

---

# 적응형 블링크를 이용한 저전력 RTLS 태그의 설계 및 구현

정연수\* · 김새나\*\* · 백윤주\*\*\*

Design and Implementation of Low-power RTLS Tag using Adaptive Blink

Yeonsu Jung\* · Saena Kim\*\* · Yunju Baek\*\*\*

---

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업 (차세대물류IT기술연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

---

## 요 약

RTLS 태그는 추적 대상이 되는 사람이나 물체에 부착되어 리더에게 주기적인 블링크를 전송하는 역할을 하며, 배터리 등의 제한된 전원에 의해 동작한다. 특히, 블링크 전송 주기는 태그의 에너지 효율에 직접적인 영향을 미치며, 태그의 이동성은 RTLS 시스템의 위치 측위 정밀도에 영향을 준다. 블링크 주기와 RTLS 시스템의 위치 측위 정밀도는 서로 상충 관계에 있으며, 본 논문에서는 태그의 에너지 효율과 RTLS 시스템의 위치 측위 정밀도를 동시에 향상시키기 위해 모션 센서를 이용하여 태그의 이동 정도를 측정하고, 이에 따라 블링크 주기를 조절하는 방법을 제안한다. 결과적으로 기존 연구 대비 40% 가량 송신 횟수를 줄이면서도 비슷한 수준의 위치 측위 정밀도를 보였다.

## ABSTRACT

Real Time Locating Systems (RTLS) are used to track and identify the location of objects in real time using simple, inexpensive tags attached to or embedded in objects and readers that receive the wireless signals from these tags to determine their locations. A tag is powered an internal source such as a battery. The blink frequency of a tag affects the energy efficiency and the locating accuracy of RTLS. The mobility of a tag also affects the locating accuracy. In this paper, we introduce a RTLS tag design which improves the locating accuracy and the power efficiency. We propose an adaptive transmission-rate control algorithm using a motion sensor. By analyzing the signal pattern of the motion sensor, we can build a model to estimate the speed of the motion. Using this model, our algorithm can achieve better locating accuracy and lower power consumption than those of the conventional method. In our experiments, the number of transmission reduced as 40%, keeping similar locating accuracy.

## 키워드

저전력 RTLS 태그, 에너지 효율, 블링크 주기, 태그 이동성

---

\* 부산대학교 컴퓨터공학과

\*\* 삼성전자

\*\*\* 부산대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

## I. 서론

위치추적 기술은 유비쿼터스 시대에 없어서는 안 될 중요한 기술 요소로 평가되고 있다. 현재 위치 추적 기술의 중심에는 **Global Positioning System(GPS)**가 자리 잡고 있으며 이동통신망 기반의 다양한 **Location-Based Service(LBS)**도 점차 확대되어 가는 추세다. 그러나 **GPS**나 **LBS**의 경우, 실내 및 음영지역에서는 사용하기에 많은 어려움이 있다.

최근에는 **Wi-Fi**, **Zigbee**, **UWB**, **Bluetooth**, **RFID** 등과 같은 근거리 통신기술을 이용한 **Real Time Locating System(RTLS)**에 많은 관심이 집중되고 있다. **GPS**나 **LBS**와 같이 넓은 지역에서의 위치추적에는 한계가 있지만, 사람들이 활동하는 공간을 중심으로 수 미터 이내의 높은 위치추정 정확도를 제공할 수 있기 때문이다.

현재 상용화되어 있는 무선 랜 기반 **RTLS**는 일반적으로 3m 이내의 위치추정 정확도를 제공하는 것으로 알려져 있다. 그러나 이 정확도는 태그가 정지 상태에 있는 경우의 성능이다. 또한 기존의 **RTLS** 태그는 고정된 블링크 주기를 사용하므로, 이동 상태에서 관측 구간 내에서 얻어지는 위치 정보의 수가 감소할 수 있다. 더욱이 태그가 이동하는 경우에는 전파 환경 변화의 영향이 심해지기 때문에 커다란 위치추정 오차를 유발하게 된다. 즉, 기존의 **RTLS**는 정지 상태에 있는 태그들에 대해서는 3m 이내의 높은 위치추정 정확성을 제공하지만 이동하는 태그에 대해서는 이러한 위치추정 정확성을 보장하지 못한다[1].

