



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



공학 석사학위논문

능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템 구현

전남대학교 대학원
전자컴퓨터공학과

장 지 응

2016년 2월



능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템 구현

이 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

전남대학교 대학원
전자컴퓨터공학과

장 지 웅

지도교수 김 영 민

장지웅의 공학 석사 학위논문을 인준함

심사위원장

김 대 진



심사위원

김 영 민



심사위원

최 수 일



2016년 2월



<목 차>

목 차	i
그림 차례	ii
표 차례	iii
국문 초록	1
1. 서론	2
2. 대기전력 및 RFID의 기술 분석	4
가. 대기전력의 정의 및 저감 기술	4
1) 주요 국가의 대기전력 정의 및 정책	4
2) 대기전력 저감 기술	7
나. RFID 기술 및 무선 프로토콜	16
1) 전원 사용 유무에 따른 RFID	19
2) 주파수로 구분하는 RFID	20
3) 능동형 RFID 네트워크용 무선 프로토콜	21
3. 능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템의 구성 및 동작 구현	24
가. 능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템의 구성	24
나. 태그와 리더의 무선 통신 및 대기전력 제어 동작 구현	28
1) 리더의 무선 통신 및 대기전력 제어 동작 구현	28
2) WOR 방식의 태그 동작 구현	30
4. 능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템의 테스트 결과	33
가. 대기전력 제어 모듈 및 모니터링을 통한 동작 확인	33
나. 태그의 수명 측정 및 유사 시스템과의 비교	35
5. 결론	41
참고문헌	42
영문초록	45



<그림 차례>

그림 2.1 대기전력 개념	5
그림 2.2 Transformer의 부하에 따른 효율의 변화	9
그림 2.3 대기전력 공급용 보조전원공급 장치를 포함한 전원부 회로	9
그림 2.4 대기모드 상태에서 Skip Mode Control 및 Burst Mode	10
그림 2.5 Skip Mode Control을 위한 회로도	11
그림 2.6 Burst Mode Control Circuit을 사용하는 FSDL165RN의 블록도	12
그림 2.7 Burst Mode Control 기능을 내장한 Green FPS 적용 회로도	13
그림 2.8 Burst Mode Control 기능의 타이밍도	14
그림 2.9 RF를 이용한 대기전력 저감 시스템	14
그림 2.10 Laser Diode의 광 파워를 이용한 대기전력 저감 시스템	15
그림 2.11 그림 2.11 RFID 시스템 구성도	17
그림 2.12 무선 프로토콜 모듈 구성	21
그림 2.13 무선 프로토콜 Architecture	22
그림 2.14 Peer-to-peer Network	23
그림 2.15 Extensive Star Network	23
그림 3.1 시스템 구성 블록 다이어그램	24
그림 3.2 MSP430F2274 내부구조	26
그림 3.3 CC2500의 블록 다이어그램	27
그림 3.4 리더의 동작 흐름도	28
그림 3.5 프레임 처리 과정	30
그림 3.6 Wake-on-Radio 기법의 태그 동작	31
그림 3.7 태그의 동작 흐름도	32
그림 4.1 리더의 동작 모습	33
그림 4.2 UART 통신을 이용한 모니터링	34
그림 4.3 Sensor Monitor 프로그램을 통한 모니터링	34
그림 4.4 RSSI 이론값과 측정값	35
그림 4.5 태그의 송신 파형 측정 플랫폼	35
그림 4.6 송, 수신 전 태그 파형	36
그림 4.7 송, 수신 후 태그 파형	36
그림 4.8 송, 수신 후 태그 파형(확대)	37
그림 4.9 송신 주기에 따른 태그의 수명	39



<표 차례>

표 2.1 대기전력의 종류	6
표 2.2 인식 매체 간 비교	18
표 4.1 예상 전류 소모량	38
표 4.2 유사 시스템과 본 시스템의 태그 비교	40



능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템 구현

장 지 응

전남대학교대학원 전자컴퓨터공학과
(지도교수 : 김 영 민)

(국문초록)

현재 우리나라는 에너지 수입 의존도가 매우 높으며 전체 에너지의 20%가량을 전기 에너지가 차지하고 있다. 최근 공장이나 사무실뿐만 아니라 가정에서의 전기제품의 수요가 급격하게 증가함에 따라 전기 에너지의 소비를 절감하기 위한 대책 마련이 시급한 실정이다. 이에 따라 제한된 에너지 자원에 대한 효율적인 사용 방법을 위해 대기전력 절감하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 기존의 대기전력 차단 장치는 사용자가 직접 제어해야하는 불편함이 있으며, 대부분의 제어 시스템은 유선으로 되어 있어 비용이나 설치에 있어서 효율이 떨어진다. 이러한 문제점을 개선하고자 본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 능동형 RFID 방식으로 동작하는 대기전력 제어 시스템을 제안한다. 능동형 RFID의 태그와 리더는 초저전력 구동이 가능한 MSP430 마이크로컨트롤러와 CC2500 RF칩으로 구성되어 있으며 1:N 무선 통신으로 센서 네트워크를 형성한다. 실험 결과, 무선 네트워크 내에서 태그의 조인 여부에 따라 콘센트가 부착된 리더는 콘센트의 릴레이를 동작시켜 전원 공급을 차단하여 전력 소모를 낮출 수 있음을 확인하였다. 또한 리더는 각각의 태그에서 정보를 수신하여 태그 인식 여부 및 온도와 전압을 모니터링 할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

2014년 에너지경제연구원의 발표에 따르면 우리나라의 에너지 수입 의존도는 95.7%로 매년 증가하고 있으며, 최근 신재생 에너지를 제외한 모든 부문의 에너지 생산량은 감소하고 있을 정도로 에너지 자원이 부족하다. 전체 에너지의 20%는 전기 에너지이며, 그 사용량을 감소시키기 위한 효과적인 방안이 필요한 상황이다[1][2]. 그로 인해 전기 에너지의 효율적인 사용 방법으로 대기전력을 절감하기 위한 기술 개발이 이루어지고 있다. 대기전력은 실제로 사용하지 않는 상태에서 소비되는 전력으로서 평소 가전 및 사무기기가 작동할 때 소비되는 전력과는 무관한 전력을 말한다. 과거에는 전자기기가 동작할 때 소비되는 전력 크기 때문에 대기전력에 의한 소비는 크게 고려되지 않았으나 최근에는 다양한 기술이 개발됨에 따라 전체 소비전력에서 대기 전력이 소비하는 비중이 커짐에 따라 대기전력에 대한 인식이 새로워지고 있다. 대기전력을 줄이는 방법은 가전 및 사무기기를 사용하지 않을 때 직접 플러그를 뽑아 대기전력을 줄이는 것이 확실한 방법이지만 번거로움과 불편함이 많다. 이러한 불편함을 해결하기 위해 대기전력 차단을 제어할 수 있는 연구가 이루어지고 있다[3].

한정된 환경에서 에너지 절감을 위하여 효과적인 전력망 구성에 대한 스마트 그리드 기술 개발이 진행되고 있다. 스마트 그리드는 기존의 아날로그 전력망에 센서, 양방향 통신, 소프트웨어, 컴퓨팅과 같은 IT기술을 융합한다. 또한 소비자와 공급자 간에 양방향 통신이 가능하여 에너지 효율을 최적화하는 차세대 지능형 전력망이다[4]. 스마트 그리드를 대표하는 USN(ubiquitous Sensor Network) 기술 중 Zigbee, BlueTooth은 핵심 기술로 손꼽히고 있다. 최근 BlueTooth, Zigbee는 1m 이내 거리의 WBAN(Wireless Body Area Network) 통신 방법으로 주목받고 있고, 실제로 RFID의 센싱 데이터 송수신에 유선 인터페이스를 대체할 수 있는 방안으로 기대된다[5][6].

전자제품의 수요가 증가함에 따라 전력 소비를 감소시키기 위해 스마트 그리드의 한 분야인 스마트 플러그에 대한 연구가 진행되었다. 대기전력을 절감하는 일반적인 방법은 전자제품의 플러그를 콘센트로부터 뽑거나, 멀티 탭의 전원을 OFF시키는 방법이 있으나 사용자가 직접 플러그를 뽑아야하는 불편함이 있다. 또한 기존의 스마트 플러그는 대기전원 제어가 가능하나, 전원 제어 스위치가 한



곳에 모여 있을 뿐 자동제어 기능을 갖춘 플러그는 많지 않다. 또한 자동 제어 기능이 각각의 개별 기기들에만 적용되고 있으며, 부하의 사용 패턴이 변할 때 제어 동작을 보면, 이러한 방식의 자동 전원 제어는 개선의 여지가 있다.[7].

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 초 저전력 방식의 능동형 RFID 방식으로 제어되는 대기전력 제어 시스템 구현을 제안한다. MCU의 초 저전력 구동을 통해 능동형 RFID가 저 전력으로 운용되도록 하였으며, 콘센트가 부착된 리더는 각 태그의 인식 여부에 따라 릴레이를 동작시켜 전원 공급을 차단하여 대기 전력을 제어할 수 있도록 하였으며 태그에서 수신된 데이터를 통해 각 태그별 번호, 전압, 온도 및 RSSI값을 모니터링을 하였다.

2. 대기전력 및 능동형 RFID의 기술 분석

가. 대기전력의 정의 및 저감 기술

1) 주요 국가의 대기전력 정의 및 정책

1990년대 후반에 미국의 로렌스 버클리 연구소에서의 캘리포니아의 일반 가정을 조사한 결과 사용하지 않는 시간대에 소비되는 전력이 매우 크다는 것을 발표한 이후로, 에너지 사용량에 있어서 대기전력은 큰 관심에 연구가 시작되었다.

일반적으로 대기전력이란 “기기가 외부의 전원과 연결된 상태에서 해당 기기의 주 기능을 수행하지 않거나 외부로부터의 작동 신호를 기다리는 상태에서 소모되는 전력”이라고 정의된다. 예를 들어, 세탁기의 전원 스위치를 껐으나 전원 플러그가 여전히 콘센트 메인 전원에 연결된 상태에서 작은 양의 소비되는 전력을 말한다.

IEA는 대기전력이란 “스위치가 꺼져 있는 동안이나 기기의 주 기능을 수행하지 않는 동안에 기기에 의해서 소모된 전기량이다. 예를 들면 텔레비전은 소비자가 리모컨으로 스위치를 끈 이후에도 소량의 전기를 계속 사용하고 있다. 외부 전원을 가진 모든 전자제품은 대기전력을 사용한다.”라고 정의하고 있다[8].

IEC는 전기전자제품의 국제표준을 제, 개정하는 기구로 특히, 대기전력 관련해서는 측정 방법 표준을 제정하고 있다. IEC에서는 대기전력을 “기기가 주 전원에 연결되고 제조자 사용설명서에 준해 사용될 때 임의의 시간 동안 존속하며 소비자에 의해 스위치가 꺼지지 않는 최저 소비전력 사용모드에서의 평균 소비 전력이다.”라고 정의하고 있다[9].

미국 에너지부 DOE(Department of Energy)의 Federal Energy Management Program에서 대기전력은 “기기들이 스위치가 꺼져 있거나 주 기능을 수행하지 않을 때 소모되는 전력이다.”라고 정의하고 있다[10].

호주/뉴질랜드 규격 AS/NZS 62301 (Household electrical appliances Measurement of standby power)에서는 대기전력 정의를 앞선 2항의 IEC 국제 규격과 동일하게 “기기가 주 전원에 연결되고 제조자 사용설명서에 준해 사용될

때 임의의 시간 동안 존속하며 소비자에 의해 스위치가 꺼지지 않는 최저 소비 전력 사용모드에서의 평균 소비전력이다.”라고 정의하고 있다[11].

일본의 경제 산업성 산하의 재단법인 성에너지 센터에서의 대기전력 정의는 “대기전력은 기기가 비사용 상태 또는 어떤 것으로부터의 입력(명령, 지식)을 기다리는 시간에 정상적으로 소비되는 전력이다.” 라고 정의하고 있다[12].

해외에서 시행하고 있는 대기전력 분야의 제도는 크게 정부의 강제 집행에 의한 규제와 산업체와 정부 간의 자발적 협약에 의한 형태로 구분할 수 있다. 대기 전력 규제제도는 미국의 캘리포니아 주 최소소비효율 기준, 일본 경제 산업(METI)의 Top Runner Program 과 스위스의 규제프로그램 등이 있다. 제조업체의 자발적 참가에 기초를 두고 인센티브 제공을 통한 에너지 절약형 제품 생산을 유도하는 임의적 프로그램이 활성화되고 있는데, 미국 연방 환경부(EPA)와 에너지부(DOE)가 공동으로 시행하는 Energy Star Program, 영국의 시장전환 프로그램(Market Transformation Program), 독일의 환경마크인 Blue Angel, EU 위원회의 Code of Conduct, 유럽 8개국이 공동 시행하는 GEEA(Group For Energy Efficient Appliances), 노르웨이의 Nordic Swan, 중국 표준인증센터(CSC)의 CSC 에너지 효율 인증 제도 등은 자발적 참여 프로그램의 성격이 짙다.

그림 2.1와 같이 플러그를 차단하지 않은 상태에서 전혀 기능을 수행하지 않거나 또는 리모컨 신호, 네트워크로 연결된 서비스 제공자가 보내는 외부로부터의 신호를 기다리는 상태로 인식하고, 이러한 경우에 소비되는 전력을 대기전력으

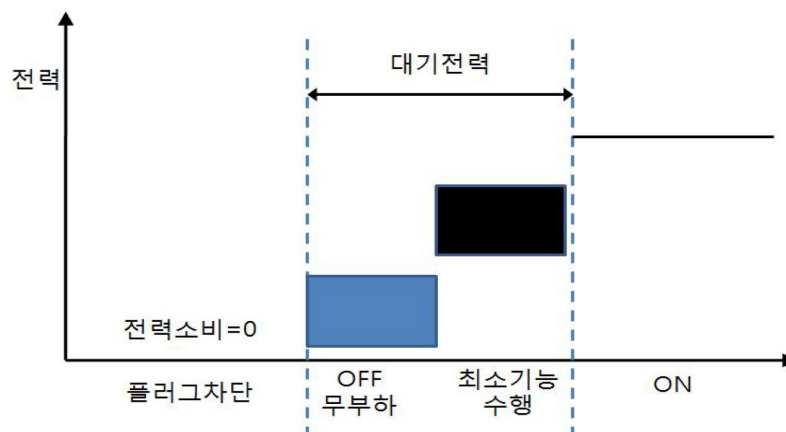


그림 2.1 대기전력 개념[13]

로 정의한다. 또한 전혀 기능을 수행하지 않는 경우에는 대기모드(active standby, passive standby, sleep)로 규정하기로 한다. 표 2.1에서 사무기기의 동작 방식이나 운전패턴이 달라 대기전력의 정의를 일률적으로 적용하기 어려움이 따르기 때문에 표와 같이 대기전력을 플러그를 꽂은 상태에서의 무 동작이나

표 2.1 대기전력의 종류[17][18]

구분	개념	상태	해당기기
무부하모드 noLoad	전원버튼을 이용해 전원을 꺼도 소비되는 전력 0-3W 의 전력. 소비 대기전력이 0W 일 경우는 리모컨이 동작하지 않음	Switched off	어댑터 및 충전기, 전기밥솥
오프모드 Off	전원버튼을 이용해 전원을 꺼도 소비되는 전력 0-3W 의 전력 소비. 대기전력이 0W일 경우는 리모컨이 동작하지 않음.	Switched off	비디오, TV, DVD, 오디오, 전자레인지, PC, 복사기, 프린터, 모니터
수동대기모드 Passive Standby	리모컨을 이용해 전원을 꺼도 소비되는 전력. 오프모드보다 전력소비가 더 많음.	Switched off	TV, 비디오, 오디오, DVD, 휴대전화충전기
능동대기모드 Active Standby	네트워크로 연결된 디지털가전 기기는 전원을 꺼도(소비자는 꺼진 것으로 착각) 실제로는 꺼지지 않은 상태에서 20-40W 에 이르는 많은 대기 전력 소비(사무기기의 Sleep mode 와 비슷)	Switched off	셋톱박스, 홈 네트워크
슬립모드	기기가 동작 중 사용하지 않는 대기상태(Standby)에서 소비되는 전력	On and Standby	팩시밀리 복사기, PC, 모니터, 프린터 디지털 복합기, 스캐너

최소동작의 여부에 따라 무 부하모드, off 모드, passive standby 모드, active standby 모드, sleep 모드로 구분할 수 있다. 아무런 동작을 하지 않을 때 소비 전력을 off 모드 시의 대기전력, 리모컨을 이용하여 전원을 켜고 꺼질 때 소비되는 전

력을 passive standby 대기전력, 네트워크로 연결된 디지털 가전기기의 전원을 켜둘 때 소비되는 전력을 active standby 대기전력, 기기가 정상동작을 위해 대기상태에서 소비하는 전력을 sleep 모드 대기전력이라 한다[15][16]. 현재까지 보급된 가전 및 사무기기는 off 모드, passive standby 모드, sleep 모드가 대부분을 차지했으나, 네트워크 기기의 보급이 활성화되면서 active standby 모드에서의 대기전력이 점점 증가하고 있다[13].

