

# 미아방지를 위한 USN 기반 보호대상 이동체 위치확인 시스템

(A USN Based Mobile Object Tracking System for the Prevention of Missing Child)

차 맹 규 <sup>†</sup>                      정 대 교 <sup>\*\*</sup>                      김 윤 기 <sup>\*\*\*</sup>                      정 학 진 <sup>\*\*\*\*</sup>  
 (Maengq Cha)                      (Jungdae Kyo)                      (Yoonkee Kim)                      (Hakjin Chong)

**요 약** 미아문제는 아이를 가진 모든 부모들이 고민해야 되는 사회적 문제가 되고 있다. 이러한 문제는 아이에 국한되지 않고 치매노인, 정신장애자 등 노약자의 경우에 있어서도 보호자가 없을 시에 동일한 문제를 안고 있다. 이러한 사회적 공공부문의 문제들은 시급히 개선해야 할 필요가 있으며, 세계적으로도 미아방지 문제는 관심이 높아지고 있는 분야로서 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구는 USN 기반 RFID와 통신망(유선망, 이동통신망, 유/무선 인터넷, 휴대인터넷 등) 기술을 융합하여 보호대상 이동체의 위치를 실시간으로 정확하게 확인할 수 있는 이동체 위치확인 서비스 시스템 및 그 방법에 대한 연구이다. 미아 관련 범죄를 예방하기 위해서는 보호 대상체(어린이, 노인, 정신장애자, 애완동물, 상품, 미술품, 그 외 보호 대상자 및 대상물품)의 정확한 위치 추적을 통한 실시간 모니터링이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 미아방지 서비스 시스템은 정확한 위치 추적 기술을 통해 그 실효성을 높일 수 있는 방법을 제시하였다. 구체적으로 RFID 시스템 적용방안, 시설물 선정 및 설치방법, 위치추적 방법, 서비스 솔루션 수행과정을 중심으로 기술하였다. 제안하는 방법은 테스트베드를 통한 실험을 통해 활용가능성을 검증하였다.

키워드 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 이동체 위치 추적, 무선식별, 미아방지시스템

**Abstract** The missing child problem is no more a personal problem. It became a social problem that all parents must consider. To this, this study applies USN/RFID technology integrated with GIS for the prevention of missing child. Although RFID is not designed for location sensing, but now it is regarded as a device to facilitate real time location awareness. Such advantages of RFID can be integrated with 4S(GIS/GPS/LBS/GNSS) achieving much synergy effects. In order to prevent kidnapping and missing child, it is necessary to provide a missing child preventing system using a ubiquitous computing system. Therefore, the missing child preventing system has been developed using high-tech such as RFID, GPS network, CCTV, and mobile communication. The effectiveness of the missing child prevention system can be improved through an accurate location tracking technology. This study propose and test a location sensing system using the active RFID tags. This study verifies technical applied service, and presents a system configuration model. Finally, this paper confirms missing child prevention system utilization possibility.

**Key words** : Ubiquitous Sensor Network, Object Tracking, RFID, Lost Child Prevention System

· 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과 제의 연구비지원(07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

논문접수 : 2008년 3월 7일  
 심사완료 : 2008년 6월 11일

<sup>†</sup> 정 회 원 : KT 미래기술연구소 전임연구원  
 cha0418@kt.com  
<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : KT 미래기술연구소 책임연구원  
 dave@kt.com  
<sup>\*\*\*</sup> 정 회 원 : KT 미래기술연구소 수석연구원  
 yoonkee@kt.com  
<sup>\*\*\*\*</sup> 정 회 원 : KT 미래기술연구소 상무  
 hjchong@kt.com

Copyright©2008 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.  
 정보과학회논문지: 정보통신 제35권 제5호(2008.10)

### 1. 서론

국내에서 발생하는 미아는 약 년 3천 명에 달하고 있으며, 미아문제는 아이를 가진 모든 부모들이 고민해야 하는 사회적 문제가 되고 있다. 이러한 사회적 공공부문의 문제는 시급히 개선해야 할 필요가 있으며, 세계적으로도 미아방지 문제는 관심이 높아지고 있는 분야로서 많은 연구가 진행되고 있다. 미아방지 및 범죄를 예방하기 위해서는 어린이를 포함한 보호대상 이동체의 정확한 위치 추적을 통한 실시간 모니터링이 필요하다. 특히 미아발생의 경우 빨리 아이를 찾는 것이 최선의 방책으로서, 아동 유괴 및 미아 발생을 사전에 막기 위해서는 유비쿼터스 컴퓨팅 개념을 도입한 미아방지 시스템 제공이 필수적이다. 최근에 미아방지 시스템은 RFID, GPS, Network CCTV, 이동통신 등 첨단기술을 이용하여 활발하게 추진되고 있다. 이러한 미아방지 시스템은 정확한 위치 추적 기술을 통해 그 실효성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 USN(Ubiquitous Sensor Networks) 기반 미아방지 시스템을 실제 현장에 적용하기 위한 선행연구 단계로서 시스템구성 모델을 제시하고 기술 응용서비스를 검증하였다. 최종적으로 본 논문에서 검증된 모델을 기반으로 미아방지 서비스 시스템으로의 적용 가능성을 현장실험을 통해 확인하였다.

### 2. 연구동향

본 장에서는 무선통신기술을 이용한 위치추적 기술의 장단점에 대해서 알아본다. 일반적으로 무선통신 기술은 통신 서비스를 제공할 수 있는 범위에 따라 매우 넓은 영역에서 무선통신 서비스를 제공하는 무선 이동통신 기술과 근거리에서 무선통신 서비스를 제공하는 근거리 무선통신 기술로 구분할 수 있다. 근거리 무선통신 기술은 무전기를 이용하여 음성통신을 하거나 단순하고 용

량이 적은 데이터 전송에 활용되는 정도였으나, 최근 디지털 통신기술 및 반도체 기술의 발달로 인해 무선제어, 음성, 오디오, 동영상 등의 멀티미디어 전송이 가능한 다양한 근거리 무선통신 솔루션들이 개발되고 있다.

