어코일과 트리머 캐패시터로 구성된 LC 튜닝 회로를 조정하는 것이 매우 중요하다. 초재생수신기의 켄칭 발진 주파수를 송신기의 High 와 Low 채널 주파수로 조정하여야 원하는 수준의 수신 감도를 얻을 수 있으므로 동작 실험을 통하여 Low 채널 용 수신기는 260MHz, High 채널 수신기는 300MHz로 수신 대역 여파기와 초재생 수신기의 발진 주파수 대역을 조정하여 최적화 하였다. 실험 결과 측정된 신호 스펙트럼과 데이터 파형은 다음 그림 7~11과 같다. 그림 12~15는 제작된 Prototype 사진이다.

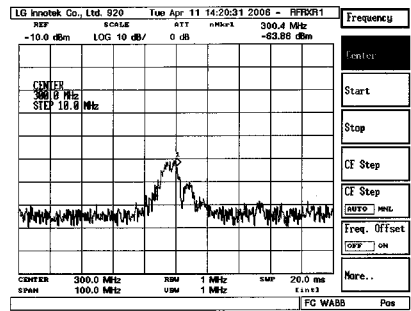


그림 9. 수신 모듈의 주파수 스펙트럼(초재생 방식)
Fig. 9. Frequency spectrum of receiver module (super regeneration)

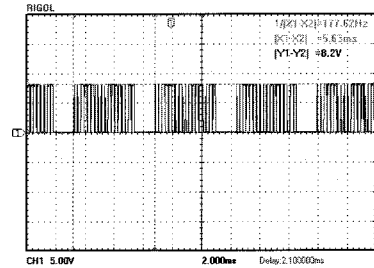


그림 10. 송신 모듈의 송출 데이터
Fig. 10. Transmitting data of transmitter module

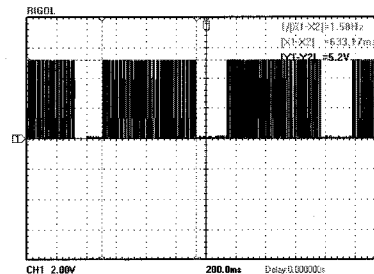


그림 11. 수신 모듈의 수신 데이터 파형
Fig. 11. Receiving data of receiver module

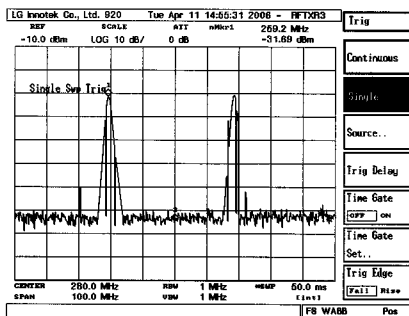


그림 7. 송신모듈의 송신 주파수 스펙트럼(low ch.)
Fig. 7. Frequency spectrum of transmitter module (low channel)

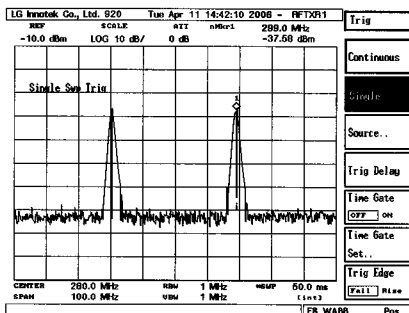


그림 8. 송신모듈의 송신 주파수 스펙트럼(high ch.)
Fig. 8. Frequency spectrum of transmitter module (high channel)