1990년대 후반부터 백색가전기기에 대한 에너지 효율 제품 유통을 목적으로 에너지 소비효율등급 표시 라벨 부착의무화는 시작되어 오고 있으나, 대기전력에 관한 관심은 이보다 훨씬 늦게 시작되었다. 국제 규격인 IEC 62301(대기전력측정 방법)규격이 확정된 이후, EU 규격에서 채택, EU 자국 규격으로 확정, 시행되기까지는 2011 이후로 강제화가 될 듯 하다.

호주는 세계 최초로 2002년도에 대기전력 1W 달성을 국가정책으로 하여 2012년까지 완료할 것을 선언하였고, 세탁기, 건조기 및 식기세척기의 경우 2003년 10월에 대기전력에 관한 프로파일이 시작되었고, “off mode”와 “end of cycle mode” 각각에 비해 2007년도 1차 목표 2012년 2차 목표를 수립하였다. 2005년도에 호주/뉴질랜드 규격에 세탁기와 식기세척기 두 제품 군에 대해 “off mode”와 “end of cycle mode” 각각의 대기전력 측정치를 의무 보고서화하기로 했고 에너지 라벨의 에너지 표기 값에 따라 대기전력 값도 포함키로 하였다.

한국은 2007년 1월 1일부터 전기세탁기의 경우 대기전력 1W 이하를 만족하지 못하면 1등급을 받을 수 없도록 규격이 개정되었으며 2008년 1월 1일부터는 전기드럼세탁기에도 적용되었다. 또한, 에너지 절약마크제도 대상이 되는 전자레인지에도 대기전력 1W 만족해야만 에너지 절약 마크를 사용할 수 있도록 규격이 시행되었으며 이에 준해 5분간 측정한 소비전력을 기준으로 1W 이하, 초과로 에너지 1등급 및 에너지 절약 마크 부착 여부를 결정하도록 규정하고 있다[14].

2) 대기전력 저감 기술

전원장치가 대기모드 상태에서 동작하는 동안 발생하는 대기전력은 크게 스위칭 손실, 초기 구동 시 저항에서의 손실, Control IC에서의 손실로 분류할 수 있

다.

스위칭 손실은 일반적으로 전원장치의 파워스위치 소자가 구동하면서 발생하는 손실로 전압, 전류의 Overlap에 의한 손실, MOSFET 및 Diode의 Turn-On 손실, Leakage Inductance에 의한 손실 및 게이트 구동에 의한 손실 등을 약 0.5~0.6W 정도의 값을 나타내며 초기 구동 시 저항에서의 손실은 0.1~0.2W, Control IC에서의 손실은 약 0.03~0.2W 정도이다.

이러한 전원장치에서의 대기전력 소모를 줄이는 방법에는 전원장치를 구성하는 수동 부품에서의 손실을 줄이거나 MOSFET과 같은 파워 스위치에서의 손실을 저감하도록 하는 방법 등이 있으나 이러한 방법으로는 대기전력 절감에 한계가 있다[17][18].

첫 번째 방법은 Auxiliary Power Supply 기법은 Main Transformer와는 별도의 대기전력 공급용 Aux. Transformer를 사용하는 기법이다.

일반적으로 사용되는 Transformer의 손실은 AC전원에 접속되고 있을 때 부하의 유무에 상관없이 1차 측에는 무 부하 전류가 흐르며 철심 내 자속의 주기적 변화에 의해 상실되는 무 부하 손실이다. 이것은 철심 중에 생기므로 철손이라고 하며 이 손실 중 80%가 히스테리시스 손실이고 나머지는 와전류 손실이다[19].

Transformer의 효율은 그림 2.2에 나타낸 것과 같이 정격전력보다 매우 낮은 전력을 공급할 경우 그 효율이 급감한다. 따라서 전자기기가 대기모드로 전환하여 소비전력이 대기전력 수준으로 떨어지게 되면 변압기의 효율은 급격히 나빠지고 대기전력을 공급하기 위한 소비전력보다 Transformer에서의 손실이 더 커지게 된다.

이러한 대기상태에서의 무부하 손실을 막기 위하여 Fairchild Semiconductor사에서는 그림 2.3과 같은 Auxiliary Power Supply를 사용한 대기전력 저감 회로를 개발하였다. 마이크로프로세서가 Auxiliary Power Supply로 대기모드 신호를 전달하면 대기전력 공급을 위한 저 전력용 Auxiliary Power Supply 만을 사용하여 Main Transformer의 무 부하 손실을 줄이는 기술이다. 하지만 종래기술과 마찬가지로 대기모드 상태에서 Auxiliary Power Supply가 AC전원과 완전히 분리되지 않아 수백 mW의 대기전력이 발생된다.

대기전력을 저감하기 위한 또 다른 기술들로는 SMPS 제어의 효율을 높임으로써 대기전력을 저감하는 방법들이 있다.

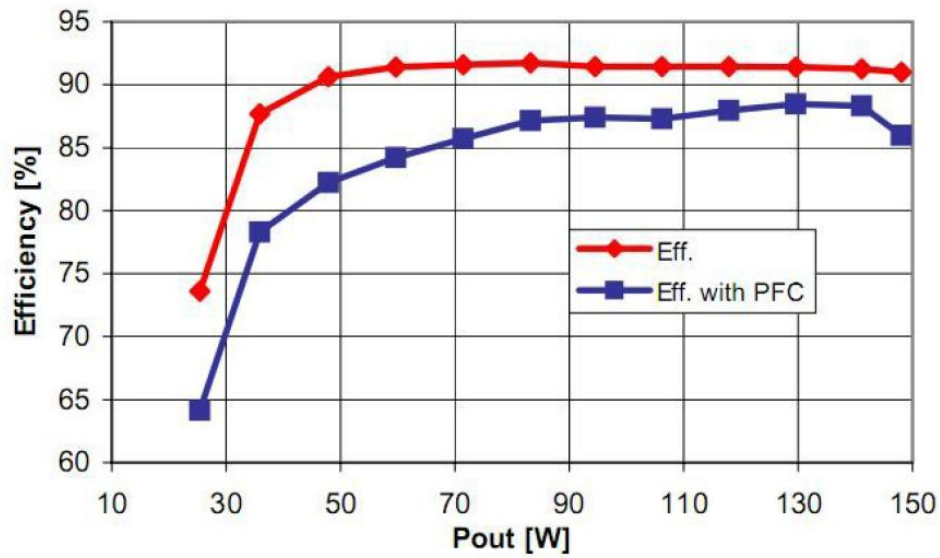


그림 2.2 Transformer의 부하에 따른 효율의 변화[19]

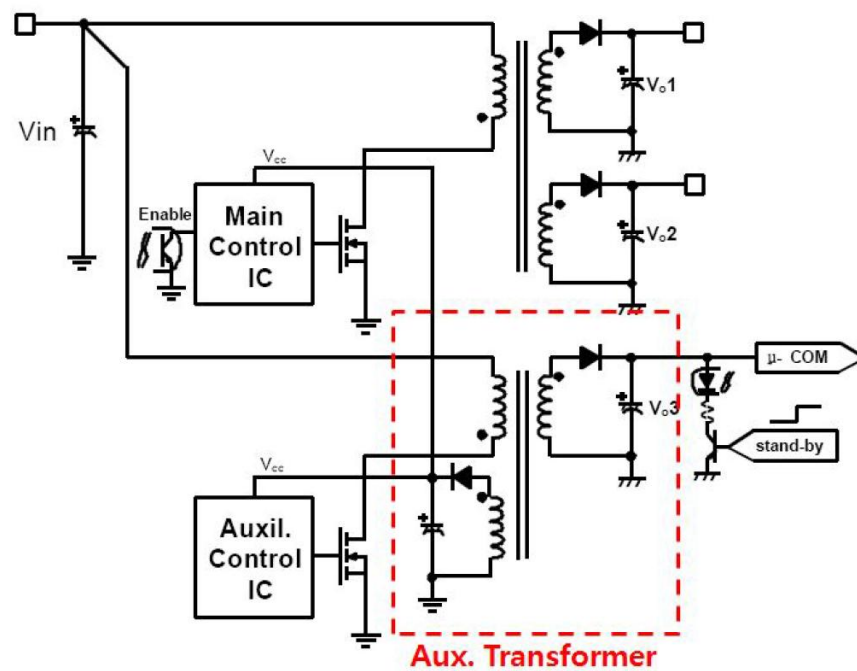


그림 2.3 대기전력 공급용 보조전원공급 장치를 포함한 전원부 회로[20]

대표적인 방법으로는 원장치가 대기모드에서 동작하는 경우 파워스위치 구동 신호의 주파수를 부분적으로 Skip하여 대기모드 상태에서 전원장치의 파워스위치가 동작하는 주기를 감소함으로써 대기전력을 감소시키는 Skip Mode Control 방식과 파워스위치 구동신호의 동작 주파수는 그대로 유지하면서 일정 간격을 두고 구동신호 전체를 정지하는 방법인 Burst Mode Control 방법이 있다.

대기모드 상태에서의 Skip Mode Control과 Burst Mode Control 기법을 사용하는 경우 파워스위치를 구동하는 신호의 형태를 그림 2.4에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 Skip Mode Control 기법은 전원장치가 대기모드에서 동작하는 경우 파워스위치 구동 신호의 주파수를 부분적으로 Skip하여 대기모드 상태에서 전원장치의 파워스위치가 동작하는 주기를 감소함으로써 대기전력을 감소하는 방법이다.

파워스위치의 동작주파수를 Skip하기 위해 주로 그림 2.5와 같은 회로가 사용된다.

그림 2.5에서 FB 단자 다음의 비교기 중 하단 비교기에서 전원장치내의 파워스위치 소자에 흐르는 최대 전류값의 일정 비율보다 FB 당자 전압이 낮아

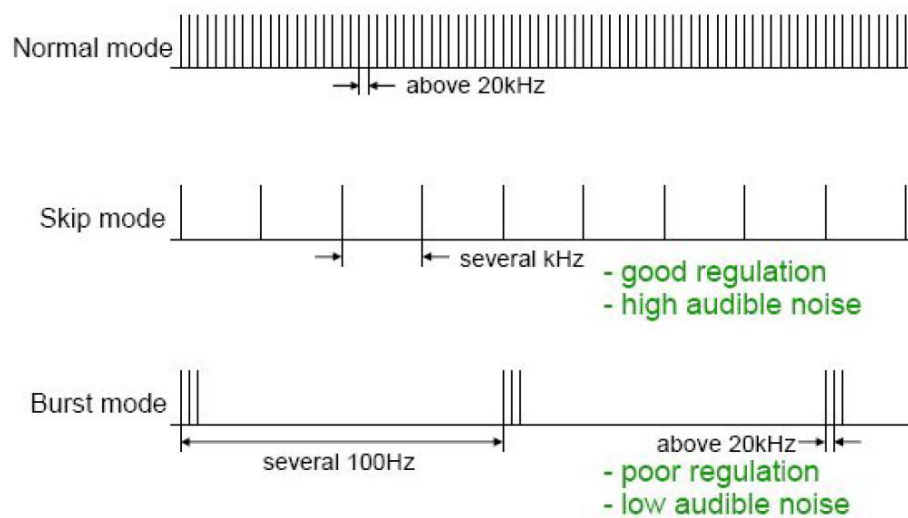


그림 2.5 대기모드 상태에서 Skip Mode Control 및 Burst Mode Control 기법에 따른 파워스위치 구동 신호 파형[21]

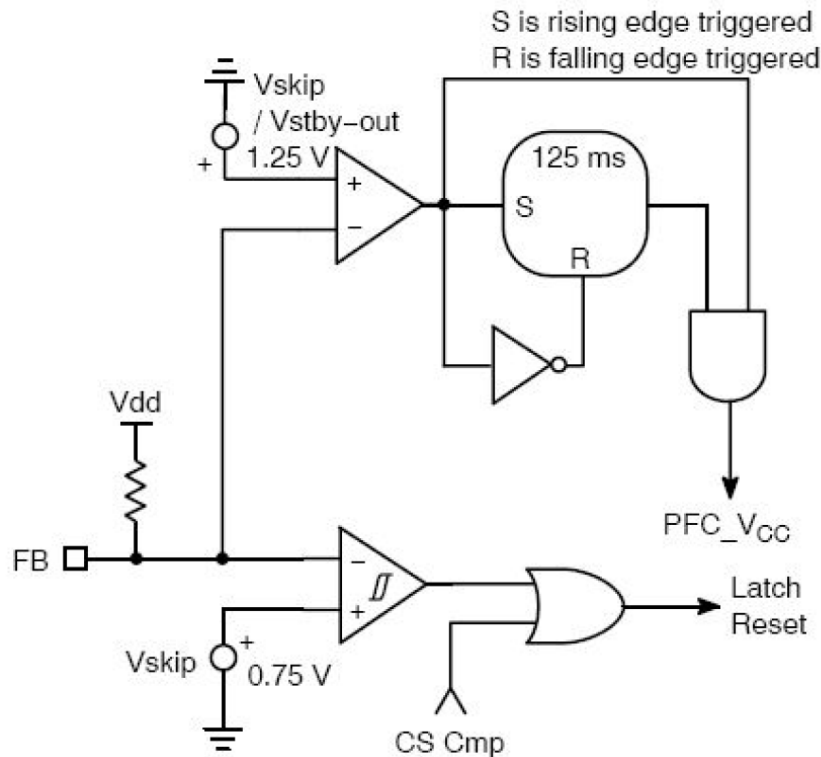


그림 2.6 Skip Mode Control을 위한 회로도[22]

지는 경우에 더 이상의 전류량 감소를 막기 위해 제어 IC에서의 파워스위치 구동 신호를 Skip하도록 하기 위한 비교기 Skip Cycle Mode가 시작되도록 해주는 역할을 하며, 상단 비교기에서는 FB 단자 전압이 증가하는 경우 제어 IC에서의 Skip Cycle Mode 동작이 정지되도록 하는 역할을 한다. FB 단자의 전압은 전원장치 출력부에서의 부하량에 의존하는 값으로 부하량이 감소하면 FB 단자 전압도 감소하며, 부하량이 커지게 되면 FB 단자 전압 역시 증가하게 된다. 만일 전원장치 출력부에서의 부하량이 감소하여 FB 단자 전압이 하단 비교기에서 정의한 값보다 낮아지게 되면 Skip Cycle Mode 동작이 시작되며 이후 FB 단자 전압이 상단 비교기에서 정의된 값보다 커지기 전까지는 Skip Cycle Mode 동작을 유지하게 된다.