특히 근거리 통신망 내에서 이동체 위치추적을 위한 무선통신 솔루션들이 개발되고 있다. 지금까지 이동체 위치추적은 주로 GPS를 이용하거나, 이동통신망의 기지국 위치정보에 기초한 방식이 일반적이었다. 2003년 손형철[1]은 위성통신을 이용한 GPS는 위성에 의존할 수밖에 없다는 한계성과 전력 소모량이 많고 처음 위치를 획득하는데 걸리는 시간(TTFF: Time To First Fix)이 길며, 다중경로와 가시위성 부족으로 인한 도심 및 음영지역에서의 정확성에 관한 근본적인 문제점을 제시하였다. 또한 GPS를 이용한 위치추적 시스템은 실내에서의 사용에 제약이 많고, 건물이 밀집되어 있는 곳에서도 동작이 어려운 경우가 있으며, 광범위한 지역에 대한 상대적인 정확도는 높지만 좁은 지역에 대한 정확도는 수십 미터로서 매우 낮다. 이와 같은 각 기술에 따른 이동체 위치추적 방식을 표 1에서 보여준다. 이동체 위치추적은 군사적인 목적 이외에도 물류관리, 영업지원관리, 응급구조원지휘, 운행정보제공 등 다양한 형태로 민간 부분에서도 활용될 수 있으므로 많은 관심을 가지고 연구를 기울이고 있는 분야이다.

또 다른 위치추적 방법으로 최재원[2]은 Active Bat System에 의해서 초음파를 적용하는 다양한 기술이 제안되었다. 이와 같은 위치추적 시스템은 이동체가 초음파를 발신하는 것을 특징으로 한다. 초음파를 이용한 위치추적은 전파를 이용하는 방법과 달리 초음파의 간섭 특성상 동시에 발신이 곤란하므로 이동체에서 초음파를 발신하고 여러 개의 수신기에서 도달시간을 측정하는 방법이다. 이 방법은 1개의 이동체에 대해서만 적용이 가능하다는 문제점이 있다. 최근에는 정밀한 위치추적을

표 1 이동체 실시간 위치추적 방식 비교

측위기술	기술개요	모바일 단말기	위치오차 범위	특징
Cell 추적방식	통신망 기지국 단위로 위치추적	단말기	500~2000m	오차가 상당히 심함
GPS 추적방식	GPS 수신기를 이용하여 위치파악	GPS 수신기+무선모뎀	20m내외 (개활지 기준)	GPS수신기 비용부담과 실내위치추적불가, 음영지역 오차 심함
Network 방식	AOA 또는 TDOA 알고리즘 이용하여 위치추적	단말기	500m 내외	위치추정 파라미터정보의 신뢰성에 따라 차이 발생
GPS+Network	GPS방식과 Network 방식 혼합	GPS 수신칩이 내장된 단말기	20~500m	위치추정 파라미터 정보 신뢰성에 따라 차이 발생
MSP Hybrid 방식	GPS 없이 전파DB이용 Image Matching + AOA + TDOA 알고리즘	단말기	50~300m	Hybrid방식 최적알고리즘을 상황에 맞게 적용하여 Network방식의 오차를 개선함

(자료: 한국과학기술원, 2003)

위하여 RFID를 이용한 방식이 제안되고 있다. RFID 기술은 물건을 식별하는 고유의 기능뿐만 아니라 점차 위치추적 기술로까지 발전하고 있다. 특히 위치기반 서비스 분야에서 RFID가 갖는 장점은 위치추적이 가능하다는 것과 센서네트워크를 통한 정보의 송수신이 가능하다는 것이다. 하지만 지금까지 RFID를 이용한 위치추적 기술은 실내를 중심으로 활용되고 있으며, 실외에서는 RFID를 활용한 위치추적 기술에 대한 실제 적용 사례가 부족하다. RFID를 이용한 위치추적 기술로 천정에 설치된 비콘(Beacon)에서 초음파와 RF신호를 동시에 발생시키면 사용자에게 부착된 리스너(Listener)에서 감지함으로써 Beacon에서 동시에 출발한 RF전파와 초음파가 Listener에 도달하는데 걸리는 시간이 다르다는 점을 이용하여 Beacon과 Listener 사이의 거리를 측정하는 Cricket 시스템[3]이 제안된 바 있다. Cricket 시스템 연구는 Beacon간의 충돌을 방지하는 알고리즘과 칼만 필터를 이용해 위치를 추정하는 알고리즘이 포함되어 있어서 비교적 정확한 위치추적이 가능하지만, 초음파의 도달 거리가 짧으므로 16sqft(약 1.32232m<sup>2</sup>)마다 한 개의 Beacon을 설치해야 한다는 점과 장애물로 인해 시야가 확보되지 않을 경우 위치추적이 어렵다는 단점이 있다. 그리고 위치 값 보정을 위해 RFID 태그에 위치기준점을 적용한 LANDMARK[4] 방식이 제안되었는데 실내 측위를 위해 필요한 리더기(Reader) 개수를 줄이고, 기준점 정보를 동적으로(Dynamically) 갱신하는 과정을 통해서 신뢰성 있는 정확도를 유지하는 장점이 있지만 장애물 등이 있는 경우에는 충분한 위치추적 성능을 발휘하지 못하고 있다.

### 3. 연구목표 및 방법

#### 3.1 연구목표

지금까지의 RFID를 이용한 위치측위 방식은 주로 실내에서의 측위를 목적으로 하고 있다. 따라서 본 연구에서는 외부 환경에 대한 영향을 받지 않으면서 안정적이고 높은 정확도로 이동체의 위치를 실시간으로 파악하는 기술을 바탕으로 하는 이동체 위치 확인 서비스를 제안하였다. 본 절에서는 RFID와 통신망을 융합하여 보호대상 이동체의 위치를 실시간으로 정확하게 확인할 수 있는 이동체 위치 확인 서비스 시스템 및 그 방법에 대해 기술하였다.

#### 3.2 연구방법

본 연구에서는 RFID를 이용한 위치측위 방법을 활용한 미아방지시스템으로의 적용가능성을 분석하였다. 4장에서는 실시간 위치측위가 가능한 Active RFID 기술의 타당성 평가를 위해 실시한 실험결과를 분석하였다. 타당성 평가 실험을 근거로 직접 서비스 가능한 미아방지

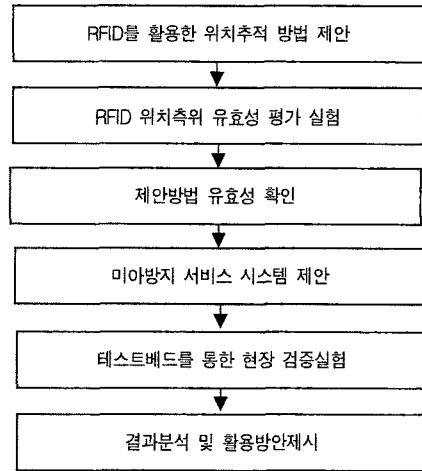


그림 1 전체 연구 흐름도

시스템 모델 및 시나리오를 5장에서 정립하고, 6장에서는 개발된 시스템을 현장에 적용하여 서비스 활용 가능성을 확인하였다. 전체적인 연구흐름도는 그림 1에 나타났다.