이 문제는 신호를 자주 전송하여 해결할 수도 있으나, 태그는 제한된 자원을 가지고 동작하므로, 빈번한 무선 신호의 전송은 전력소모를 증가시켜 태그의 수명을 단축시키며, 무선 신호의 충돌을 유발해 **RTLS**의 위치 추위 성능을 저하시키는 결과를 초래한다.

따라서 본 논문에서는 저전력 하드웨어를 기반으로 **RTLS** 태그를 설계하고, 태그의 움직임 정도에 따른 블링크 주기 제어 기법을 적용하여 태그의 수명을 늘리면서 전체 **RTLS** 시스템의 위치 정밀도를 높이는 기법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 **RTLS**에 대한 소개와 기존의 **RTLS** 태그를 소개한다. 3장에서는 저전력 동작 및 적용형 블링크를 고려한 하드웨어 플랫폼의

설계를 제안하며, 4장에서 기본적인 **RTLS** 태그의 동작 및 적용형 블링크 주기 조절 기법을 소개한다. 5장에서는 **RTLS** 태그의 수명 및 위치 정밀도에 대한 기여를 비교, 분석하고, 6장에서는 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

**RTLS**는 실시간으로 사람 혹은 사물의 위치를 추적하는 시스템을 말한다. 그림 1은 일반적인 **RTLS**의 구성도이다. **RTLS**는 위치 추적의 대상이 되는 태그, 태그로부터 블링크를 수신 받아 위치 측위에 필요한 정보를 추출하여 위치 추정 엔진으로 전달하는 리더, 리더로부터 받은 정보를 이용해 태그의 위치를 추정해내는 위치 추정 엔진으로 구성된다.

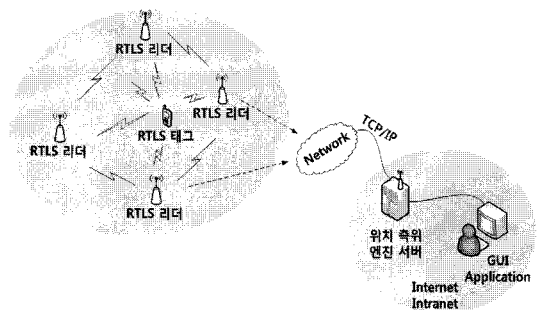


그림 1. RTLS의 전체 구성도  
Fig. 1 Architecture of RTLS

위치 추적 기술에 관한 연구는 이미 오래 전부터 진행되어 왔으며, 특히 무선 랜 기반의 위치추적 시스템은 무선 랜 인프라의 보급과 더불어 많은 관심을 끌고 있으며, 자산 관리나 인적 관리 분야 등을 겨냥한 다양한 상품까지 출시되었다.

**Active Badge** 시스템은 적외선을 이용한 위치 인식 시스템으로 태그는 15초마다 적외선 신호를 송신하도록 고안하고, 빛 센서를 이용하여 빛의 양에 따라 메시지 송신 주기를 달리하는 방법을 사용하였다. 특히 어두울 때, 즉 퇴근 후의 어두운 사무실 혹은 서랍 속에서는 전원이 꺼지도록 하여 태그의 수명을 연장시키는 방법을 사용하였다[2].