이러한 Skip Mode Control 기법은 전원장치 출력의 Regulation 특성이 좋다는 장점이 있는 반면 기본 주파수를 Skip하여 사용하기 때문에 파워스위치 구동신호의 동작주파수가 가청주파수대로 진입하는 경우 가청 노이즈가 발생하게 된다는 단점이 있다. 주파수의 Skip주기를 줄임으로써 대기모드 상태에서의 동작주

과수를 가청주파수 이상으로 만들어 가청 노이즈 문제를 해결할 수는 있으나 이 경우 대기모드 상태에서의 전력 손실 저감효과가 감소한다는 문제점이 있다.

Burst Mode Control 기법은 Skip Mode Control 기법과는 달리 그림 2.4와 같이 파워스위치 구동신호의 동작 주파수는 그대로 유지하면서 일정 간격을 두고 구동신호 전체를 정지하는 방법을 이용해 대기전력을 줄이는 기법으로 주로 그림 2.6와 같은 회로가 사용된다.

그림 2.6에서 Vfb 단자 다음의 비교기 중 상단의 비교기는 Burst Mode 동작 시 구동 신호가 정지되는 구간을 만들어주기 위한 비교기이고 하단의 비교기는 Burst Mode 동작을 시작하게 해주는 비교기이다. Vfb 단자에 인가되는 전압은 전원장치 출력부에서의 부하량에 따른 Feedback 전압으로 부하량에 비례하는 값을 가진다.

만일 Feedback 전압이 하단 비교기에서 정의된 값 V_{BURH} 보다 커지게 되

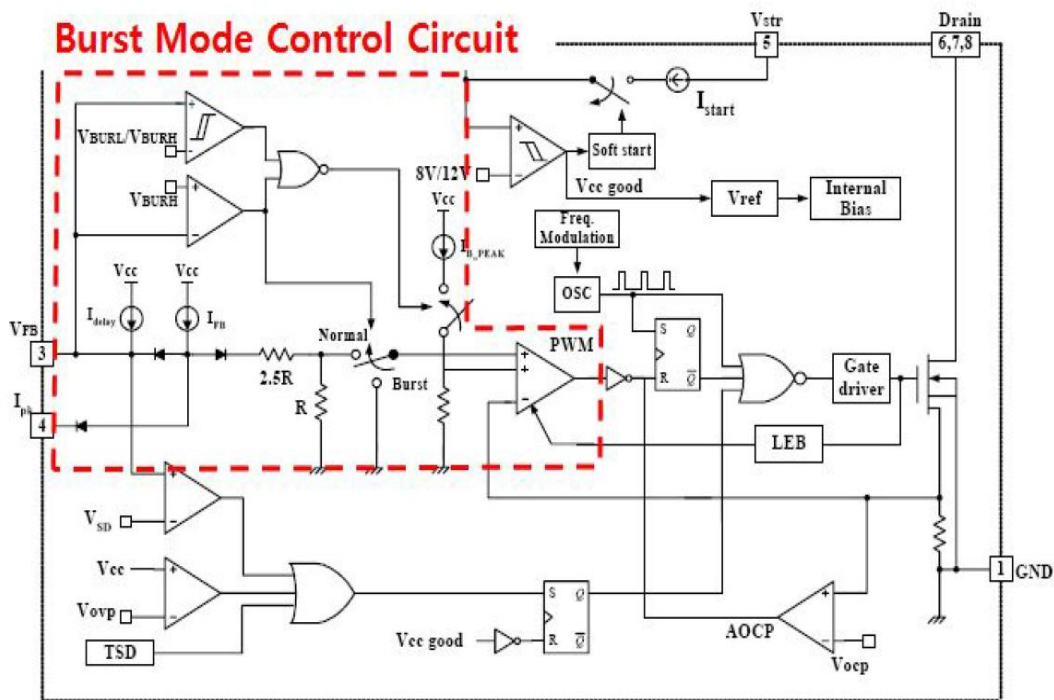


그림 2.7 Burst Mode Control Circuit을 사용하는 FSDL165RN의 블록도[23]

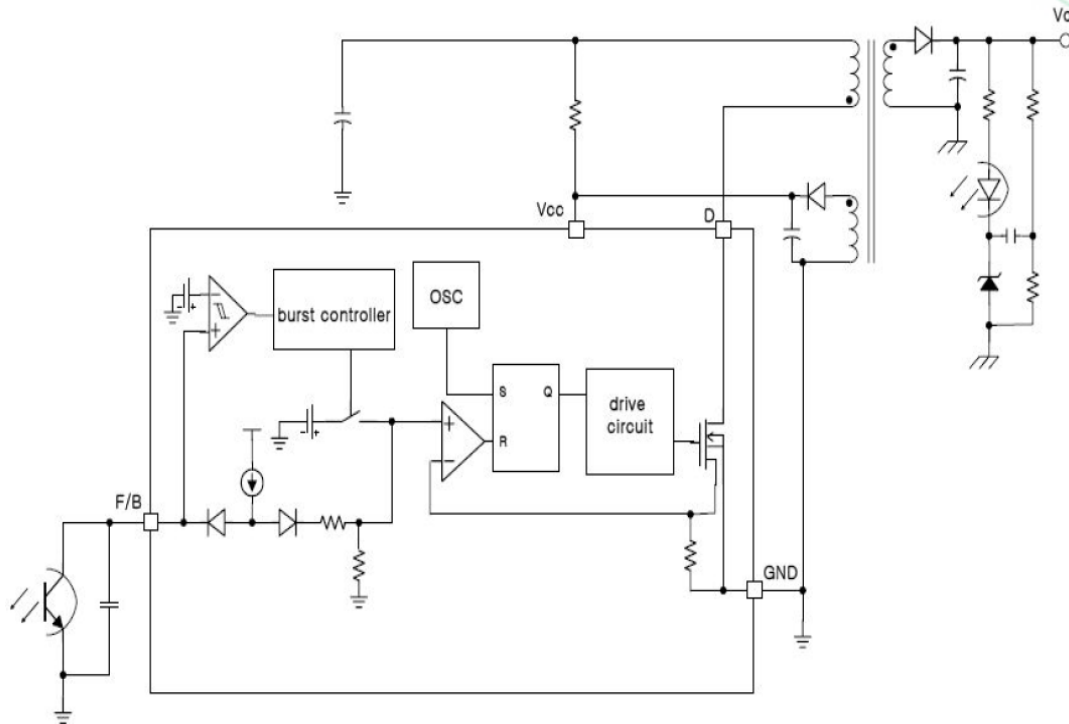


그림 2.8 Burst Mode Control 기능을 내장한 Green FPS 적용 회로도[21]

면 제어 IC의 스위칭 동작이 재개되며 이와 같은 동작을 반복하는 것이 Burst Mode Control이다.

그림 2.6과 그림 2.7는 Burst Mode Control 기법을 적용한 Fairchild Semiconductor사의 Green FPS 기술의 회로도 타이밍도이다. 그림 2.6과 같이 FeedBack 전압 값이 V_{BURH} 에 도달하게 되면 스위칭 동작을 통해 I_{DS} 가 흐르게 되고 FeedBack 전압 값이 V_{BURH} 로 떨어지게 되면 I_{DS} 는 차단된다.

위와 같은 Burst Mode Control 기법의 경우 파워스위치 구동 신호의 동작 주파수는 정상동작 상태와 동일하게 유지되기 때문에 Skip Mode Control 기법처럼 가청 노이즈가 발생하지 않는다는 장점이 있으나 구동신호의 정지폭이 수백 Hz이기 때문에 전원장치의 출력의 Regulation 특성이 나빠지고 AC전원과 완전히 분리되지 않기 때문에 수백 mW의 대기전력이 발생하는 단점을 가지고 있다.

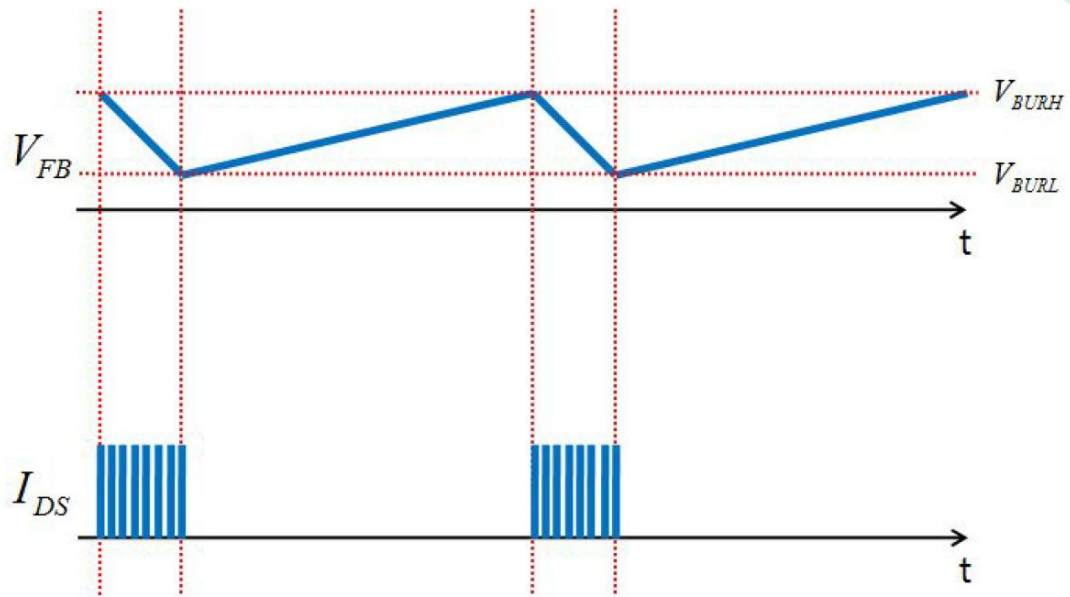


그림 2.9 Burst Mode Control 기능의 타이밍도[21]

이 시스템은 RF를 이용한 대기전력 저감기술로 Remote Controller 파트와 Electrical Equipment 파트로 구성되어 있으며 그 구성은 아래 그림 2.9과 같다.

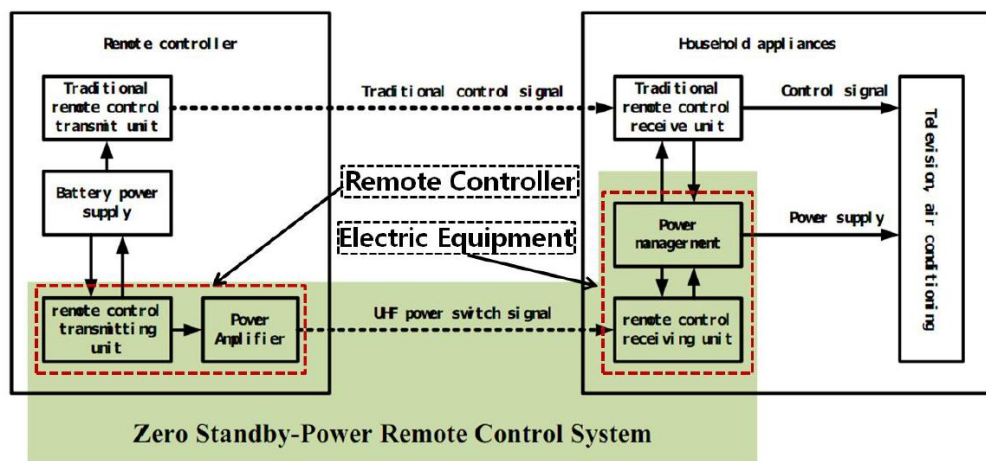


그림 2.10 RF를 이용한 대기전력 저감 시스템[24]

Remote Controller 파트는 RF Transmitter와 Power Amplifier로 구성되어

있으면 대기상태에서 이 파트는 Off 상태이다. On/Off 버튼을 누르게 되면 Transmitter 부에서 변조된 RF신호를 보내게 되고 잠시 후 다시 꺼지게 된다.

Electrical Equipment 파트는 RF Receiver와 Power Management부로 이루어져 있다. 이 파트에서는 안테나를 통해 들어온 변조된 RF 신호를 복조시켜 에너지를 얻게 된다. 이렇게 얻어진 에너지는 Power Switch의 On/Off를 제어하기에 충분하지 못하므로 전원으로 배터리가 포함된 Relay를 사용한다.

이러한 시스템은 Burst Mode로 동작하기 때문에 동작 중 매우 적은 전류로 동작하게 되고, 매우 적은 파워로도 동작이 가능하다.

하지만 이러한 시스템의 구현을 위해서는 큰 사이즈의 Directional Antenna가 필요하며 Relay를 구동하기 위해 추가적인 배터리가 필요하다는 단점이 있다.

대기전력을 저감하기 위한 기술들 중 Laser의 광 파워를 이용하여 대기전력을 저감하는 기술도 있다. 아래 그림 2.10는 대기상태에서 가전기와 교류전력선의 연결을 릴레이를 이용하여 물리적으로 분리시킨 상태에서 Laser Diode의 광 파워를 전기적인 에너지로 변환하여 릴레이를 On 시키는 시스템으로 대기 상태에서 가전기기가 소비하는 대기 전력은 0W이다.

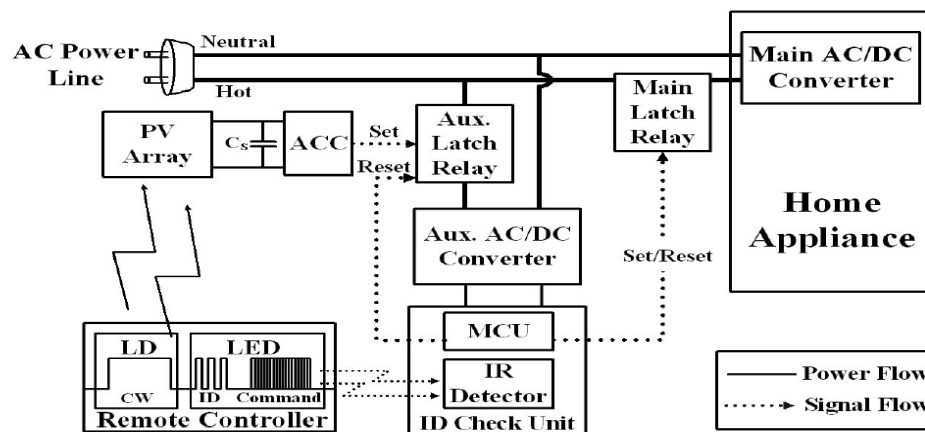


그림 2.11 Laser Diode의 광 파워를 이용한 대기전력 저감 시스템[25]

위 시스템에서 가전기기를 On 시키기 위한 Laser Diode 출력 파워는 Solar Cell을 통해 전기적인 에너지로 저장되게 된다. 일정 전압 이상이 충전될 경우 자동적으로 부하와 연결시켜주는 Automatic Connection Circuit(ACC)을 통해 저장된 에너지로 보조 릴레이를 On시키게 된다. 보조 릴레이가 On이 될 경우

보조 AC/DC Converter가 On이 되면서 MCU와 IR Detector에 전력을 공급하게 되고 Laser Diode 이후에 들어오는 IR LED의 신호를 판단하여 On 신호가 맞을 경우 가전기기와 교류전력선 사이의 릴레이를 On시키게 된다.

이러한 시스템은 대기 상태에서 가전기기가 교류 전력선으로부터 사용하는 에너지가 전혀 없다는 점에서 완벽하게 대기전력 0W를 구현하였다고 볼 수 있지만 Laser Diode의 출력이 정확하게 Solar Cell으로 들어가야 한다는 문제가 있으며 거리가 멀어질수록 Laser Diode의 단위면적당 광 파워가 줄어들어 거리에 제한이 있다는 문제가 있다.

나. RFID 기술 및 적용된 무선 프로토콜

RFID(Radio-Frequency Identification) 기술은 전파를 송신하여 어느 정도 거리에서 정보를 인식하는 기술이다. 여기에는 RFID 태그와 판독기가 필요하다.