## 4. RFID 위치측위 유효성 평가 실험

### 4.1 실험 목적

기존의 RFID를 활용한 위치추적은 주로 실내 및 물류창고와 같은 한정된 공간에 국한되어 사용되었다. 따라서 실내에서는 GPS와 같은 기준좌표체계가 존재하지 않으므로 RFID, UWB, 적외선, 초음파 등 각각의 시스템마다 다른 좌표 부여방식(거리, 층수 및 호수, 바닥이나 천장에 Cell ID 부여하기)을 사용하였다.

이와 같이 RFID를 실외에 적용하기 위해서는 정확한 위치 기준점이 될 수 있는 기준좌표를 갖고 있어야 하며, 동시에 RFID 리시버에 안정적인 전원을 공급할 수 있는 고정 시설물이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 RFID를 고정 시설물에 설치하여 해당 시설물의 위치좌표를 기준점으로 사용함으로써 이동체의 위치를 실시간으로 추적하는 방안과 효용성 평가를 위해 실험하였다.

### 4.2 실험개요

본 연구와 관련하여 2006년에 수행된 사전연구[5]에서 기술적 검토과정과 시뮬레이션 실험을 통해서 도로마다 가로등설치기준법 의거하여 일정한 간격으로 설치되어 있으며, 전원공급이 가능하고, 수치지도를 이용해서 세계 공통적으로 사용할 수 있는 정확한 위치데이터(위치좌표)를 보유하고 있는 가로등을 RFID 리시버가 설치되는 고정 시설물로 선정하였다. 사전연구의 시뮬레이션 실험을 통해서 위치좌표가 입력된 RFID 가로등을 이용해서 이동체의 실시간 위치를 추적할 수 있는 가능

성을 확인하였다. 본 논문에서는 시뮬레이션 실험에서 검증된 결과를 토대로 직접 현장에 적용하여 유효성을 검증하였다. 가로등에 RFID 리시버를 설치하기 위한 설치방법 결정 실험은 가로등이 도로를 중심으로 설치되었다는 점에 착안하여, 도로를 따라 RFID 가로등 설치방법을 결정하는데 중점을 두었다. 이를 위해 단열삼각망 구성 원리를 이용하였다. 단열삼각망은 폭이 좁고 길이가 긴 지역에 적합한 측량 방법으로서 노선측량, 하천측량, 터널 측량에 주로 사용된다. 특히 단열삼각망 구성 방법은 거리에 비해 관측수가 적으므로 경제적이다. 설치방법 결정 실험에서는 단열삼각망 구성 원리를 RFID 설치방법에 적용하여 효율적인 RFID 설치방법을 도출하였다. 가로등 위치는 위치좌표로부터 거리좌표를 획득한 후 위치추적시스템에 입력하였다. 본 실험에서는 RFID 가로등 설치방법을 결정하기 위한 실험항목을 인식거리 측정실험, 설치높이 결정 실험, 단열삼각망 외부/내부 태그 위치 정확도 비교 실험으로 구분하여 실험하였다. 위치추적 원리 및 설치방법에 대한 각 실험내용은 4.3절과 4.4절에서 자세하게 설명되었다.

4.3 위치추적 원리

무선측위를 이용한 이동체 위치추적은 이동체의 위치 정보를 제공해 주는 매체와 정보를 전달하는 다양한 기술과 연관되어 있다. 본 절에서는 유효성 평가 실험에 적용된 TDOA 위치추적 원리에 대하여 기술하였다. 2005년 이성호[6]는 TDOA 위치추적 방법에 대하여 두 개의 신호원으로부터 전파도달 시각의 상대적인 차를 측정하여 위치를 추적하는 측위 방식으로, 다수의 신호원과 한 개의 수신기로 구성된 forward link 방식과 한 개의 신호원과 다수의 수신기로 구성된 reverse link 방식이 있음을 제시하였다. TDOA의 기본 원리는 두 신호원에서 수신기까지 거리의 차에 비례하는 전파 도달 시간차가 측정되고, 두 신호원에서 거리가 일정한 곳 즉, 두 신호원을 초점으로 하는 쌍곡선 위에 수신기가 위치하게 된다. 이를 통해 3개의 신호원으로부터 2개의 쌍곡선이 얻어지고 두 곡선의 교점이 수신기의 위치가 된다. TDOA 위치추적 개념은 그림 2에 나타나있다. 유효성평가 실험에서는 M(≥3)개의 RFID에 위치좌표가 입력된 가로등으로부터의 위치정보를 이용하여 2차원 위치 좌표를 구하는 방법에 대하여 연구를 수행하였다.

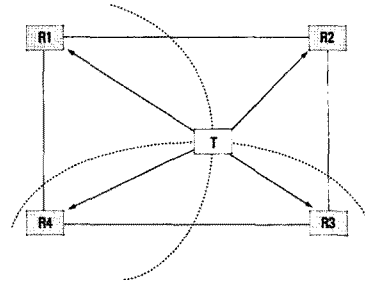


그림 2 위치추적 원리

참조기준점 역할의 RFID 가로등으로부터 이동체 사이의 거리  $r_i$ 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$r_{i+1,i} = cD_{i+1,i} = r_{i+1} - r_i \tag{1}$$

여기서,  $D_{i+1,i}$ 는  $i+1$ 과  $i$ 번째 가로등 기준점 사이의 추정된 TDOA이다. 이미 위치를 알고 있는 가로등의 위치를  $(x_i, y_i, z_i)$ 로 놓으면 이동체의 위치  $(x, y, z)$ 는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$r_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 \tag{2}$$

위의 식이 이동체의 위치를 구하는 비선형방정식의 집합을 이루게 된다. 식 (2)의 해를 구하기 위해 많은 알고리즘이 제안되고 있다. 선형화하여 위치추적에 필요한 해를 구하는 “Taylor series를 이용한 Least Square 알고리즘(LS 알고리즘)”과 선형화 하지 않고 해를 구하는 “Chan과 Ho 알고리즘(CH 알고리즘)”이 있다. 2004년 H. Kong[7]는 참조기준점을 이용하는 위치 결정에 있어서 최적의 성능을 보여주고 있는 CH 알고리즘을 적용하여  $r_{i,j} = r_i - r_j$  관계를 이용하여 식 (3)과 같은 행렬식으로 표현되는 선형방정식을 만들 수 있고, 이를 계산하여 이동체의  $(x, y, z)$  위치를 구할 수 있음을 보여 주었다.

$$\begin{bmatrix} m_1 y_1 \\ m_2 y_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} - l_1 - v_1 z \\ r_{4,3}r_{3,1}r_{4,1} - l_2 - v_2 z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m_3 y_3 \\ m_4 y_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{4,2}r_{2,1}r_{4,1} - l_3 - v_3 z \\ r_{4,3}r_{3,2}r_{4,2} - l_4 - v_4 z \end{bmatrix} \tag{3}$$

4.4 설치방법 결정 실험

RFID에 가로등을 설치하는 설치방법 결정 실험은 인식거리 측정, 설치높이, 단열삼각망 내부/외부 위치정확도 비교 실험으로 구분하여 실행하였다(표 2).