오늘 날 무선 랜 기반의 **RTLS** 솔루션은 **AeroScout**,

Ekahau, PanGo Networks 세 업체가 주도하고 있다. AeroScout이 개발한 태그는 모션 센서를 이용해 태그가 움직일 경우에만 일정 주기로 블링크 신호를 전송하는 절전 기법을 사용하고 있으며, 4년 이상의 긴 배터리 수명을 가진다[3]. 또한, 125kHz의 통신 모듈을 포함하고 있어서 원격지에서 태그를 켜고 끄거나 블링크 주기 설정을 변경할 수 있고, 특정 위치 내에서 태그의 블링크 신호 없이도 태그의 존재를 알아낼 수 있다. Ekahau 태그는 기존의 태그와는 달리 태그-리더 간 양방향 통신이 가능하며, 태그 설정 변경 및 소프트웨어 갱신이 가능하다. Ekahau의 태그 역시 모션 센서를 이용해 태그가 움직일 경우에만 블링크 신호를 송신하는 절전 기법을 사용하고 있으며, 수명은 최대 5년이다[4]. PanGo Network의 V3 태그 역시 무선으로 태그의 설정 변경이 가능하며, 절전 기법은 Aeroscout, Ekahau 태그와 유사하게 이동시에 블링크를 하는 방식이다[5].

### III. 저전력 RTLS 태그의 설계

이 장에서는 기존의 RTLS 태그와 달리 저전력 동작과 위치 정밀도 향상을 함께 고려한 RTLS 태그의 하드웨어의 설계에 대해 설명한다.

RTLS 태그의 수명은 시스템의 실제 적용 가능성을 판단하는 기준이 될 정도로 중요한 고려 사항이다. 태그의 기능 중 RF 송수신기의 무선 신호 전송은 마이크로컨트롤러를 이용한 계산 및 데이터 처리에 비해 매우 큰 전력을 소모한다. 따라서 태그를 개발하는데 있어서 무선 신호 전송의 빈도와 효율성은 태그의 수명에 직접적인 영향을 준다. 본 논문에서 개발한 RTLS 태그는 에너지를 최대한 적게 사용하면서 어떻게 효율적으로 블링크 신호를 전송할 것인가 하는 것에 초점을 맞추었다.

#### 3.1 저전력 RTLS 태그 설계

그림 2는 본 논문에서 설계한 저전력 RTLS 태그의 전체 구성도를 보여주고 있으며, 마이크로컨트롤러와 무선통신 모듈, RTC, 블링크 제어 모듈로 구성된다.

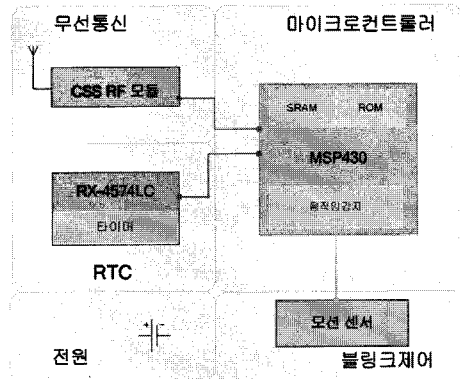


그림 2. RTLS 태그의 블록 다이어그램  
Fig. 2 Block diagram of RTLS tag

마이크로컨트롤러는 소모 전력, 동작 전압, 가격, 주변회로의 복잡도 등을 고려하여 선정하였다. 본 논문에서 설계한 RTLS 태그는 MSP430 시리즈를 사용하였다[6]. 이 컨트롤러는 소모 전력이 적으며 다양한 절전 모드를 제공하는 것이 특징이다. 전원이 공급되어 컨트롤러가 동작 모드일 경우, 수백  $\mu\text{A}$ 의 전력만을 소모하며, 대기모드(LPM4)일 경우, 1  $\mu\text{A}$  미만의 전력을 소모한다. 특히, 내부의 각 모듈의 공급 클럭을 여러 개로 나누어 제어함으로써 각 모듈 단위로 그 기능을 켜고 끄는 것이 가능하여, 효율적인 전력 관리가 가능하다.