그림 2.11에서 나타난 것과 같이 안테나와 반도체 Chip이 결합된 태그, 태그와 무선 통신 기능을 수행하기 위해 반도체 Chip과 안테나가 결합된 RFID 리더, 그리고 태그와 리더 간 무선 통신을 통해 수신된 데이터를 관리하는 서버로 이루어져 있다. 태그는 IC(Integrated Circuit)과 안테나로 구성되며, IC 안에 정보가 저장되고 안테나를 통해 리더기로 데이터를 보낸다. 송신된 데이터는 태그가 결합된 대상을 인식하는데 사용되며, 바코드와 기능이 유사하다. RFID와 바코드의 차이점은 빛을 이용하여 대상을 판별하는 대신 전파를 이용한다는 것이다. 따라서 바코드처럼 짧은 거리에 한정되어 작동하는 것이 아니라 먼 거리에서도 태그 인식이 가능하며, 물체를 통과하여 데이터 수신도 가능하다.

현재 RFID 기술의 응용분야는 매우 다양하다. 육상 경기에서 기록을 측정하거나 상품의 생산 과정을 추적하는 것부터 태그가 신분증이나 여권 등에 부착되어 개인 정보를 기록, 인식하는 데까지 광범위하게 사용되며, 하이패스나 교통카드에도 RFID가 이용된다.

또한 태그가 동물의 피부에 이식되어 가축이나 야생동물 관리 및 보호에도 사용된다. 일본 오사카에서는 학생들의 옷이나 가방에 태그를 붙이고 있으며, 신분증을 확인함으로써 건물의 출입을 통제하는 시스템에도 RFID를 적용하고 있다. 때때로 태그는 사람 몸에 이식되기도 하는데 멕시코에서는 법무부 장관이 18명

의 사무실 직원의 신체에 태그를 이식하여 비품이나 기밀문서 관리실에 출입하는 것을 통제하는데 이용했다. 또한 RFID 업체인 VeriChip사는 애틀랜타 당뇨병 엑스포(Atlanta Diabetes Expo)에서 18명의 당뇨병 환자들에게 RFID 칩을 이식하고 병원에서 환자들이 의사소통이 불가능한 상태나 무의식 상태로 수송될 경우, 몸 안에 있는 RFID Chip을 리더기를 사용하여 스캐닝 함으로써 데이터베이스에 저장된 환자의 상세 정보를 가져올 수 있게 하였다.

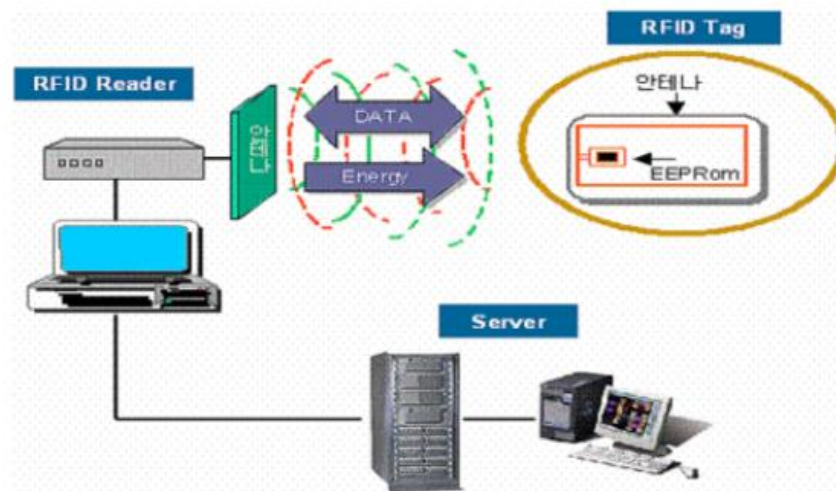


그림 2.11 RFID 시스템 구성도

앞으로 RFID가 적용, 응용될 분야는 증가할 것이다. 특히, RFID는 바코드의 대체품으로서 기대된다. RFID 태그는 메모리로 집적 회로를 사용하기 때문에, 단순한 음영으로 정보를 기록하는 바코드보다 더 다양한 정보를 수록할 수 있다. 따라서 바코드처럼 물건의 종류만 식별하는 대신 개개의 물건마다 일련번호를 부여할 수 있다. 이런 기능들은 물건의 재고를 관리하고 절도를 방지하는 데 큰 도움이 된다. 게다가 RFID는 전파를 이용하여 다수의 태그를 동시에 읽어 낼 수 있는가 하면, 원거리에서도 읽어낼 수 있는 등 현재 일반적으로 널리 사용되고 있는 바코드(Bar code)에서는 없었던 여러 가지 기능과 특징을 가지고 있다. 바코드의 경우 레이저 판독기를 바코드에 직접 접촉시켜야 하지만 RFID는 안테나와 태그만 있으면 리더를 직접 접촉하지 않아도 상품의 정보를 손쉽게 식별할

수 있으며 필요한 정보를 삽입할 수 있다. RFID는 최근 IT 기술의 급속한 발전으로 소형화, 저가화, 고기능화를 실현한 개발이 이루어져, 대용량, 고속 전송에서 소형화 및 저 비용에 이르기까지 다양한 응용 분야와의 접목이 기술적으로 가능해지고 있다. 향후 RFID의 상용화는 태그의 가격, 크기, 성능 등 센서 기술이 발전함에 따라 시장에서 적용이 보편화되면서 단계적으로 발전할 것으로 기대된다[26].

표 2.2 인식 매체 간 비교

특성	바코드	마그네틱 스트라이프	RFID
읽기 모드	간접 접촉	직접 접촉	무접촉
읽기 가능 범위	0~50초	리더기 삽입	0~5 m
읽기 속도	4초	4초	0.01~0.1초
성공률	99% 미만	99.9% 이상	99.9% 이상
수명	영구	최대 10,000번	최대 100,000번
데이터 저장 용량	1~100 바이트	1~100 바이트	최대 64K
쓰기	불가능	가능	가능
파손 가능성	아주 빈번	빈번	거의 없음
비용	초저가	저가	0.5~10 달러
보안 기능	거의 없음	거의 없음	복사 불가능

한국 RFID/USN 협회의 2005년 9월 “RFID 산업 동향 및 전망”이란 보고서에서 RFID는 세계적으로 도입 초기 단계에 있기 때문에 그 시장 규모를 예측하기가 매우 어렵다고 발표하고 있다. 발표 자료마다 조금씩 다르지만 대략적으로 2005년 7조원대의 규모를 2010년에는 약 80조원 대의 시장 규모를 전망하였다 [27].

그러나 RFID의 활용에는 기술 투자가 더 이루어져야한다. 먼저 명확한 국제적 규격이 없기 때문에 유럽, 일본에서 사용하는 주파수와 미국에서 사용하는 주파수가 달라 서로 호환성이 되지 않는다. 이 때문에, 공항에서 RFID 태그가 부착된 여권을 이용한 자동 통과 시스템이 상용화되려면 적지 않은 시간이 걸릴 것으로 예측된다. 시민 단체와 같이 RFID 도입을 반대하는 사람들은 RFID가 개인 정보가 노출시킬 것으로 우려하고 있다. RFID 태그를 신분증에 부착할 경우, 같은 주파수를 인식하는 리더만 있으면 누구라도 내 정보를 얻을 수 있는 가능성

이 있기 때문이다. 또한, 물품 관리에 바코드 대신 RFID를 이용할 경우, 각 물품마다 일련번호가 붙기 때문에 소비자가 결제 시 태그를 제거하지 않는다면 소비자의 이동 경로를 다른 사람이 추적할 수도 있다. 현재, RFID 보안기능기술은 충분히 이루어지지 않았기 때문에, 리더 위장, 센서 노드 및 태그 정보의 변조, 네트워크 해킹, Dos 공격 등과 같은 개인 정보 유출 등의 위협에 노출되어 있다. 게다가 기존의 네트워크보다 RFID을 이루는 태그 및 노드의 수가 상당히 많고, 구성되는 네트워크 구조가 중앙 집약형이 아니라 자율 분산형이므로, 기존의 네트워크보다 보안에 취약할 수밖에 없다[28].

1) 전원 사용 유무에 따른 RFID

RFID는 전원의 사용 유무에 따라 수동형, 능동형, 반수동형으로 구분할 수 있다.

수동형 RFID는 태그가 별도의 배터리가 없이 동작하며 전원은 리더로부터 송출되는 전자파를 정류하여 생성시킨다. 배터리를 사용하지 않기 때문에 보통 10m 이내의 근거리 통신용으로 사용되고 구조가 비교적 간단해 소형화, 저가의 구현이 가능하다. 일반적으로 물류 관리나 교통, 전자상거래 등에 사용되고 있다. 반수동형 RFID 태그는 전원을 가지고 있지만 리더로부터 신호를 받을 때까지는 동작을 하지 않는다. 따라서 오랜 시간동안 사용할 수 있다. 능동형 RFID는 태그가 자체 무선 주파수의 송신과 장거리의 데이터 전송이 가능하고 센서와 결합이 가능하다는 장점이 있다. 일반적으로 433MHz, 860MHz~960MHz의 극초단파 대역과 2.4GHz의 마이크로파 대역에서 사용된다.

ISO/IEC 18000-7 표준은 능동형 RFID 시스템의 프로토콜로서 무선을 구현을 위한 Physical 계층과 Data link 계층을 정의하여 Air interface를 제공하고 있다[29].

Physical 계층에서는 433MHz 대역으로 FSK(Frequency-Shift Keying) 변조 방식을 사용하도록 정의하고 있다. Data link 계층에서는 태그와 리더 사이의 데이터 패킷 형식을 정의하고 있으며, 리더가 많은 수의 태그 정보를 수집하는 방법으로 slotted ALOHA 프로토콜을 사용하도록 정의하고 있다. 리더는 사용자의 필요에 의해서 slotted ALOHA 프로토콜을 사용하여 일정 순간 태그와 통신할

수 있다. 그리고 100m 이상의 긴 인식거리를 가지고, 다른 주파수에 비해 인식률과 방향성이 우수하여 금속이나 수분 등의 환경에서도 사용할 수 있다.

능동형 RFID 시스템은 공항이나 항만의 팔레트 및 화물 컨테이너의 관리, 물류·유통 분야, 군수 분야 등에서 대상의 관리나 추적 시스템에 적용되어 사용되고 있다.

하지만 현재 433MHz 대역의 상업적 사용을 항만에 제한하고 있으며 일부 동남아 국가 등에서는 사용이 불가능한 대역으로 법제화 되어있다. 그리고 단일 채널만 이용가능하다.

2) 주파수로 구분하는 RFID

RFID를 전원 공급원 대신에 무선 통신에 사용되는 통신 투과수로 구분되기도 한다. 저 주파수 대역을 사용하는 RFID를 LFID(이라 하는데, 120~140 kHz의 전파를 쓴다. HFID는 13.56 MHz를 사용하며, HFID보다 높은 주파수 사용되는 장비인 UHFID(UltraHigh-Frequency IDentification)는 868~956 MHz대역의 전파를 이용한다. 주로 저주파 대역의 태그는 Faraday의 자기유도 원리로 동작하는 Near-field RFID 방식을 사용하고 100MHz 이상의 고주파 대역에서는 전자기파 에너지를 사용하는 Far-field RFID 방식을 사용한다. 현재 Near-field RFID의 경우는 기술의 표준화가 충분하지 않고, 사용하기 가장 편리한 형태이지만 주파수 또는 통신 속도가 증가하게 되면 운용 거리가 짧아지는 단점 때문에 태그 ID가 길고 한 장소에서 많은 수의 태그를 인식하는 경우는 빠른 속도를 요구하므로 Far-field RFID를 필요로 한다. RFID는 응용 분야별 특성에 따라 적절한 주파수 대역의 선택이 필요하지만 근래에 화두가 되고 있는 RFID는 900MHz에 해당하는 UHF 대역에 모든 초점이 모아져있다.

RFID 시스템은 RFID 태그와 리더기(reader), 그리고 RFID 정보를 수집하여 처리하는 S/W 어플리케이션으로 구성된다. 우리가 흔히 태그라고 하는 것의 정확한 명칭은 transponder이며, 사전적 의미로는 자동 응답기 혹은 에너지 변환기로 이해할 수 있다.

3) 능동형 RFID 네트워크용 무선 프로토콜

능동형 RFID를 구현하기 위해 간단한 네트워크가 설계가 가능한 무선 프로토콜을 적용하였다. 적용 무선 프로토콜은 저 전력, 저가의 느린 전송 속도의 네트워크 솔루션을 제공하며 무선 네트워크에 대한 상세한 지식 없이도 간단한 설치 및 빠른 개발을 가능하게 하는 프로토콜이다. 적용 무선 프로토콜은 주로 화재 감지, 알람, 보안, 홈 네트워킹 등에 이용될 수 있으며 센서 및 액추에이터 (Actuator) 기능 및 대기 모드를 이용한 저 전력 모드가 지원 가능한 End Device Basic Module을 바탕으로 그림 2.12와 같이 각각 기능을 갖춘 모듈들이 추가될 수 있는 형태로 프로토콜이 구성되어 있다. 모듈은 Encryption 모듈, 데이터 프레임 암호화를 담당하는 네트워크 관리 모듈, 그리고 디바이스의 기능에 따라 Access Point, Range Extender, End Device로 구성된다.

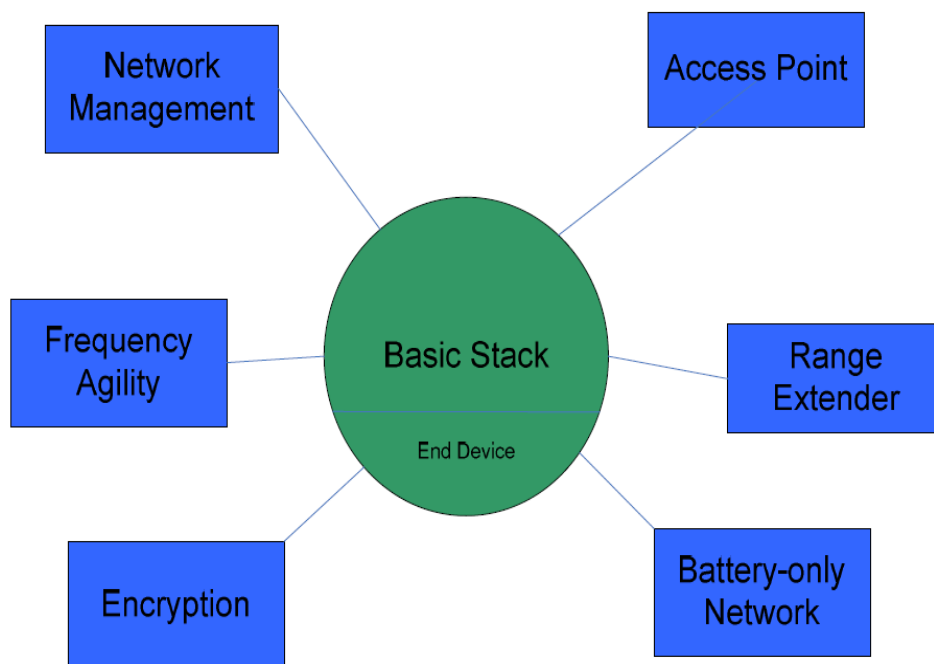


그림 2.12 무선 프로토콜 모듈 구성[31]

하나의 Access Point 디바이스는 네트워크 형성 및 관리, 네트워크 주소 관리, 엔드 디바이스들을 관리하게 되며, 센서나 Actuator를 탑재하여 End Device로

구현할 수 있다. End Device는 Application 계층의 기능을 수행하며 저 전력 구동을 위해 항상 동작하고 있을 필요는 없다.

공식적인 Physical Layer 기술을 가지고 있지 않으므로, 데이터 레이트, 모듈 요건이 없으며, 이는 설계자가 하드웨어 레벨에서의 자유로운 개발을 가능하게 한다. 또한 지그비 프로토콜보다는 스택의 크기가 작고, 지그비 인증 비용 등이 추가로 지출되지 않고 소프트웨어 스택을 무료로 제공받을 수 있는 장점이 있다 [30].