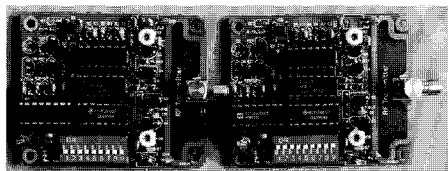


그림 12. 무선 데이터 송신 모듈
Fig. 12. RF data transmitter module

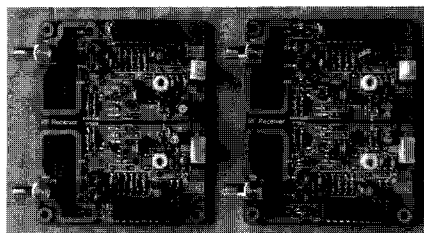


그림 13. 무선 데이터 수신모듈의 RF 부
Fig. 13. RF part of receiver module

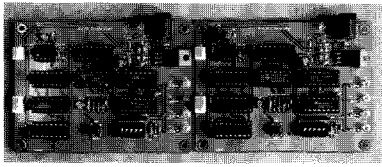


그림 14. 무선 데이터 수신기의 제어부
Fig. 14. Control part of receiver module

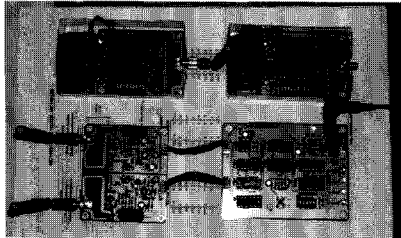


그림 15. 데이터 송수신 시험
Fig. 15. Data transmitting and receiving test

V. 결 론

설계된 무선 데이터 송신 및 수신 모듈의 튜닝을 마친 후, 데이터 송수신 시험을 한 결과, 약 20m 정도의 거리까지 데이터가 수신됨을 확인하였고 2개의 송신기를 동시에 송출하는 경우에 단일 채널로 송출한 경우에 비해서, 송신 데이터를 수신하는 확률이 개선됨을 확인하였다. 또한, 제안된 무선 데이터 송수신 모듈이 리모콘 방식의 저가형 출입 통제형 주차관제시스템, 홈 시큐리티, 홈오토메이션, 전자 토이, 무선 원격 제어 장치, 레스토랑 무선 콜 장치, 근거리 원격 검침 장치, 저가형 WPAN 시스템 등의 데이터 송수신 모듈로 활용하기에 적합함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국정보통신기술대학의 지원을 받아 연구되었음.

[참고 문헌]

- [1] E. H. Armstrong, "A some recent developments of regenerative circuits," *Proceedings of the IRE*, vol. 10, no. 4, pp. 244-260, 1922.
- [2] U. L. Rohde and A. K. Poddar, "A unifying theory and characterization of super-regenerative receiver (SRR)," *Proceedings of the IEEE Conference Electron Devices and Solid-State Circuits*, pp. 229-232, 2007.
- [3] U. L. Rohde and A. K. Poddar, "Super-regenerative receiver (SRR)," *2008 IEEE Sarnoff Symposium*, pp. 1-6, 2008.
- [4] C. Dehollain and M. Declercq, N. Joehl, and J. P. Curty, "A global survey of short range low power wireless data transmission architectures for ISM applications," *proceedings of the International Semiconductor Conference*, vol. 1, pp. 117-126, 2001.
- [5] N. Joeh, C. Dehollain, P. Favre, P. Deval, and M. Declercq, "A low power 1-GHz super regenerative transceiver with time-shared PLL control," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 36, no. 7, pp. 1025-1031, 2001.
- [6] N. Joehl, P. Favre, P. Deval, A. Vouilloz, C. Dehollain, and M. Declercq, "A BICMOS micro-power 1GHz super regenerative receiver," *URSI International Symposium on Signals, Systems, and Electronics*, pp. 74-78, 1998.

Biography



조 병 학(Byung-Hak Cho)

1981년 서울대학교 전자공학과(공학사).
1988년 서울대학교 전자공학과(공학석사).
2002년 성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과
(공학박사).
2004년~현재 한국정보통신기술대학 교수.

<관심분야> 디지털 변복조, 방통융합기술, 케이블 모뎀, 유무선 모뎀, USN, WPAN, 휴대형 멀티미디어기기.

<e-mail> chobh@icpc.ac.kr