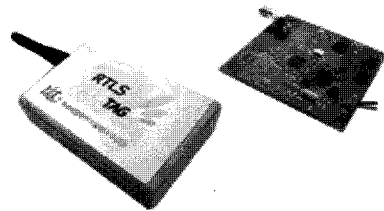


그림 3. 저전력 RTLS 태그  
Fig. 3 Low power RTLS tag

무선통신 모듈은 TI사의 CC2420을 이용하였다[7]. CC2420은 2.4GHz ISM(Industrial Science Medical) 대역에서 동작한다. 저전력 기반의 RF 컨트롤러로, 무선 신호를 송수신할 때 수십 mA의 전력만을 소모하기 때문에 전력 관리에 상당한 도움을 준다.

RTC와 블링크 제어 모듈은 태그의 에너지 효율을 최대한으로 하기 위한 보조 장치이다.

### 3.2 RTC (Real Time Clock)

RTLS 태그는 일정 시간 간격마다 블링크 신호를 전송한다. 여기서 “일정 시간 간격”이라는 기능을 구현하기 위해서는 타이머 모듈의 사용이 필수적이다.

마이크로컨트롤러 내부의 타이머를 사용하여 주기적으로 블링크 동작을 수행 할 경우 다음과 같은 문제점이 있다. RTLS 태그의 전력 소비를 줄이기 위해 블링크 신호 전송 구간 이외의 시간 동안에는 대기상태로 동작해야 한다. 하지만 이 시간 동안에도 컨트롤러의 내부 타이머가 동작해야 하므로 대기모드로의 진입이 불가능하다. 따라서 많은 에너지 소모가 유발된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 RTC를 사용하였다. RX-4574LC는 주변 회로가 간단하고, 0.35 $\mu$ A의 적은 전류를 소모한다. 또한, 네 가지의 타이머 클럭 소스를 제공하여 자유로운 인터럽트 구간 설정이 가능하다.

RTC 모듈을 장착함으로써 컨트롤러는 대기모드로 진입이 가능해진다. 그리고 태그는 RTC의 전류 소모를 포함하여 대기모드 동안 1.35 $\mu$ A의 전류만을 소모한다. 컨트롤러의 내부 타이머를 사용했을 때의 2 $\mu$ A와 비교해 보면, 수치상으로는 미미한 차이이지만 RTLS 태그는 블링크 신호 전송 이외의 대부분의 시간을 대기모드로 동작하므로, 에너지 소모 측면에서 매우 큰 이득이다.

### 3.3 블링크 제어 모듈

블링크 제어 모듈은 태그의 움직임 정도에 따라 블링크 주기를 변경하여 위치 추정에 사용되는 관측 구간 내 위치 정보의 개수를 일정 수준으로 유지하는 동시에 에너지 효율을 향상시키는 역할을 한다. 이 모듈은 모션 센서와 가속도 센서로 구성된다. 모션 센서로 움직임의 정도를 대략적으로 추정해 내고, 필요한 경우 가속도 센서를 구동하여 추정된 결과를 보정하도록 한다.

모션 센서는 SQ-SEN-200을 사용하였다. 이 센서는 볼 튜브(Ball-tube) 타입의 센서로서 가운데 볼이 외벽에 닿게 되면 스위치를 켜는 것과 같은 상태가 된다. 움직임이 발생하면 이 볼이 움직이면서 스위치를 빠르게 켜고 끄는 동작을 반복하는 효과를 내게 된다. 즉, 모션 센서는 격한 움직임이 발생할수록 출력 신호의 주기가 짧아지고, 더 많은 신호 반전이 일어난다. 일정 시간 동안 모션 센서의 출력 값을 관찰하면 움직임 여부와 움직임의 정도를 알 수 있다.

## IV. 저전력 RTLS 태그의 구현

### 4.1 기본 동작

RTLS태그는 그림 4와 같이 동작한다. 태그에 전원을 인가하면 태그는 모든 하드웨어를 초기화하고 대기모드에 진입한다. 그리고 RTC의 타이머 인터럽트에 의해 주기적으로 블링크 신호를 전송한다. 움직임이 발생하면 블링크 제어 모듈에서 이를 감지하고 모션 센서를 이용해 움직임의 정도를 측정하고 결과를 토대로 태그의 이동 속도를 파악하고, 블링크 주기를 조절한다.