Architecture는 그림 2.13과 같이 Application, Network, Data Link/PHY 등 3개의 Layer로 이루어진다.

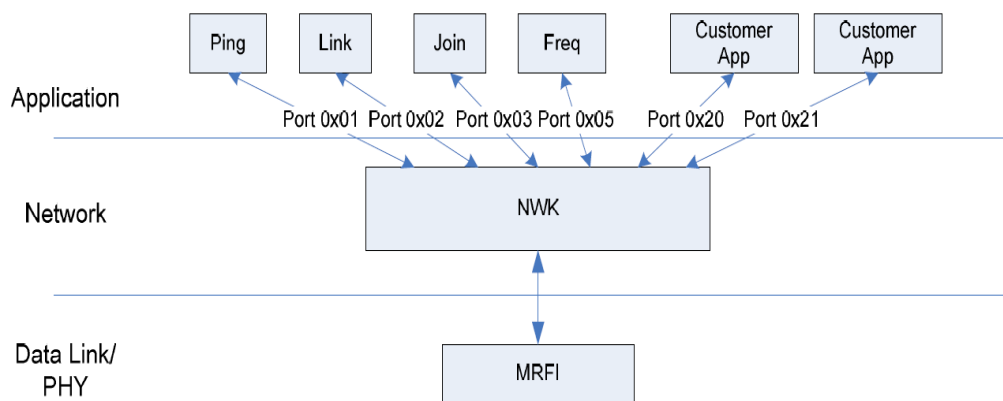


그림 2.13 무선 프로토콜 Architecture[31]

- Application Layer - 사용자에게 필요한 Sensor/Actuator 기능 및 메시지 전달
- Network Layer - 표준 OSI 모델의 네트워크 레이어를 바탕으로 함
- MRFI - 무선 신호 프레임의 전송 및 수신을 담당, 표준 OSI 모델의 Data Link계층 및 PHY계층의 기능을 담당.

적용 무선 프로토콜은 쉽고 빠르게 네트워크를 구성할 수 있을 뿐만 아니라 Access Point, Range Extender, End Device 등을 이용하여 다양한 네트워크 형성이 가능하다. 아래 그림과 같이 두 개의 End Device만으로 구성된 Peer-to-peer 네트워크 형성뿐 아니라 Access Point와 End Device들이 연결

된 Star형 네트워크, 그리고 Range Extender를 이용한 Peer-to-Peer 네트워크 및 Star 네트워크의 확장이 가능하다[31].



그림 2.14 Peer-to-peer Network[30]

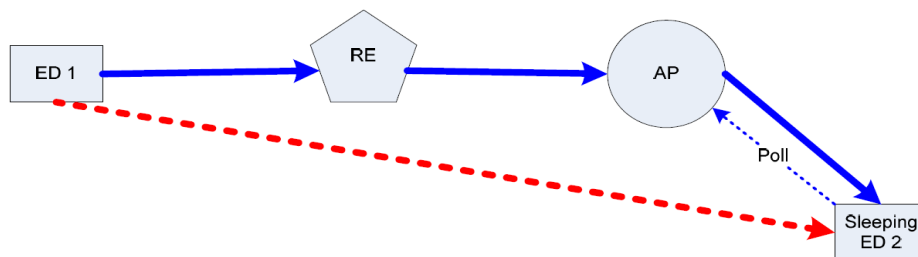


그림 2.15 Extensive Star Network[31]

3. 능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템의 구성 및 동작 구현

가. 능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템의 구성

본 연구에서 설계한 대기전력 제어 시스템은 태그와 리더가 1:N인 능동형 RFID 기반 무선 센서 네트워크를 이룬다. 그림 3.1은 능동형 RFID의 태그와 리더의 블록 다이어그램을 나타낸다. 태그와 리더 모두 MSP430F2274 MCU와 CC2500 RF Transceiver를 탑재한 eZ430-RF2500 모듈을 사용하였으며, 리더에는 대기전력 콘센트와, 태그에서 수신된 정보를 모니터링하는 모니터링 디바이스가 부착되어 있다. 태그와 리더 사이의 무선 통신은 MSP430F2274와 CC2500 간의 SPI 통신으로 이루어진다. MSP430F2274에는 10-Bit 200-kSPS Analog-to-Digital converter가 탑재되어 있으며, 태그와 리더에서는 16-bit 타이머 인터럽트를 통한 Analog-to-Digital converter를 제어하여 전압과 온도를 측정한다.

태그에서 송신한 RF신호를 리더가 인식하고 다시 리더에서 송신한 RF신호를 태그에서 수신하여 네트워크 환경이 조성되면 태그에서는 측정된 전압과 온도와 RSSI, 각 태그 번호가 포함된 데이터를 RF신호로 리더로 송신하며, 리더가 태그의 RF신호를 인식하면 대기전력 콘센트의 릴레이를 동작시키며, 각 태그에서 송신된 정보를 리더와 연결된 모니터링 디바이스에 출력한다. 그림 3.1은 시스템의 구성을 보여주는 블록 다이어그램을 나타낸 것이며 본 연구에서의 하나의 리더에 태그의 수를 3개로 설정하여 실험하였다.

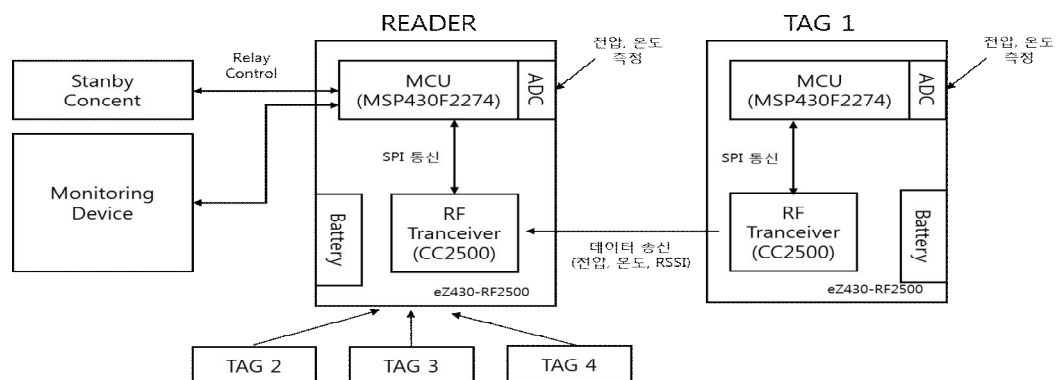


그림 3.1 시스템 구성 블록 다이어그램

능동형 RFID를 구성하는 태그와 리더의 모듈로는 eZ430-RF2500이 사용되었으며 모듈의 I/O핀과 콘센트의 릴레이 단자가 연결되었다. eZ430-RF2500은 하드웨어와 소프트웨어 지원을 제공하는 USB 기반 MSP430 계열의 무선 통신 개발 모듈이며 MSP430F2274 마이크로컨트롤러와 CC2500 2.4GHz 대역의 무선 트랜시버를 탑재하고 있다.

마이크로컨트롤러로는 MSP430F2274를 사용하였으며 16-bit형 RISK(Reduced Instruction Set Computer)구조 기반의 복합신호프로세서로 저전력을 위해 설계되었다. 외국에서는 장시간 배터리 수명을 요구하는 작은 기기, 모바일 디바이스, PC주변 기기에서부터 산업용 디바이스, 의료기기에 이르기까지 다양한 용도에 많이 사용되고 있었으나 국내에서는 모바일 디바이스 분야와 생체 신호처리 전문가들만이 사용하다가 최근 녹색에너지 관련 산업에 대한 관심과 함께 저 전력 소비 프로세서의 장점이 관심을 받음으로써 주목받기 시작하였다. MSP430시리즈를 사용한 가장 큰 장점은 16-bit 다중 SD16/SD16_A를 지원하기 때문에 전압과 전류값을 동시에 샘플링이 가능하다는 점이다. 본 논문에서 사용한 MSP430시리즈는 MSP430F2274이며 다음과 같은 특징을 가지고 있다[32][33].

- 낮은 동작 전압 : 1.8 V ~ 3.6 V
- 초 저전력 동작
 - 능동 모드 : 1MHz, 2.2V 동작에서 270 μ A
 - 대기 모드 : 0.7 μ A
 - 오프 모드 : 0.1 μ A
- 대기 상태에서 초고속 Wake-up까지 1 μ s이하의 시간 소요
- 16-bit RISC 구조, 62.5-ns Instruction Crystal Time
- 최대 32KB + 256KB Flash Memory, 1KB RAM 지원
- 6가지 기본 클럭 모듈 설정 지원
- 3개의 Capture/compare 레지스터를 탑재한 2개의 16-bit 타이머 지원
- 10-Bit 200-ksps Analog-to-Digital converter 지원

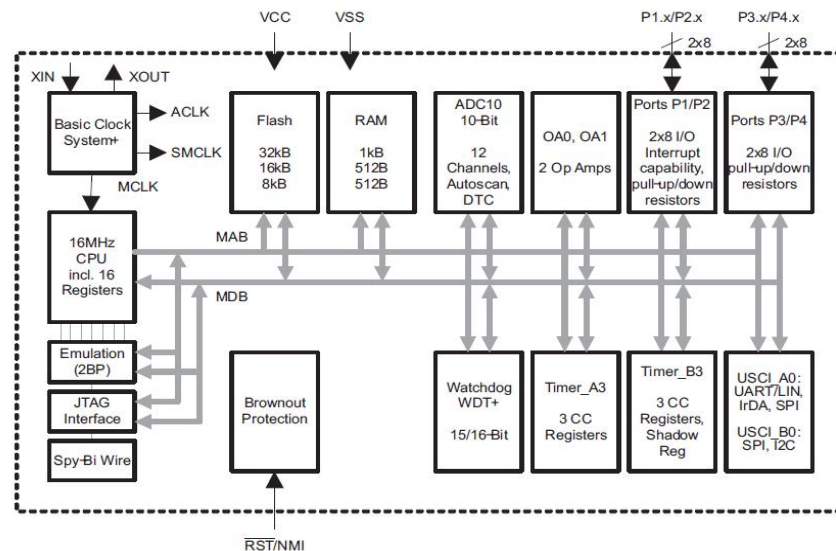


그림 3.2 MSP430F2274 내부구조[34]

그림 3.2은 MSP430F2274의 내부 구조도이다. RISK CPU는 외부에서 CPU에 프로그래밍을 하는 JTAG/Debug 모듈과 연결되고, 이를 통해 Flash/ROM, RAM, Watch Dog, 주변모듈과 메모리 액세스 버스 16-bit와 메모리 데이터 버스 16-bit 데이터를 서로 교환하게 된다. 메모리 액세스 버스는 MSP430에서 준비한 다른 여러 종류의 주변장치 모듈들과도 액세스를 하기 위해 다이렉트로 연결되며, 메모리 데이터 버스는 MSP430의 버스 컨버전 모듈을 공유함으로써 MSP430의 8-bit의 주변장치 모듈들과 데이터를 교환하게 된다[34].

RF 트랜시버로는 저 전력 무선 어플리케이션을 위해 설계된 2.4GHz 대역의 CC2500이 사용되었다. 패킷 핸들링, 데이터 버퍼링, CCA(Clear Channel Assessment), LQI(Link Quality Indication), 그리고 Wake-on-Radio 기법과 같은 광범위한 하드웨어 지원을 제공한다. RF 송/수신 동작은 MCU와의 SPI 인터페이스 동작을 통해 이루어진다. CC2500은 다음과 같은 특징을 가지고 있다 [35].

- 작은 크기 (QFP 4×4 mm 패키지, 20핀)
- 주파수 범위 : 2400~ 2483.5 MHz
- 높은 sensitivity (10kbps에서 -101dBm, 1% 패킷 에러율)
- 500kbps까지 프로그램 가능한 데이터 전송률
- 적은 전류 소모 (250 kbps 전송률 수신 모드에서 13.3 mA)

- 0 dBm 까지 프로그램 가능한 출력 파워
- 프로그램 가능한 베이스 밴드 모뎀
- 멀티 채널 동작에 이상적
- 64 byte의 수신단과 송신단의 분리된 데이터 FIFO
- 효율적인 SPI 인터페이스
- 디지털 RSSI 출력
- 자동적인 저 전력 수신 폴링(polling)을 위한 Wake-on-radio 기능
- FSK, GFSK, MSK, OOK 지원

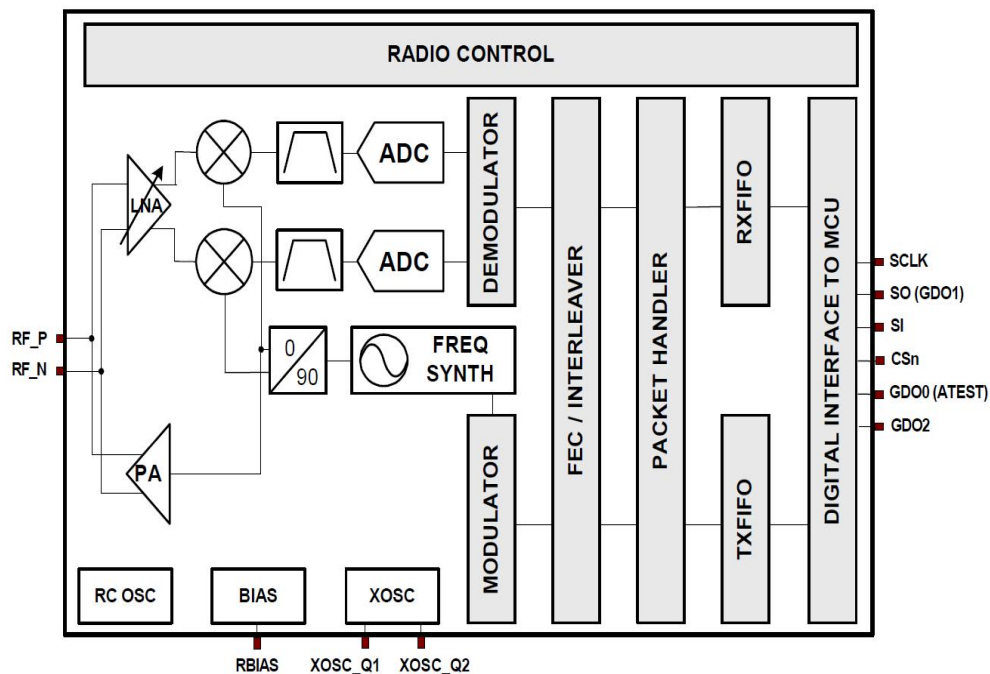


그림 3.3 CC2500의 블록 다이어그램[35]

나. 시스템 동작 구현

본 시스템의 동작 구현을 위해 능동형 RFID 및 대기전력 제어 동작을 위한 프로그래밍을 태그와 리더에 수행하였으며, C언어 기반으로 프로그래밍이 가능한 Code Conversion Studio 프로그램을 사용하였다.

1) 태그와 리더의 무선 통신 및 대기전력 제어 동작 구현

리더의 전체적인 동작을 그림 3.4에 나타난 것과 같이 설계하였으며 신호의 종류에 따라 ADC를 통한 전압 및 온도 측정, 무선 통신 동작을 수행하도록 하였다.