표 2 설치방법 결정 실험 항목

구분	실험항목	실험내용	비고
4.4.1절	인식거리 측정실험	RFID 리시버 설치 간격을 변경하면서 위치인식 가능한 RFID 리시버 설치 간격 정량화	(설치간격 구분) 250m~50m
4.4.2절	설치높이 결정실험	가로등에 설치될 RFID 리시버 높이에 따른 위치 정확도 비교	(설치높이 구분) 2.5m/3.5m
4.4.3절	단열삼각망 외부/내부 태그 위치	단열삼각망 구성 여부에 따른 태그 위치 정확도 비교	5m 간격 측정점 40개

4.4.1 인식거리 측정

RFID 가로등은 위치 정보를 인식하는 RFID 리시버와 인식된 정보를 전송해주는 통신망으로 구성되어 있다(그림 3). 측위용 RFID 리시버는 현재의 기술로도 실외에서는 100~200m까지 인식이 가능하다. 그러므로 새로 건설되는 도시에서는 유선망이 설치된 가로등이 실용화되면 RFID 리시버 인식거리만을 고려하여 시스템을 구성하면 된다. 하지만 가로등에 유선망이 설치되어 있지 않은 현재의 RFID 위치추적 시스템 구성에서는 RFID 리시버 인식거리뿐만 아니라 무선통신망의 AP(Access Point) 통신가능 거리도 데이터 처리에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 따라서 인식거리 측정 실험에서는 RFID 리시버 인식거리와 AP 통신가능 거리를 조합한 이상적인 설치거리를 결정하기 위한 실험을 수행하였다. RFID 리시버 설치 간격은 50m간격으로 250m에서 50m로 점차적으로 줄여가면서 실험하였다(그림 4). 결과 분석은 시스템에 축적된 Active 태그 위치 데이터를 Excel 파일 형태로 출력하는 프로그램을 작성하

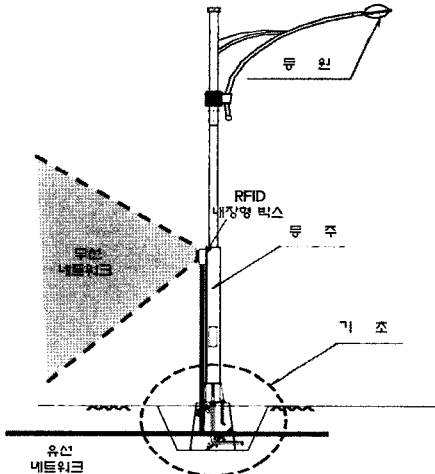


그림 3 RFID 가로등 구조 개요도

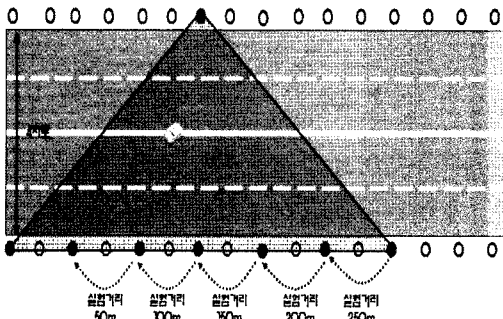


그림 4 인식거리 측정 방법

MacAdd	Time	VCar	XCar
000CC5C2D46	2006-11-02 오전 11:43:41	140.34	38.92
000CC5C2D36	2006-11-02 오전 11:43:42	140.24	38.87
000CC5C2D46	2006-11-02 오전 11:43:42	140.24	36.77
000CC5C2D21	2006-11-02 오전 11:43:43	143.69	38.82
000CC5C2D36	2006-11-02 오전 11:43:43	140.29	40.17
000CC5C2D46	2006-11-02 오전 11:43:44	140.19	36.52
000CC5C2D36	2006-11-02 오전 11:43:44	140.29	40.52
000CC5C2D48	2006-11-02 오전 11:43:45	139.49	40.12
000CC5C2D21	2006-11-02 오전 11:43:46	143.64	38.87
000CC5C2D46	2006-11-02 오전 11:43:46	140.09	36.12
000CC5C2D21	2006-11-02 오전 11:43:47	143.69	38.87
000CC5C2D48	2006-11-02 오전 11:43:48	139.44	40.12
000CC5C2D36	2006-11-02 오전 11:43:48	140.54	41.17
000CC5C2D21	2006-11-02 오전 11:43:48	143.64	38.97
000CC5C2D46	2006-11-02 오전 11:43:49	139.99	36.67
000CC5C2D21	2006-11-02 오전 11:43:49	143.69	38.97
000CC5C2D46	2006-11-02 오전 11:43:50	139.94	36.52
000CC5C2D48	2006-11-02 오전 11:43:50	139.39	40.07

그림 5 태그 위치 자료 추출 프로그램

여 통계분석 하였다(그림 5). 이때 RFID 태그 높이는 승용차 운전석과 사람이 휴대폰을 소지하는 일반적인 높이인 1m를 적용하였다.