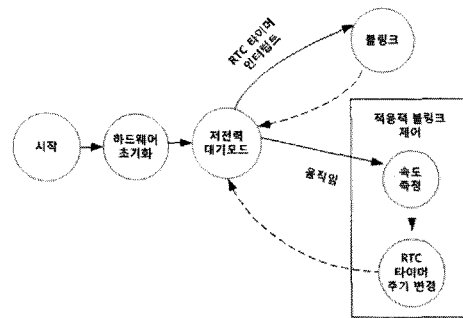


그림 4. RTLS 태그의 동작 다이어그램  
Fig. 4 State transition diagram of RTLS tag

### 4.2 적응적 블링크 주기 제어 기법

그림 5는 블링크 제어 모듈의 모션 센서 인터럽트의 처리 과정을 상세하게 표현한 것이다. 모션 센서에 의한 인터럽트가 발생하면, 단위 시간 내 출력 반전 횟수를 측정하여 움직임의 정도를 파악한다. 측정된 출력 반전 횟수와 표1의 차량의 속도에 따른 모션 센서의 값을 이용하여 태그의 이동 속도를 추정한다. 센서 측정 오차를 줄이기 위해 여러 번 측정 후, 부분 누적 평균 기법을 이용한다. 태그의 이동 속도, 응용의 요구 사항을 고려하여 블링크 주기를 결정한다.

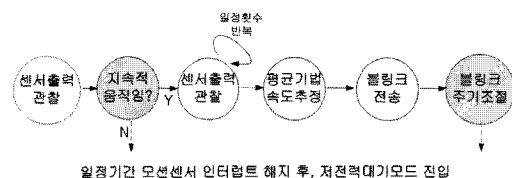


그림 5. 적응적 블링크 주기 제어 과정  
Fig. 5 Adaptive blink control

표 1. 차량의 속도에 따른 모션센서 값  
Table. 1 Output of motion sensor as a function of the velocity of object

차량 속도 (km/h)	0	10	20	30	50
모션 센서의 출력 평균 (회)	13.8	13.4	24.9	33.2	44.3

### V. 성능 평가

이 장에서는 제안하는 저전력 RTLS 태그의 적응적 블링크 주기 제어에 얻는 태그의 수명 연장과 위치 정확도의 개선 효과를 계산 및 시물레이션을 통해 검증한다.

태그의 수명을 계산하기 위해, 각 하드웨어의 각 상태에서 소모하는 전력과 소요 시간을 표 2와 같이 측정하였고, 식 (1)에 따라 태그의 전류 소모량을 계산하였다.

$$\text{태그의 전류소모} = \frac{\text{시간당 블링크 횟수} \times (\text{상태별 소요시간} \times \text{전력소모})}{3600(\text{초}) \times 1000(\text{ms})} \quad (1)$$

표 2. RTLS 태그의 상태 별 전류소모  
Table. 2 Energy consumption of a tag in each state

상태	블링크 주기 내 소요 시간(ms)	전류소모 (mA)
대기모드	(블링크 주기 - 136.69)	0.005
RTC 타이머 인터럽트	7.84	2
응답시간	0.42	55.4
동작모드	91.85	1
RF 컨트롤러 활성화	3.2	5.7
채널 테스트	11.2	15.1
전송 모드로 전환	5.824	3
전송모드	16.352	13.5

표 3은 블링크 주기에 따른 RTLS 태그의 수명을 계산한 결과이다. 초기 배터리 용량이 2,400mAh일 경우를 기준으로 계산하였다. 저전력 태그의 수명은 적용 응용에 따라 좌우되며, 블링크 주기 조절을 통해 극대화될 수 있다.