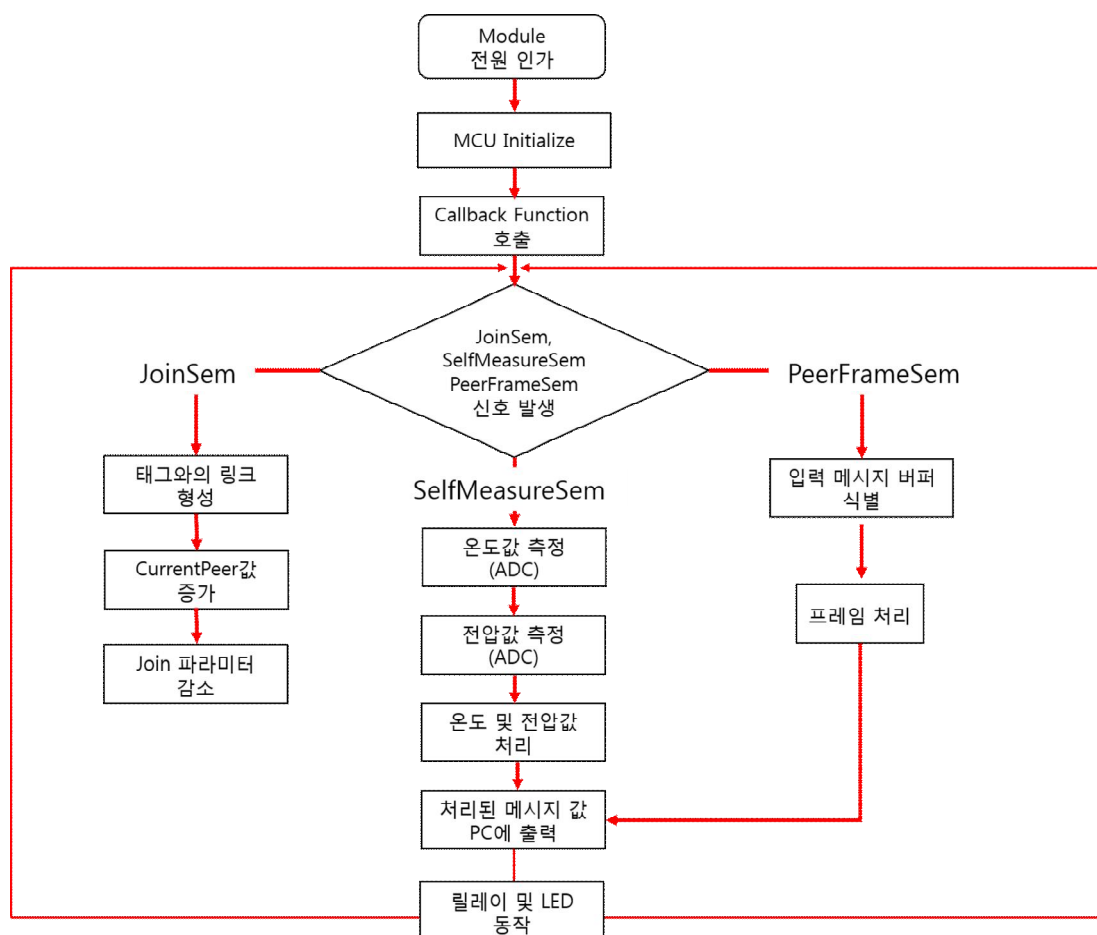


그림 3.4 리더의 동작 흐름도

먼저 MCU 초기화를 통해 MSP430 동작에 필요한 설정을 하게 된다. 클럭 주파수를 8MHz로 세팅하며 Timer를 1초 간격으로 인터럽트 발생시키도록 한다. 그리고 PC와의 UART 시리얼 통신 인터페이스 동작을 위한 초기 세팅을 하며 Global 인터럽트를 Enable 시킨다. MCU 초기화가 완료되면 Callback 함수를 통해 무선 통신과 네트워크 프로토콜 세팅을 위한 Initialize 작업을 시작한다. Callback 함수는 인터럽트 서비스 루틴이 발생할 때마다 실행되도록 하였다.

Callback 함수는 태그의 링크 ID에 따라 수신 패킷을 필터링 하며 네트워크 Join 요청을 하는 태그와 이미 네트워크에 연결된 태그를 구별하는 기능을 하도록 하였다. 리더는 태그 ID의 값이 0일 때 Join 요청으로 인식한다. 태그에서의 네트워크 Join 요청이 받아들여지면 리더와 태그는 통신 링크를 형성하게 되며, 새로 가입된 태그 ID를 정렬하여 증가된 ID값을 할당하게 된다.

링크 ID가 생성됨에 따라 Callback 함수는 PeerFrameSem 또는 joinSem 신호를 식별하며 파라미터를 증가시킨다. 또한 리더는 타이머 인터럽트에 의해 1초마다 발생하는 MeasureSem 신호를 식별하여 ADC에 의해 모니터링을 위한 온도와 전압값이 샘플링하게 된다. 이 세 가지 신호는 네트워크의 Initialization 후에 그림 3.4와 같이 각 동작들을 제어하도록 하였다. 리더는 네트워크 안에서 다른 태그들과 다수의 링크를 유지하려고 할 때 패킷 수신이나 인식을 놓치는 위험을 최소화 하기 위해 인터럽트를 처리하는데 걸리는 시간을 짧게 하는 것이 중요하다. 이를 위해 Callback 함수의 리턴값이 0보다 크면 프레임을 다른 메모리에 방출시키며 0값을 리턴하여 입력 버퍼에 수신 프레임을 남기도록 하였다.

네트워크 링크는 JoinSem 신호에 의해서 형성되며 태그가 네트워크 Initialization를 통하여 송신 패킷을 보내고 네트워크에 Join할 때마다 Callback 함수에 의해 Join 파라미터를 세팅되도록 하였다. 리더가 허용할 수 있는 링크의 최대 개수를 8로 설정하였으며 리더의 Callback 함수로 인해 메인 루프로 돌아올 때, 허용 링크 개수를 초과하지 않으면 JoinSem 신호가 발생할 때 링크 형성을 위한 동작을 수행한다. 링크가 성공적으로 형성되면 JoinSem 신호는 Peer의 수를 나타내는 NumcurrentPeer 변수값을 증가시키며 Join의 수를 나타내는 파라미터는 다음 태그의 Join을 위해 다시 초기화된다.

PeerFrameSem 신호는 리더가 하나의 링크로부터 수신된 프레임을 받아들일 때마다 Callback 함수에 의해 증가하도록 세팅하였다. PeerFrameSem가 세팅되

거나 증가하는 경우, 리더는 현재 프레임을 저장하기 위한 메시지 버퍼를 생성하게 된다. Join 태그의 수가 NumcurrentPeer 변수값과 같을 때 메인 함수로의 동작을 하게 되며 태그의 수가 NumcurrentPeer 변수값보다 작을 때는 수신된 메시지 버퍼에 태그의 온도, 전압, RSSI값을 처리하여 PC와의 UART 직렬 통신을 통해 출력하도록 하였으며 그 동작을 그림 3.5에 나타내었다.

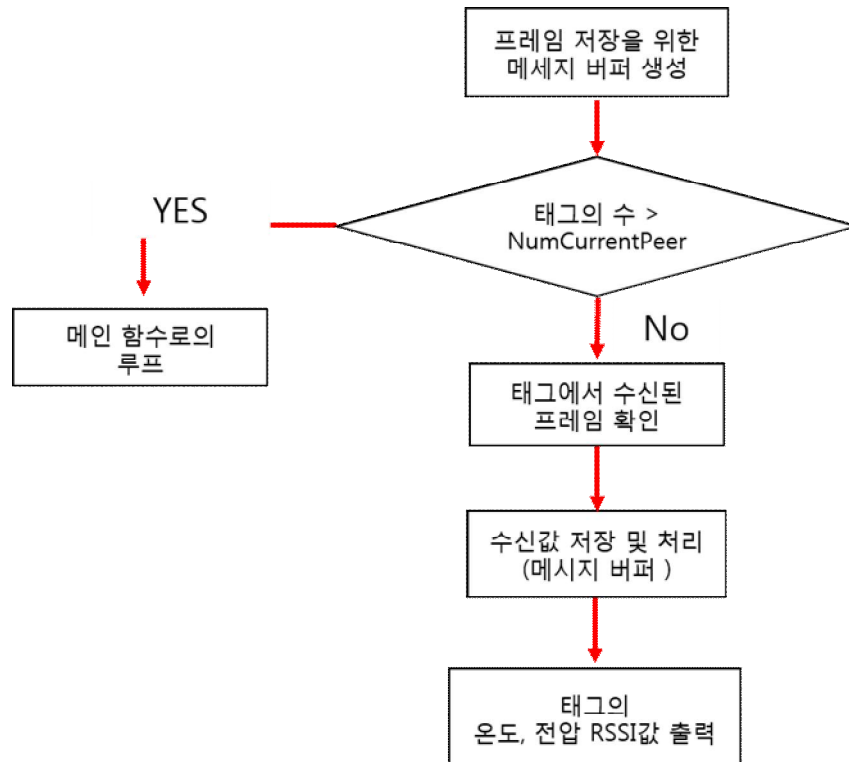


그림 3.5 프레임 처리 과정

인터럽트 서비스 루틴이 실행될 때마다 SelfMeasureSem 신호가 발생하며 ADC에 의해 온도, 전압값을 샘플링 동작을 하게 되며 PC에 출력할 수 있도록 값을 처리하게 되며 PC상에 출력되도록 하였으며, 태그와의 링크가 형성된 상태라면 콘센트의 릴레이를 On시켜 대기 전력을 제어하게 된다.

2) WOR 방식의 태그 동작 구현

태그의 초 저전력 구동을 위해 Wake-On-Radio 방식으로 동작하도록 설계

하였다. MCU의 타이머 인터럽트 제어를 통해 Active 모드와 Sleep 모드를 1초 주기로 실행하여 Active 모드에서만 패킷 송신 및 ADC 샘플링 동작을 실행하도록 설계하여 전력 소모를 최소화 하였으며, 그 동작을 그림 3.6에 나타내었다.

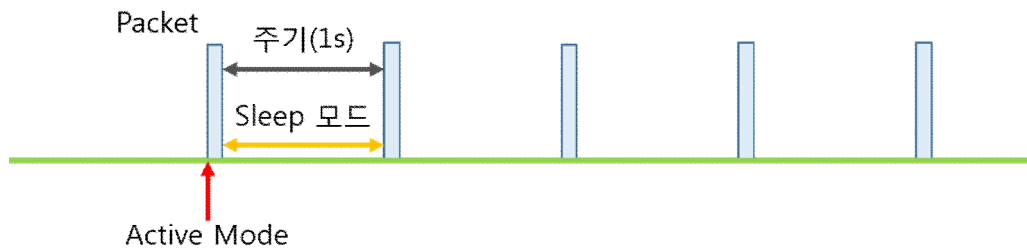


그림 3.6 Wake-on-Radio 기법의 태그 동작

태그의 무선 통신 동작은 리더의 동작과 유사하지만 태그 번호를 할당받기 위한 address를 생성한다는 점에서 차이점이 있다.

Initialization의 한 과정으로써, 태그들은 4-byte의 random address를 생성하며 시스템 리셋 시 재사용을 위해 플래시 메모리에 생성 주소를 저장한다. 이는 네트워크 환경에서 리더가 각 태그의 주소로 태그들을 식별하기 때문이다. 태그의 플래시 메모리에는 랜덤으로 생성된 address가 저장되며 Initialization 과정에서 지정된 위치를 확인한다. 이로 인해 태그의 전원이 꺼져서 다시 리셋이 되어도 리더에 의해서 항상 같은 태그로 인식되게 되도록 하였다.

각 태그의 address는 RandomAddress 함수에 의해 임의로 생성된다. address는 시스템 클럭에 의해 분주된 low frequency 오실레이터 클럭의 상승에지 때 생성된다. 시스템 클럭값이 변함에 따라 태그의 address가 임의로 지정되는 횟수는 증가하며, 무선 통신 링크를 형성하는 태그들의 address가 중복되는 현상을 방지할 수 있다.

태그의 address가 플래시 메모리에 저장된 후 태그에는 네트워크 Initialization을 하게 되며 플래시 메모리에 할당된 address를 리더에 송신하게 된다. 리더와의 송/수신을 통해 네트워크 링크를 형성하게 되면 링크로부터 태그번호를 할당받게 되며, 타이머 인터럽트에 의한 ADC 동작으로 전압, 온도값이 측정되면 태그 번호 및 전압, 온도, RSSI값을 패킷을 통하여 리더에 송신하게 되며 태그의 전체적인 동작을 그림 3.7에 나타내었다.

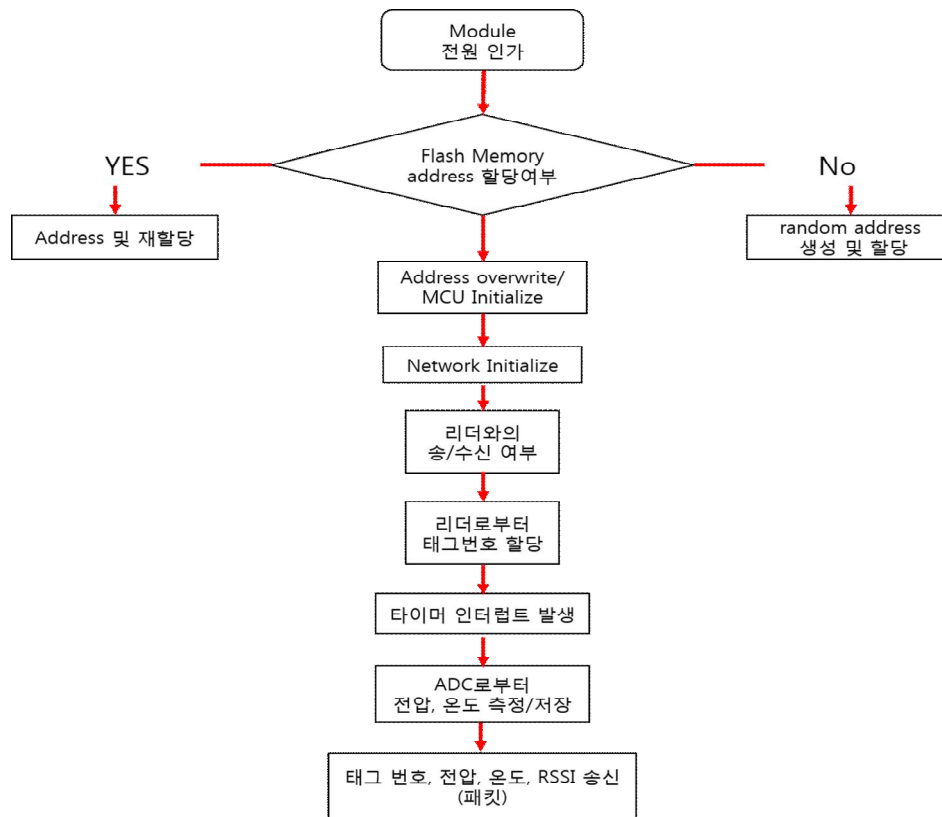


그림 3.7 태그의 동작 흐름도

4. 능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템의 테스트 결과

가. 대기전력 제어 모듈 및 모니터링을 통한 동작 확인

시스템 동작의 확인을 위하여 먼저 태그와 리더의 모듈에 탑재되어 있는 두 개의 LED에 출력하도록 하였다. 태그와 리더 사이에 송, 수신이 이루어지기 전에 태그의 LED는 두 개 모두 1초에 한 번씩 깜빡거리도록 하였으며, 송, 수신이 이루어지면 LED 두 개는 모두 꺼지도록 하였다. 송, 수신이 이루어지기 전의 리더의 동작은 태그와 동일하지만 송, 수신이 이루어지면 콘센트의 릴레이 On 동작을 출력하기 위해 Red LED를 On시키도록 하였다. 태그와 리더 모두 ADC를 통해 전압을 측정하게 되는데, 배터리가 방전되었을 경우를 출력하기 위해 Green Led를 1초에 한 번씩 깜빡거리도록 하였다.

시스템의 모니터링을 위해 리더를 USB디버깅 디아비스에 연결하여 PC 시리얼 포트 통신 프로그램인 teraterm 4.83과의 UART 통신을 수행하여 텍스트 형식으로 출력하였으며 이를 그림 4.2에 나타내었다.