인식거리 측정실험 정확도 평가를 위해서 실제 위치와 실험결과에 의한 위치와의 평균적인 거리차이를 분석하기 위해 표 3에서와 같이 RMSE(Root Mean Square Error)를 계산하였다. 실험결과 RFID 리시버 설치간격이 줄어들수록 보다 정확한 위치를 결정할 수 있음을 확인하였다. 특히 설치간격을 250m에서 200m, 150m에서 100m로 감소시킬 때 RMSE가 현격히 감소하고 100m 이하부터는 감소 폭이 줄어들음을 확인할 수 있었다(그림 6). 200m에서의 RMSE 감소는 실험장비의 실제 위치인식 가능 거리가 200m라는 점을 반영한 것으로 판단되며, 100m에서의 RMSE 감소는 RFID 인식거

표 3 인식거리 측정 실험결과

실험 거리	250m	200m	150m	100m	50m
거리 오차 (RMSE)	66.94m	21.30m	17.69m	4.66m	1.81m

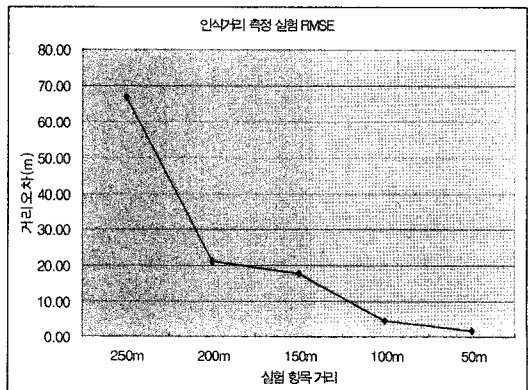


그림 6 인식거리 측정 RMSE

리뿐만 아니라 실질적인 AP 통신 가능 거리가 100m라는 사실을 반영한 결과로 분석된다. 실험 결과를 통해서 RFID 리시버 설치를 위한 경제적 비용 및 데이터 처리 용량의 효율성을 감안하면 실험에 사용된 위치추적 장비의 이상적인 RFID 리시버 설치 간격은 100m라는 결과를 도출할 수 있었다.

4.4.2 설치높이 결정

가로등에 설치되는 RFID 리시버 설치높이 결정 실험에서는 RFID 리시버 설치 간격을 앞서 4.4.1절의 인식 거리 측정 실험에서 획득한 100m로 고정하고, RFID 리시버 설치 높이는 2.5m와 3.5m 두 가지 경우로 구분하여 태그의 위치 정확도를 비교하였다. 설치높이 2.5m는 가로등 부착시설물 설치에 관한 관련규정에 근거하였으며, 3.5m는 도시 교통수단 중에서 가장 대중적인 이동체인 버스 높이가 3.5m 임을 고려한 값이다. 실험결과 전체적으로 RFID 리시버를 2.5m 높이에 설치했을 때보다 3.5m 높이에 설치했을 때 위치정확도가 향상됨을 표 4와 그림 7에서 보여준다.

표 4 설치높이 결정 실험결과

구분	단열삼각망 내부		단열삼각망 외부	
	태그 1	태그 2	태그 3	태그 4
2.5m설치 시 위치오차(RMSE)	5.31m	4.65m	23.68m	62.05m
3.5m 설치 시 위치오차(RMSE)	3.39m	1.86m	23.23m	19.13

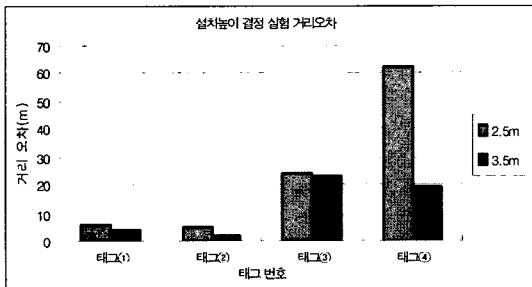


그림 7 설치높이 결정 RMSE

4.4.3 단열삼각망 외부/내부 정확도 비교

RFID 리시버 설치 방법은 도로, 철도, 하천, 수로, 터널측량과 같이 거리가 길고 폭이 좁은 지역 측량에서 사용되는 단열삼각망 구성 원리를 적용하였다. 4.4.2절의 실험 결과에서도 태그가 위치인식에 필요한 최소 3개의 리시버를 세 꼭지점으로 하는 단열삼각망 내부에 위치할 경우 거리오차 값이 외부에 위치할 경우보다 확연히 감소함을 확인할 수 있었다. 본 절에서의 실험은 이 값이 우연에 의한 것인지, 유의한 차이인지를 밝히기 위해

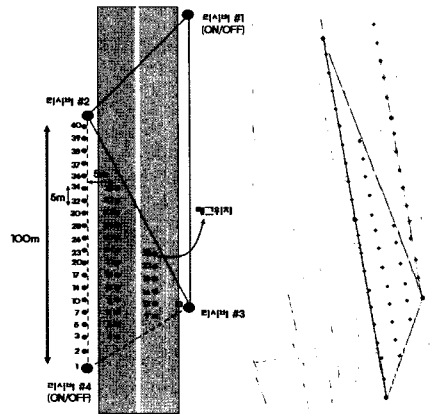


그림 8 단열삼각망 내부/외부 정확도 실험

도로를 중심으로 5m 간격의 측점을 형성하였다(그림 8). 각 측점에 태그를 위치시키고, RFID 리시버를 ON/OFF하면서 단열삼각망 외부/내부 태그 위치 정확도를 계산하였다. 측점 5m 설치 간격은 실험장비의 실외 위치 정확도가 5m 내외임을 반영한 것이다. 측점은 정확한 거리측정을 위해서 수치지도로부터 측점 위치와 개수를 결정한 후 현장에서 광파거리측정기(Total Station)를 이용하여 측점을 설치하였다. 그림 8에서 RFID 리시버 1, 2, 3, 4번을 설치한 후, 1번과 4번 리시버를 ON/OFF 하면서 태그가 단열삼각망 외부에 위치할 경우와 내부에 위치할 경우로 실험을 구성하였다.

즉, 실험에서 두 가지 경우로 가정했다. 첫째(리시버 1,2,3번 ON), 태그가 위치인식에 필요한 최소 3개의 리시버를 세 꼭지점으로 하는 단열삼각망 외부에 위치할 경우의 거리오차와 둘째(리시버 2,3,4번 ON), 태그가 단열삼각망 내부에 위치할 경우 거리오차를 계산했다. 실험결과 태그가 단열삼각망 외부에 위치할 경우의 위치 오차가 큰 편차를 보였으나, 단열삼각망 내부에 서는 고른 위치정확도를 나타냈다(그림 9). 단열삼각망 외부/내부에 따른 각 측점의 위치오차 RMSE는 Contour Map에서는 등고선 면이 진하고, Surface Plot Map에서는 기복이 심할수록 위치정확도가 낮음을 나타내고 있다.