표 3. 블링크 주기에 따른 RTLS 태그의 수명  
Table. 3 Tag lifetime as a function of blink frequency

응용 환경	수명(년)
주기적으로 5초마다 블링크	1.5
주기적으로 10초마다 블링크	3
주기적으로 20초마다 블링크	6
주기적으로 30초마다 블링크	9

다음으로 움직이는 태그에 대한 위치 정밀도를 시물레이션을 통해 평가하였다. 적용한 AGC의 속도에 따른 블링크 주기는 표 4와 같다. 대조군으로 1, 2, 5초마다 블링크하는 경우(고정 블링크)와 기존 연구에서 사용했던 움직이는 동안 고정 주기로 블링크하는 경우(동적 블링크)를 함께 시물레이션 하였으며 실험 결과는 그림 7과 같다. 속도에 따라 적응적으로 블링크 주기를 조절하는 경우, 블링크 횟수는 감소하였고 고정 및 동적 블링크에 비해 위치 정밀도가 향상되었다.

표 4. AGV의 속도에 따른 블링크 주기  
Table. 4 Blink frequency as a function of tag speed

속도(m/s)	0	0~2	2~4	4~
블링크주기	없음	5초	2초	1초

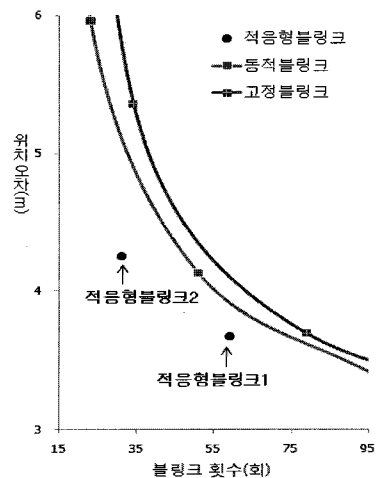


그림 6. 블링크 주기에 따른 위치 오차  
Fig. 6 Locating accuracy as a function of blink frequency

## VI. 결 론

본 논문에서는 저전력 소비 하드웨어를 기반으로 RTLS 태그를 설계하였다. 또한, 능동적인 블링크 신호 전송 기법을 구현하여 태그의 수명을 늘리면서, 전체 RTLS 시스템의 위치 정밀도를 높이는 기법을 제안하였다. 에너지 효율을 향상시킴과 동시에, 태그의 움직임 정도에 따라 블링크 주기를 변경함으로써 이동 중인 태그의 위치를 보다 정확하게 추정할 수 있도록 한다.

결과적으로 제안한 RTLS 태그는 기존 연구 대비 40% 가량 송신 횟수를 줄이면서도 동일한 위치 정밀도를 획득할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] 김학용, “무선랜 기반 RTLS 시스템을 위한 속도 적응형 위치 추정 방법”, Telecommunications Review, 16권 4호, 2006.
- [2] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, The Active Badge Location System, ACM Trans. on Information Systems, vol.10, no.1, pp. 91-102, Jan. 1992.
- [3] AeroScout, <http://www.aeroscout.com>
- [4] Ekahau, <http://www.ekahau.net>
- [5] InnerWireless, <http://www.innerwireless.com>
- [6] Texas Instruments, MSP430F22x2, MSP430F22x4 Datasheet (Rev.B), 2007.
- [7] Texas Instruments, CC2420 Datasheet(Rev.B), 2007.

## 저자소개



정연수 (Yeonsu Jung)

2005년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 학사

2007년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석사

2007년 3월~현재 : 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
※관심분야: 센서 네트워크, RTLS



김새나 (Saena Kim)

2006년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 학사

2008년 2월 : 부산대학교 컴퓨터공학과 석사

2008년 3월~현재 : 삼성전자  
※관심분야: 센서 네트워크, RTLS



백 윤 주 (Yunju Baek)

1992년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 석사

1997년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 박사

1999년~2002년 NHN 기술연구소 소장  
2003년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 부교수  
※관심분야: 임베디드시스템, 센서 네트워크