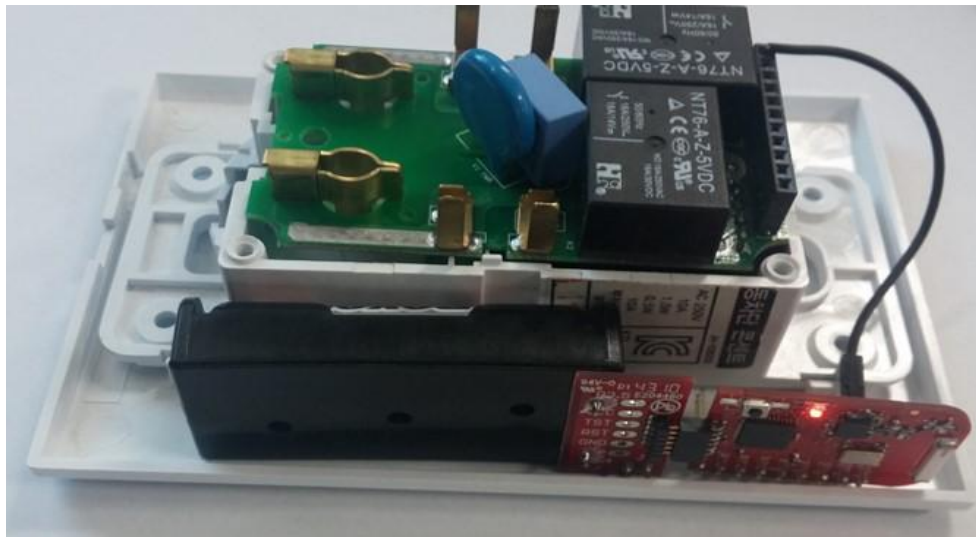


그림 4.1 리더의 동작 모습

그림 4.2의 4개의 그림에서 왼쪽 위를 첫 번째로 하여 오른쪽 순으로 리더에 태그가 0, 1, 2, 3개 인식된 모습이다. 태그와 리더에서 측정된 전압과 온도,

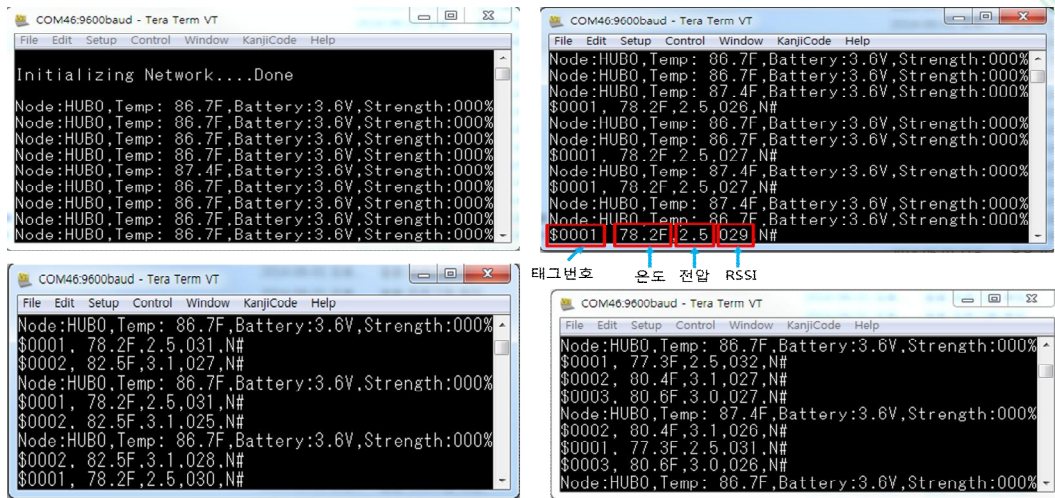


그림 4.2 UART 통신을 이용한 모니터링

RSSI값은 공통으로 출력하며 리더의 RSSI값은 측정하지 않기 때문에 항상 0으로 출력되며, 두 번째 그림에 태그에서 수신된 정보가 어떻게 출력되는지를 나타내었다. 시스템 동작을 도식적으로 나타내기 위해 TI사에서 제공하는 Sensor Monitor 프로그램을 이용하였으며, 이를 그림 4.3에 나타내었다.

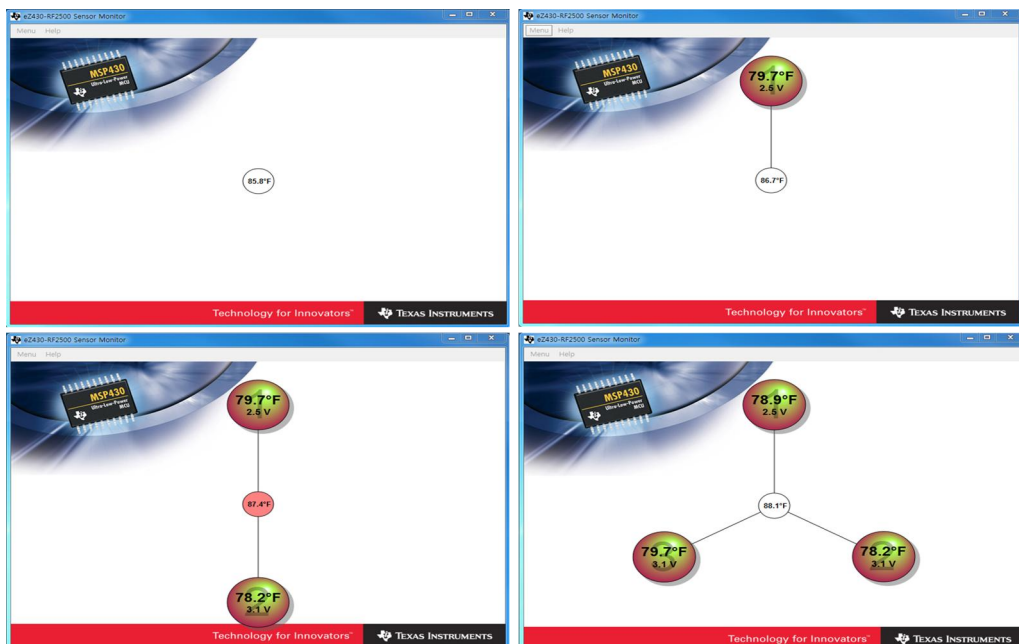


그림 4.3 Sensor Monitor 프로그램을 통한 모니터링

리더에서 측정된 태그의 RSSI값을 (1)식의 이론값과 비교하기 위해 실내 환경에서 1m 단위로 1~20m까지 측정하였으며, 실내에서 A는 41, n은 1.8로 계산하였으며, 그림 4.4에 나타난 그래프를 통해 이론값과 측정값이 대체로 일치함을 확인할 수 있다.

$$RSSI(dBm) = -(A + 10n\log_{10}d) \quad (1)$$

(A : 1m 거리에서 측정한 RSSI 값, n : 경로 손실계수, d : 신호원으로부터의 거리)

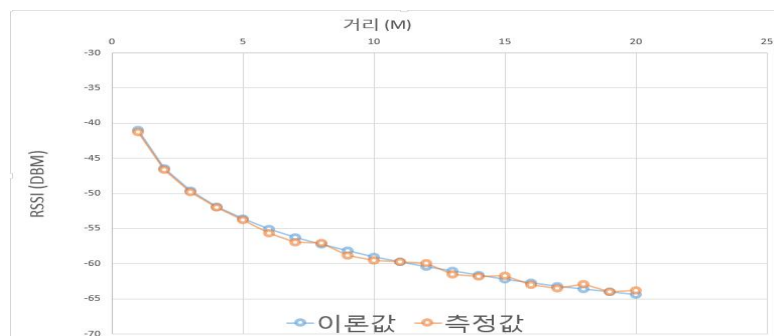


그림 4.4 RSSI 이론값과 측정값

나. 태그의 수명 측정 및 유사 시스템의 태그 수명 비교

태그의 송신 패킷을 측정하기 위해 특수한 측정방법을 사용하였으며, 그 플랫폼 구성은 그림 4.5과 같다. 먼저 전원 공급원인 3V DC 전원의 (-) 단자와 태그로 쓰인 eZ430-RF2500 모듈의 (-)단자 사이에 5ohm의 저항을 연결하여 오실로스코프로 측정하였다. 이 저항은 태그에서 소모되는 DC전력에 비례하는 전압을 측정하기 위해 추가하였으며 (-) 단자에 흐르는 전류와 비례하는 전압을 측정할 수 있다.

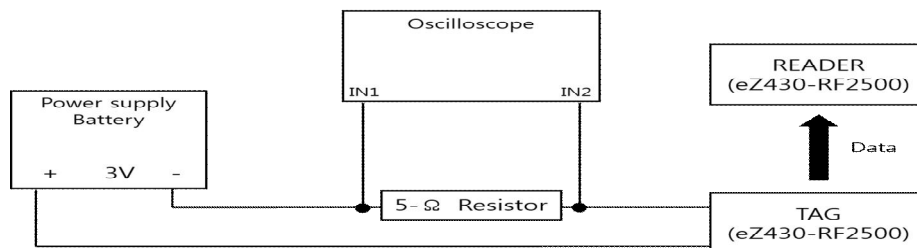


그림 4.5 태그의 송신 파형 측정 플랫폼

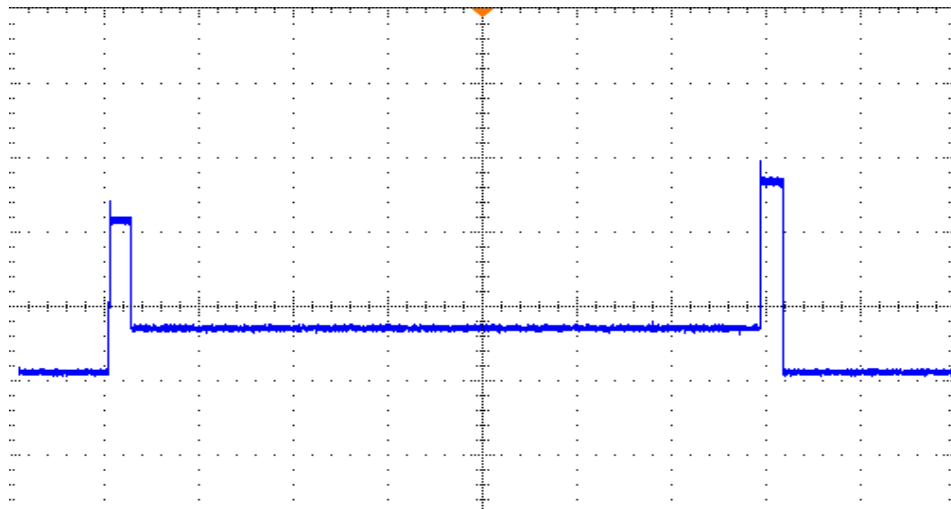


그림 4.6 송, 수신 전 태그 파형

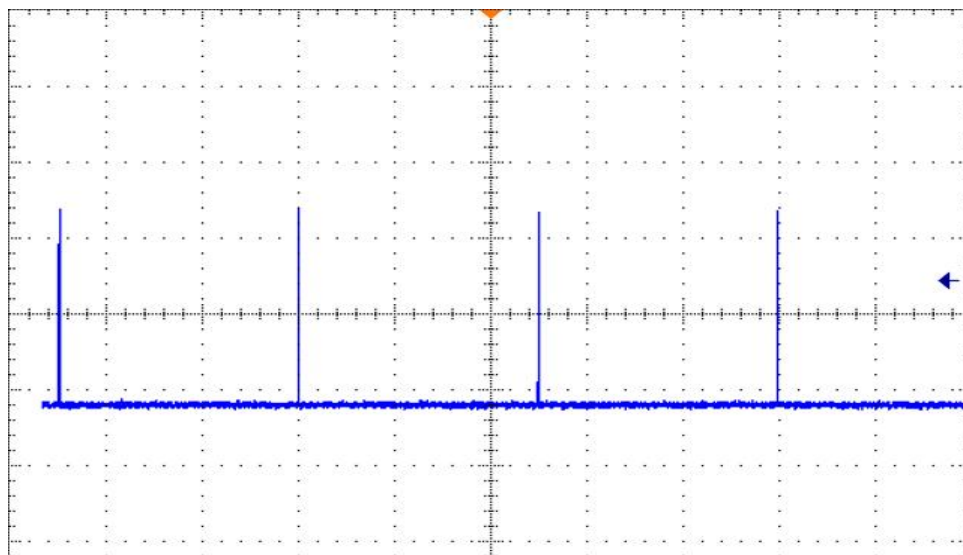


그림 4.7 송, 수신 후 태그 파형

태그는 RF신호를 1초마다 리더에 송신하도록 되어있으며, 그림 4.6와 그림 4.7은 각각 태그와 리더 사이의 송, 수신이 이루어지기 전, 후의 그림을 나타낸 것이다. 그림 4.6에서 RF신호가 발생한 뒤 전압 레벨이 올라간 것은 송, 수신 전 태그의 LED를 주기적으로 On/Off 시켰기 때문이며, 그림 4.7에서는 송, 수신 후에는 태그의 LED는 off가 되어 RF신호 발생 후 전압 레벨이 증가하지 않는 것을 확인할 수 있다.

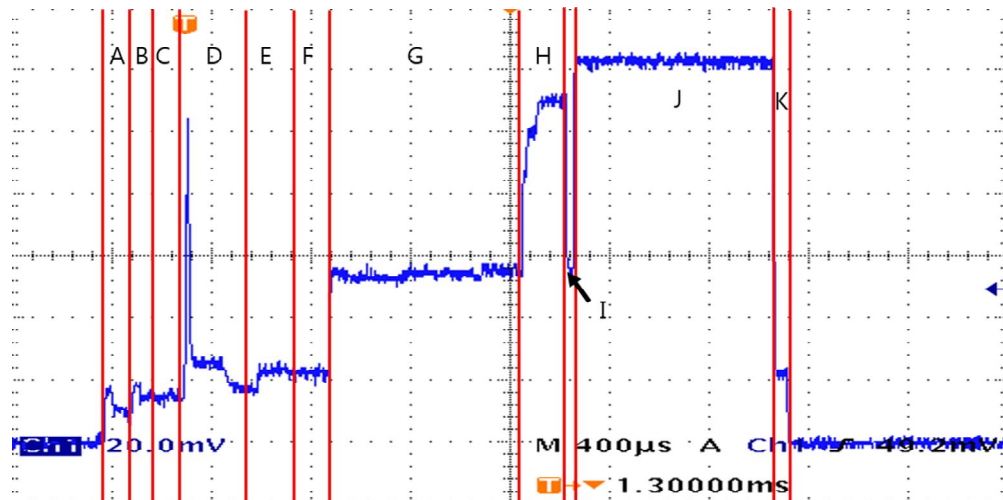


그림 4.8 송, 수신 후 태그 파형(확대)

그림 4.7은 그림 4.8의 RF신호를 확대하여 태그에서 수행되는 기능별로 구역을 나누어 표시한 것이며, 구역별 기능은 다음과 같다.

- A - MSP430의 ADC에서 온도를 샘플링하는 구간이다.
- B - MSP430의 ADC에서 전압을 샘플링하는 구간이다.
- C - 샘플링된 온도와 전압값을 처리하는 구간이다.
- D - 외부 오실레이터인 CC2500에 연결되어 있는 오실레이터를 작동시키는 구간이다.
- E - Ripple Counter를 동작시켜 클럭을 분주하는 구간이다.
- F - 분주된 클럭값을 처리하는 구간이다.
- G - IDLE모드에서 RX/TX모드로 변하는 구간이며 PLL(Phase Locked Loop)를 동작시켜 TX와 RX에 변조에 필요한 주파수 Synthesizer와 Calibration을 수행하는 구간이다.
- H - RX모드가 실행되는 구간이다.
- I - RX모드에서 TX모드로 바뀌는 구간이다.
- J - TX모드가 실행되는 구간이다.
- K - MSP430과 CC2500이 Low-power 모드가 되는 구간이다.