5. 미아방지 시스템 구성 및 현장 적용

5.1 시스템 개요

본 연구에서 제안하는 미아방지 시스템은 RFID 태그를 보유한 어린이를 포함한 보호대상 이동체의 위치를 실시간으로 모니터링 하는 시스템이다. 시스템은 보호대상 이동체에 이상상황 발생(지역이탈, 긴급호출, 전원이상, 장비손상)에 따라 관리 대상자에게 통보하는 기능을 포함한다. 시스템은 이상상황 발생 시 관제시스템의 GIS 화면에 보호대상 이동체의 최종위치와 이동경로가

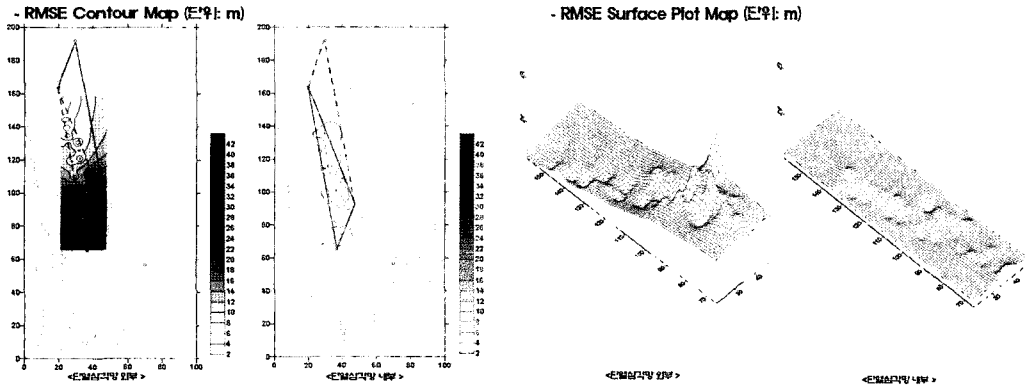


그림 9 단열삼각망 내부/외부 정확도 실험결과

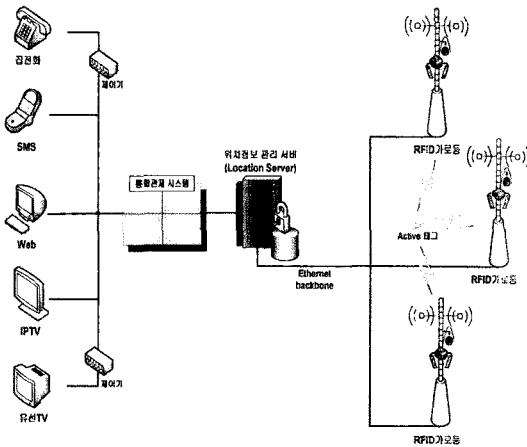


그림 10 미아방지 시스템 구성도

표시된다. 그림 10에 전체적인 시스템 구성도를 보여주고 있다.

5.2 이동체 위치확인 방법

본 연구에서는 이동체 위치확인을 위해서 가로등에 RFID 리시버를 결합시켜 인프라로 활용한다. GIS 기술을 이용하여 정확한 위치를 알고 있는 가로등에 기준점 역할의 RFID 리시버를 설치한다. 가로등이 RFID 위치 추적 기준점으로서 갖는 장점은 국가GIS 사업을 통해 측량성과를 마친 정확한 위치정보가 구축되어 있으며, 도로를 중심으로 일정한 간격으로 위치한 가로등이 이동체 위치추적을 위한 네트워크를 형성할 수 있다는 것이다. 그리고 RFID 전원공급 필요성에 대한 기술적 요구사항을 가로등이 만족시킬 수 있다.

그리고 RFID 기반 위치인식 장비의 구축을 위해 추가 시설물 설치 없이 가로등이라는 기존 시설물을 활용함으로써 경제적 비용절감 효과를 기대할 수 있다. 각 가로등의 RFID 리시버에는 자신 및 인접 RFID 리시버

가 설치된 각 도시 기반 시설물의 위치좌표 기준점(위치좌표정보)이 데이터베이스화되어 저장 및 관리된다. 위치좌표 기준점은 수치지도를 이용하여 획득하였다(그림 11). 여기서 수치지도가 갖는 의미는 이동체 위치를 추적하는 기법인 셀(Cell ID, 수신신호 세기 측정(RSSI : Received Signal Strength Indication), 신호의 도달각(AOA : Angel of Arrival), 신호의 도달방향(DoA : Direction of Arrival), 신호의 도달시간(TOA : Time of Arrival), 신호의 도달시간차(TDOA : Time Difference of Arrival) 등 모든 방식의 근간이 될 수 있는 위치 기준점을 제공한다. Cell ID 방식에서는 1개의 위치 기준점을 제공하고, 삼각측량 원리를 이용한 AoA, ToA, TDoA 방식에서는 3개의 위치 기준점을 제공하며, RSSI 방식에서는 1개 이상의 위치 기준점을 제공하고, DoA 방식에서는 2개 이상의 기준점을 제공한다. 본 미아방지 시스템에서 사용된 장비는 RSSI 방식에 의한 위치 추적 방식을 사용했다.

$$L = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) [dB], \quad d = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} 10^{\frac{L}{20}}$$

(L: 신호손실, c: 전파속도, f: 주파수)

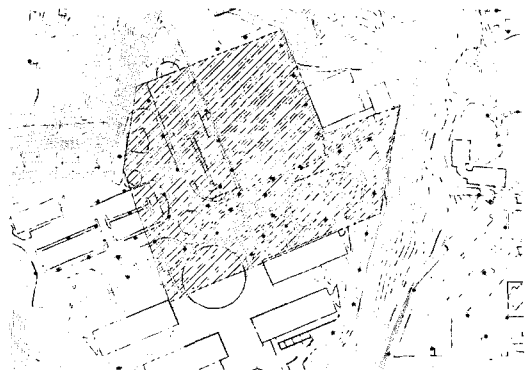


그림 11 실험대상 지역 가로등 위치좌표 기준점

수신신호 세기측정(RSSI)을 통한 이동체 위치 추적 기술은 두 개의 RFID 리시버에서 RFID 태그 신호의 세기를 측정하여 위치를 추적할 수 있다. RFID 태그의 송신 전력을 알고 있다고 가정하고 수신신호의 감쇄를 측정하면, 환경에 적합한 전자전파모델을 적용하여 RFID 태그로부터 RFID 리시버까지의 거리를 수학식을 이용하여 환산할 수 있다. 도로에 일정한 간격으로 위치한 가로등에 RFID 리시버를 설치하고자 할 때 어떤 기준으로 어떻게 설치할 것인가에 대한 문제는 단일삼각망 측량 기법을 적용하여 해결하였다. 일측 도로변의 가로등에 RFID 리시버를 설치하고 이와 단일삼각망 구조를 형성하는 타측 도로변의 가로등 2개에 RFID 리시버 두 개를 각각 설치하는 방식을 적용하였다. 이러한 방법은 RFID 리시버의 설치 개수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 단일삼각망 구조를 이용하게 되면 도로상의 정확한 이동체 위치추적이 가능할 뿐만 아니라, 아파트 단지에서 삼각망 구조를 벗어난 경우 부모에게 알람을 통보하는 미아방지 서비스에 활용될 수 있다. 미아방지 서비스에 대해서는 5.4절과 5.5절에서 자세하게 설명되었다. 이동체 역할의 Active 태그와 가로등에 설치된 RFID 리시버가 위치서버에 전송할 데이터 메시지 구조에 대한 상세적인 내용과 정의들 그림 12에 보여준다.