표 4.1은 eZ430-RF2500의 데이터 시트에 명시되어 있는 MSP430과 CC2500의 예상 전류 소모량이다.

표 4.1 예상 전류 소모량[33]

CC2500	전류 소모량	실행 시간	초당 전류 소모량
XOSC startup	2.7 mA	300 μ s	810 nA*s
Ripple Counter	1.75 mA	150 μ s	262 nA*s
Idle mode	1.5 mA	375 μ s	563 nA*s
PLL	7.5 mA	809 μ s	6067 nA*s
RX mode	18.8 mA	180 μ s	3384 nA*s
TX mode	21.2 mA	800 μ s	16960 nA*s
		전체	28074 nA*s
MSP430	전류 소모량	실행 시간	초당 전류 소모량
active mode	2.7 mA	2.705 ms	7304 nA*s
LPM0 mode	1.1 mA	55 μ s	61 nA*s
ADC mode	850 μ A	115 μ s	98 nA*s
		전체	7463 nA*s
		송신 전체	35508 nA*s

태그와 리더의 송, 수신 시 오실로스코프에서 태그의 RF신호를 측정한 초당 평균 전압값과 송신 대역폭은 각각 173.1 μ V와 2.8ms이며 전류 예상값과 측정 전류값은 다음과 같이 계산된다.

- 슬립 모드 전류 = (MSP430 idle모드 전류 + CC2500 idle 모드 전류) \times (송신 주기 - 송신 대역폭) = $1.3[\mu\text{A}] \times (1[\text{s}]-2.8[\text{ms}]) = 1.296 \mu\text{A*s}$
- 예상 평균 전류 소모량
 $= (1.296[\mu\text{A*s}] + 35.508[\mu\text{A*s}]) / 1[\text{s}] = 36.8 \mu\text{A}$
- 측정된 평균 전류 소모량 = (측정된 초당 평균 전압값 / 5Ω + 슬립 모드 전류) / 송신 주기
 $= ((173.1[\mu\text{V*s}] / 5\Omega) + 1.296[\mu\text{A*s}]) / 1[\text{s}]$
 $= (34.62[\mu\text{A*s}] + 1.296[\mu\text{A*s}]) / 1[\text{s}]$
 $= 35.91 \mu\text{A}$

태그의 전원부에는 1000mA*hr 용량의 AAA배터리가 사용되었으며, 위에서 계산된 예상 전류값과 측정 전류값을 바탕으로 태그의 예상 수명과 측정 수명을 다음과 같이 계산하고 송신 주기에 따른 태그 수명을 그림 4.9에 나타내었다.

· 예상 수명 :

$$= 1000[\text{mA} \cdot \text{hrs}] / 0.03680[\text{mA}] = 27173[\text{hrs}] / 24[\text{hrs/day}] = 1132[\text{days}] / 365[\text{days/yr}] = 3.10 \text{ years} = 3\text{년}, 1\text{개월}, 6\text{일}$$

· 측정 수명

$$= 1000[\text{mA} \cdot \text{hrs}] / 0.03591[\text{mA}] = 27847[\text{hrs}] / 24[\text{hrs/day}] = 1160[\text{days}] / 365[\text{days/yr}] = 3.17 \text{ years} = 3\text{년}, 2\text{개월}, 1\text{일}$$

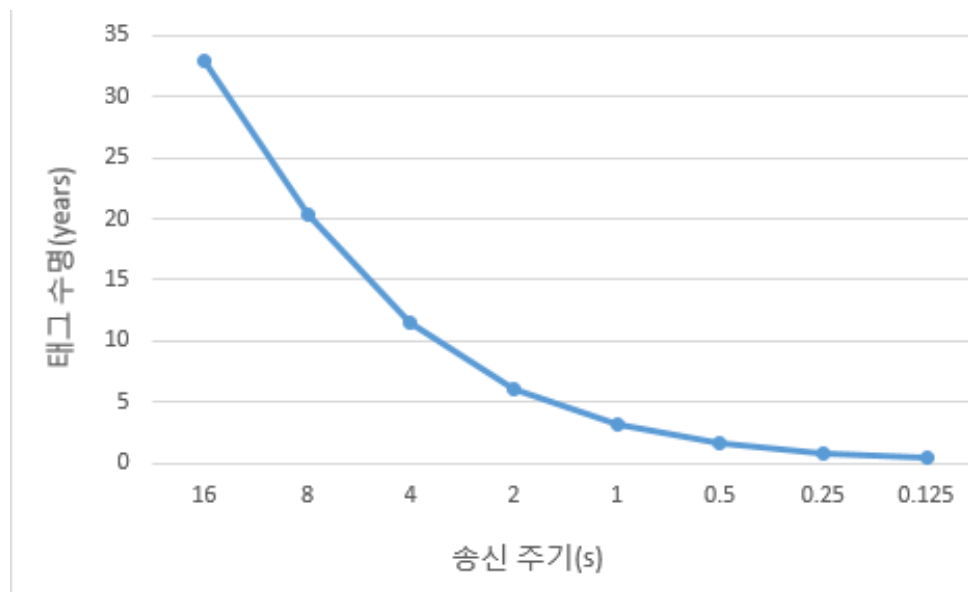


그림 4.9 송신 주기에 따른 태그의 수명

본 시스템과 유사하게 1:1 능동형 RFID 방식으로 제어되는 대기전력 모듈의 태그와 본 시스템의 태그를 비교하였다. 유사 시스템의 대기전력 모듈의 태그는 RF 트랜시버로 CC2500을 사용하며 무선 통신 방식이 Wake-On-Radio 기법의 능동형 RFID으로 동작한다는 점은 동일하나 ADC를 이용한 전압과 온도를 측정하거나 릴레이 동작이나 배터리 방전을 출력하는 것과 같은 부가 기능이 없다는 차이가 있으며, 두 시스템의 비교 사항

을 표 4.2에 나타내었다.

표 4.2 유사 시스템과 본 시스템의 태그 비교[36]

	기존 시스템	본 시스템
MCU	C8051	MSP430
RF 트랜시버	CC2500	CC2500
통신 방법	SPI 직렬 통신 1:1 능동형 RFID	SPI 직렬 통신 1:N 능동형 RFID
부가 기능	없음	ADC 동작 및 LED 출력
동작 방식	Wake-on-Radio	Wake-on-Radio
송신 주기	2s	1s
소모 전류	16uA*s	35.91uA*s
배터리 종류	220mA 코인 배터리	1000mA AA형 배터리
수명	2년 이상	3년 이상

두 시스템의 태그의 수명을 비교하기 위해 유사 시스템에서는 태그의 배터리를 220mA이 아닌 1000mA로 교체하고, 본 시스템에서는 태그의 송신 주기를 2s로 한다면 유사 시스템의 태그는 7년 이상의 수명을 보장하며 본 시스템의 태그는 5년 이상의 수명을 보장하게 된다. 유사 시스템이 단순한 전류 소모적인 측면에서는 성능이 뛰어나지만 본 시스템에서는 ADC 동작 및 LED 출력과 같은 부가 기능이 있다는 점과 1:1이 아닌 1:N 무선 통신 동작과 같은 기능적인 측면을 고려하면 기존 시스템에 못지 않은 태그 수명을 보장받는다는 점을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 MSP430 MCU와 CC2500 RF 트랜시버가 탑재된 RF모듈과 네트워크용 무선 프로토콜을 바탕으로 능동형 RFID 방식으로 동작하는 대기전력 제어 시스템을 설계하였다.

현재 전기 에너지의 사용량이 많아 전력 소모를 효율적으로 절감하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 저 전력 무선 통신을 이용하여 대기전력을 자동 제어하는 시스템이 부족하다는 점에서 본 시스템의 구현을 제안하였다.

본 시스템에서, 리더는 태그 인식 후 태그와의 송, 수신 여부와 콘센트의 릴레이 동작을 모듈에 탑재된 LED를 통해 확인할 수 있었으며, PC와의 UART 통신으로 각 태그의 인식 여부, 온도, 전압, RSSI값을 텍스트 및 도식적으로 모니터링이 가능함을 확인하였다. 각 태그의 온도와 전압을 모니터링 함으로써 배터리 상태 및 실내 환경에 대한 정보 확인 가능하며, 측정된 RSSI값은 실내 환경에서의 이론값과 비교하여 크게 차이가 나지 않음을 확인하여 측정값을 바탕으로 태그의 인식 거리를 사용자가 설정할 수 있게 하였다. Wake-on-Radio 방식으로 동작하는 태그의 RF신호를 오실로스코프로 측정하여 각 구역별 태그 동작을 확인하였으며, RF신호 송신 시 측정된 초당 평균 전압을 바탕으로 평균 전류 소모량은 예상값보다 비슷함을 확인하였다. 또한 계산된 평균 전류 소모량으로 RF신호 송신 주기 당 태그 수명을 계산하였다.

본 시스템은 대기전력 콘센트를 직접 제어하는 것이 아닌 무선 통신으로 자동 제어가 가능하기 때문에 시스템 운용의 편리성을 보장한다. 또한 리더에서의 모니터링을 통해 주변 온도 및 각 태그와 리더의 전압을 확인함으로써 유사시 즉각적인 대처가 가능하며, 측정된 RSSI값에 기반하여 콘센트 제어 거리를 설정함으로써 활용도를 높일 수 있다. 태그는 Wake-On-Radio 기법을 통한 저 전력 구동으로 장시간 동작하며 유사 시스템의 태그와 비교하여 성능을 보장하였다.

능동형 RFID 기반 대기전력 제어 시스템은 무선 센서 네트워크 환경에서 모니터링이 가능한 점과 태그를 저 전력으로 동작시킬 수 있다는 점에서 화재 감지, 보안, 홈 시스템과 같은 유사 시스템에 적용 및 응용 시, 에너지를 효율적으로 절감할 수 있을 것으로 기대된다.



참고문헌

- [1] 손양훈, 에너지통계연보 2014, 지식경제부 에너지 경제연구원, 2014.
- [2] Y. J. Kim, K. M. Im, and J. H. Lim, “Design and Implementation of Standby Power Control System based on the User’s Location for Power Energy Saving”, Journal of KISS : Information networking, Vol.39, No.1D, pp.378-380, 2012.
- [3] S. H. Kim, D. K. Kim, N. R. Kwak, and Y. C. Oh, “SPCS: Standby Power Control System to save energy”, Journal of the Korea Information Science Society, Vol.37, No.2B, pp.375-379, 2010.
- [4] Y. H. Yang, S. Y. Kim, and P. J. Lee, “Improved Authentication and Data Protection Protocol of Passive RFID Security Tag and Reader”, Journal of the Korea Institute Of Information Security And Cryptology, Vol.20, No.1, pp.85-94, 2010.
- [5] 강경현, 정광수, “무선 센서 네트워크에서 전력 생산 환경을 위한 에너지 인식라우팅 프로토콜”, 정보과학회논문지, 제38권, 제3호, pp.207-217, 2011.
- [6] G. Ferrari, P. Medagliani, S. Di Piazza, and M. Martalo, “wireless Sensor Networks: Performance Analysis in Indoor Scenarios”, EURASIP Journal on Wireless communication and Networking, Vol.21, No1, pp.27-38, 2007.
- [7] J. S. Oh, H. S. Lee, “A Study of Recognition-Based user Multi-Smart Plug System”, Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol.17, No.12, pp.2976-2983, 2013
- [11] <http://iea.org/Textbase/publiactions/index.asp>, “Standby Power USE and IEA 1-Watt Plan”, International Energy Agency, 2007.
- [12] International Electrotechnical Commission, “Household electrical appliances-measurement of standby power”, IEC 62301 Ed.1
- [13] 윤철호, “가전제품의 대기전력 규제동향과 엘지전자 적용사례 연구”
- [14] http://www.eere.energy.gov/femp/technologies/buying_low_standby.ht



- ml, “how to buy products with low standby power”, Federal Energy Management Program, 2004.
- [15] 지식경제부 <http://www.mke.go.kr/>
- [16] 에너지 관리공단 <http://www.kemco.or.kr/>
- [17] Australian/New Zealand Standard, “Household electrical appliances measurement of standby power”, AS/NZS 62301, 2005
- [18] “日本家電機工業會 家電製品における 待機時消費電力 の表示及び測定に關する自主基準”, 日本電機工業會 自主基準 JEMA-HD083, 2000.
- [19] 이은영, 정순희, “국내 주요 가전제품의 대기전력 저감기술 성과 분석”, 2009.
- [20] David K. Cheng, “Field and Wave Electromagnetics”, Second Edition, 1989.
- [21] “Transformer Design”, Electronics Point – APRIL 2010.
- [22] Fairchild Semiconductor Korea, “대기전력 1W 구현 – Green FPS”, 2004.
- [23] NCP1230 data-sheet, On Semiconductor “Low-Standby Power High Performance PWM Controller”, DECEMBER 2006
- [24] FSDL0165RN data-sheet, Fairchild Semiconductor Corporation “Green Mode Fairchild Power Switch (FPSTM)”, OCTOBER 2004
- [25] L. Chen, Z. Wang, C. Jia, F. Li, W. Hao, B. 타매, C. Zhang and Z. Wang, “A RF remote-control transceiver with zero-standby power based on RFID technology”, proc.PrimeAsia, pp243-246, SEPTEMBER 2010.
- [26] 전광일, “RF 회로의 기초”, 북스힐, 2010
- [27] 김상태, “RF 회로 설계 : 이론과 응용”, 청문각, 2005.
- [28] ISO IEC 18000-7, Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 7 : Parameters for active air interface communication at 433MHz
- [29] Carr, Joseph J, “Secret of RF Circuit Design”, McGraw-Hill, 2001.
- [30] Miguel Morales, Kevin Belnap, “지그비와 TI의 SimpliciTI 무선



네트워크 비교”, 전자과학 59권, 2002년.

- [31] Larry Friedman, “SimpliciTI: Simple Modular RF Network Specification”, TI User guides document, <http://www.ti.com>.
- [32] 이종실, 김인영, 김병룡, 김선일, “심전도 응용을 중심으로 MSP430을 활용한 신호획득 및 처리”, ITC, pp. 1-356, 2012.
- [33] Texas Instruments, “MSP430F22x2, MSP430F22x4 Mixed Signal Microcontroller”, Texas Instruments Document, pp. 1-94, 2012.
- [34] 이정욱, 남윤석, 이석원, “모바일 디바이스 개발자를 위한 MSP430 마이크로프로세서”, Green, pp. 1`435, 2010.
- [35] CC2500 Single Chip Low Cost Low Power RF Transceiver, Chipcon, Data Sheet, 2008.
- [36] J. Jang, K. Lee, Y. Kim, “Design and Implementation of Standby Power Control Module based on Low Power Active RFID”, J. of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 10, no. 4, pp. 491-498, 2015.



Standby Power Control System Implemetation based on Active RFID

Jang Ji Ung

Department of Electronics and Computer Engineering
Graduate School Chonnam National University
(Supervised by Professor Kim Young Min)

(Abstract)

Currently, Dependence on energy imports is very high, and electric energy occupies about 20% of total energy. Recently As the demand for electrical appliances in the factory or office is increases, measures provided for reducing the consumption of electric energy is urgent. Accordingly, Research for effective use of limited energy resources is actively being conducted to reduce the standby power. Conventional standby power blocking device has the inconvenience that the user must directly control, and most of control systems are less efficient in the cost and installation, because it is installed wired. In order to solve these problems, this paper offers the standby power control system that operates the active RFID system in Wireless Sensor Networks. Tag and reader of active RFID are composed with this ultra-low-power MSP430 microcontroller and CC2500 RF Chip, and forms a sensor network in a 1:N wireless communication. The result of experiment shows that the leader attached to concent operating the concent relay can cut off the power supply to reduce power consumption. Also, it shows that the



reader receives data from each tags and monitors the temperature, voltage and recognition states of tags.