STX 1Byte	TAG ID 2Byte	위험 지역 1Byte	비상 상태 1Byte	Tag위치 X Point 2Byte	Tag위치 Y Point 2Byte
--------------	-----------------	----------------	----------------	------------------------	------------------------

중계기 상태 Byte 수 1Byte	중계기 상태 1Byte	...	수집기 상태 Byte 수 1Byte	수집기 상태 1Byte	...	ETX 1Byte
------------------------	-----------------	-----	------------------------	-----------------	-----	--------------

- STX : Start Frame => 0x02
- Tag ID : Tag ID
- 위험지역 : Tag ID에 해당하는 Tag가 위험 지역에 진입 시 => 0x01  
Tag ID에 해당하는 Tag가 위험 의 지역에 존재 => 0x00
- 비상상태 : Tag ID에 해당하는 Tag의 비상 상태 수신 시 => 0x01  
Tag ID에 해당하는 Tag의 정상 상태 수신 시 => 0x00
- Tag 위치 X Point : Tag 위치 X Point
- Tag 위치 Y Point : Tag 위치 Y Point
- 중계기 상태 Byte 수 : 이상이 있는 중계기의 수  
'0' 일 경우 이상 중계기 없음.
- 중계기 상태 : 중계기 ID  
중계기 상태는 중계기 상태 Byte 수 만큼 반복
- 수집기 상태 Byte 수 : 이상이 있는 수집기의 수  
'0' 일 경우 이상 수집기 없음.
- 수집기 상태 : 수집기 ID  
수집기 상태는 수집기 상태 Byte 수 만큼 반복
- ETX : Frame End 0x03

그림 12 위치인식을 위한 데이터 메시지 구조

### 5.3 장비 현장 설치

현장에 설치된 장비는 (주)벡스트로닉스의 실시간 위치추적 시스템을 적용하였다. 가로등에 RFID 리시버를 설치하기 위한 공사는 전기배선공사와 RFID 합체공사로 진행했다. 전기배선 공사는 전력선 노출을 최소화하기 위하여 가로등 내부로 선을 연결하여 마지막 부분에

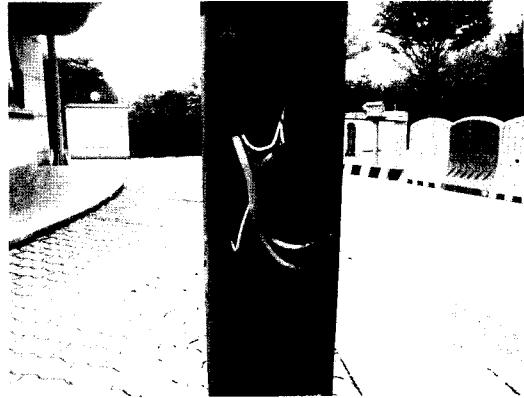


그림 13 가로등 본체 전선입상 및 배선공사

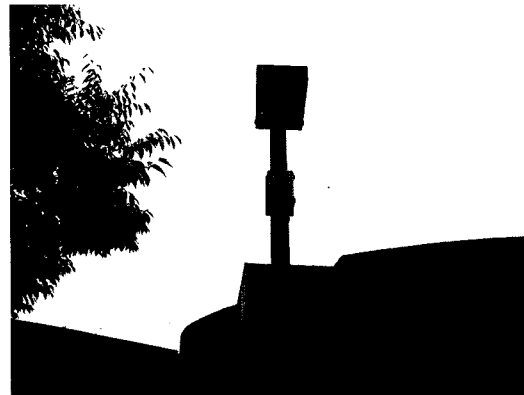


그림 14 가로등 RFID 리시버 합체 설치

가로등 등주를 타공함으로써 선의 노출을 최소화하였다. 케이블 배선공사의 압착단자는 터미널러그(Terminal Lug)를 사용했다. RFID 합체는 RFID 리시버를 비와 강풍으로부터 보호하고 주/야간 중단 없는 전원공급을 위하여 합체 내에 축전지를 사용함으로써 상시전원이 아닌 가로등 전원공급 방식의 단점을 해결하였다(그림 13과 14).

### 5.4 미아방지 서비스 시나리오 구성

본 장에서는 시스템 실행에 앞서 미아방지 서비스의 구체적인 시나리오를 작성하고, 각 단계별 역할을 정의하였다. 그림 15에서는 본 연구에서 적용된 이동체 위치 확인 서비스 방법에 대한 시나리오 구성도를 보여준다. 구체적인 미아방지시스템 시나리오는 다음과 같다. 미아방지서비스 시스템이 구축되면 서비스 사용자에게는 RFID 태그가 발급된다. 이때 태그는 다중인식이 가능하므로 사용자별로 여러 개수의 태그 발급이 가능하다. 사용자는 태그의 인식 반경(아파트 단지별, 이동반경별, 동별, 구별, 도시 전체, 기타 임의의 사용자 설정 지역 등)을 임의적으로 설정할 수 있다. 이상상황 발생 시 보



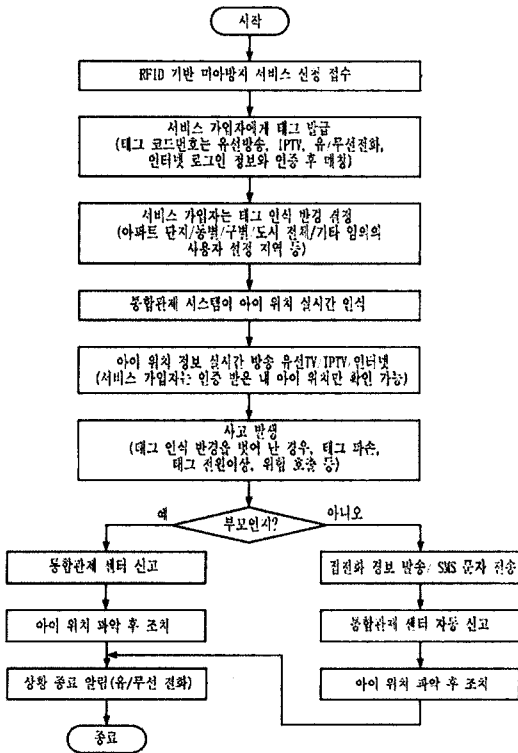


그림 15 미아방지 서비스 시나리오 구성

호자에게 연락할 수 있도록 태그의 고유번호는 보호자의 유선전화 및 휴대전화와 매핑되어 관리된다. 태그가 활성화되면 시스템에서는 서비스에 가입된 각 태그의 위치를 실시간으로 인식하여 사용자별로 매핑된 해당 태그의 위치정보만을 실시간 모니터링 한다. 이때 태그의 위치정보는 일정 간격으로 일반전화와 휴대폰으로 음성 또는 문자로 송출 가능하다. 서비스 가입자는 인증 받은 태그의 위치만 확인 가능하다. 발생 가능한 상황으로서 태그가 미리 설정된 인식반경을 벗어난 경우나 태그 파손, 전원 이상, 위험호출 등의 이벤트 발생 시 시스템에서는 경고메시지를 발생하는데, 이때 경고메시지는 서비스 신청 시 설정했던 일반전화 및 휴대폰으로 동일 내용이 전송된다. 이처럼 경고 메시지가 발령되면 자동으로 미아 발생 신고가 접수된다. 특히 긴급 호출 버튼에 의한 경고 메시지 발령 시에는 RFID 리시버와 함께 가로등에 설치된 경광등을 작동시켜 경고음을 발생시키고, RFID태그를 인식한 최소 3개의 최단거리의 RFID 리시버와 함께 가로등에 설치된 CCTV를 작동시켜 현장 상황을 자동으로 저장할 수 있다. 시나리오 구성에 따라 미아 발생에 대한 신고가 접수되면 도시 내에 설치되어 있는 관제시스템에서는 RFID 태그의 현재 위치 및 이동체적을 파악해 두고, 유관기관(경찰서, 119,

순찰요원 등)에 통보하여 적절한 조치를 취한다. 예로서 GIS 화면에 해당 보호 대상 이동체의 최종 위치를 표시하며, 최종 위치와 가까운 가로등에 설치된 CCTV로 최종 위치 부근을 모니터링하고, 근처 VMS에 아이 인상착의 및 사고내역을 표시한다. 또한 미아방지시스템은 경찰서에 위치 및 내역을 통보하며, 순찰 공무원에 사고 내역을 통보하고, 주민 핸드폰에 SMS/MMS 표시 서비스를 추가적으로 제공하는 등의 조치를 취한다. 아이의 현재 위치 및 이동체적이 파악되거나, 순찰요원 등에 의해 아이의 소재가 확인된 경우 경고메시지를 송출한 전화번호와 휴대폰번호로 상황 해제를 알려줌으로써 상황이 종료된다.

### 5.5 미아방지 서비스 실행

서비스 실행은 실험대상 지역에서 직접 태그를 이동해 가면서 실험했다. 이동체 실시간 위치확인을 위하여 별도의 뷰어 프로그램을 개발하여 실행하였다. 이동체의 이동경로는 별도의 데이터베이스에 일정한 간격(5초 간격)으로 저장되어 이동경로 흔적을 그림 16과 같이 보여줄 수 있다. 그림 17에서는 RFID 태그의 인식 반경 및 위험지역을 임의적으로 설정할 수 있음을 보여준다. 위험지역 설정은 태그 별로 설정 가능하다. 위험지역 설정 후 이동체가 위험지역에 진입 시 시스템에 '위험지역 진입'이라는 메시지가 표시되면 미리 설정된 휴대폰 번호에 SMS 상황정보를 발송한다. 상황이 해제되면 '정상 복귀'라는 메시지를 통보함으로써 상황종료를 알려준다(그림 18, 19).

## 6. 결론

본 연구를 통해서 위치표파가 입력된 RFID 가로등을 이용해서 이동체의 실시간 위치를 추적할 수 있는 가능성을 확인하였다. 현재 상용화 되고 있는 측위용 RFID 장비는 수 미터 이내의 정확성을 확보하기 위해 나노세컨(n/sec)까지 시간 측정이 가능하다. 이러한 RFID 측위용 장비가 국산화되고 대량 생산화가 이루어지면 비용 효율성이 증대하여 도심지역의 인프라 시설물로서 설치될 것으로 기대된다. 특히 본 논문에서는 가로등에 RFID 리시버를 이용하여 미아방지 서비스 시스템으로의 적용 가능성을 확인하였다. 이러한 RFID 가로등을 이용한 이동체 위치 확인 서비스가 도심지역의 인프라 시설물로서 설치되면 높은 건물이 밀집되어 있는 도심 및 GPS 불가능 지역에서 보행자(장애자) 관리, 범죄자 관리 등 정밀 측위가 필요한 곳에서 다양하게 활용될 수 있다. 한편 본 연구는 가로등과 같은 특정 기전시설물에 RFID 리시버를 설치할 경우 가로등이 설치되어 있는 도로를 벗어난 지역의 경우에 위치인식의 한계성을 갖고 있다. 이와 같은 문제점은 RFID 가로등과 같은





차 맹 규

2001년 인하대학교 지리정보공학과 졸업(학사). 2007년 서울대학교 지구환경시스템공학부 졸업(석사). 2001년~2005년 한진정보통신 GIS 개발팀. 2007년~현재 KT 미래기술연구소 전임연구원. 관심분야는 GIS 응용기술 및 센서네트워크기술



정 대 교

서울시립대학교 전자공학과 졸업(학사, 석사). 2002년~현재 KT 미래기술연구소 책임연구원. 관심분야는 RFID/USN 및 U-city



김 윤 기

경북대학교 전자공학과 졸업(학사 1984, 석사 1986). 2004년~2005년 텍사스주립대 방문연구원. 1989년~현재 KT 미래기술연구소 수석연구원. 관심분야는 차세대통신망, 유무선연동기술, LBS, WLAN, BAN, USN



정 학 진

1978년~1984년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사, 석사). 2000년 충북대학교 컴퓨터학과 졸업(박사). 1985년~현재 KT 연구원. KT 미래기술연구소 상무, 관심분야는 USN 분야, 영상처리분야