

# 근거리 RF중계알고리즘에 의한 구내 위치추적시스템 연구\*

박상민\*\* · 이 공\*\*\* · 이상근\*\*

## 요 약

GPS(Global Positioning System)로 물체의 위치를 파악하여 유용한 정보로 사용하는 방법에 관한 연구와 기술개발은 최근 매우 활발하다. 그러나, 물체의 위치정보를 활용하는 시스템들은 대부분 위치데이터 전송을 위한 데이터통신망을 필요로 하는데 보통 상용통신망을 이용하거나 무선 랜을 이용하여 데이터통신망을 확보하게 된다. 이 두 가지 방식은 매월 사용료를 지불하거나 초기 투자비가 과다하다는 단점을 가지고 있어 단순히 구내물체위치추적을 위해선 많은 애로사항을 내포하고 있다. 본 연구는 근거리무선통신(ZIGBEE, 424MHz, 블루투스, 900MHz)방식에 RF중계알고리즘을 적용한 저비용의 근거리 RF중계알고리즘에 의한 구내 위치추적시스템 구축에 관한 연구로서 특정지역 내에서 위치추적 솔루션을 필요로 하거나 유비쿼터스 환경에서 데이터 전송을 위한 데이터 통신망의 확보를 좀 더 쉽고 빠르게 저비용으로 확보하고자 하는 산업분야에 유연하게 적용 할 수 있다.

## Designed and Development of Location Tracking System by The Short-Range Radio Frequency Relay Algorithm

Sang Min Park\*\* · Gong Lee\*\*\* · Sang Keun Lee\*\*

### ABSTRACT

We can find easily about researches or technical development that deal with grasping the location of an object with GPS(Global Positioning System) in order to use them as a useful information. Most researches or technical development on application of tracing have been developed for the purpose of tracing objects in broad area as physical distribution or transportation, but recently, there are many researches on tracing materials in premise area as a fork lift, carts, or the equipment of work. In general, a system that utilizes location information of objects needs data communication network to transmit location data and it ensures data communication network by using common networks(SK, LG, KFT) or wireless LAN. However these two methods need monthly payment for the rental fee

---

\* 본 연구는 2007년도 인천대학교 자체연구비 지원에 의해 수행되었음.

\*\* 인천대학교 산업경영공학과

\*\*\* 인천대학교 컴퓨터공학과

or require considerable amount of investment for the early stage so it is difficult to use them merely for tracing premise subjects. This study was conducted to build a tracing system for premise area by local area RF relay algorithm with low cost applying RF relay algorithm to local area wireless communication(ZIGBEE, 424MHz, Bluetooth, 900MHz) system in order to supplement these demerits and included relay algorithm, RF locating information terminal, local area RF gab-fillers, a plan for collection server of locating information, and the way of realization as they are needed in this system. I consider that this study would be applicable with flexibility in the industry area that needs tracing solution within a specific area or needs ensuring data communication network, to transmit data in ubiquitous environment, by easier and more rapid way with lower cost.

**Key words :** GPS(Global Positioning System), ZigBee, RF, Bluetooth, Tracking System

## 1. 서 론

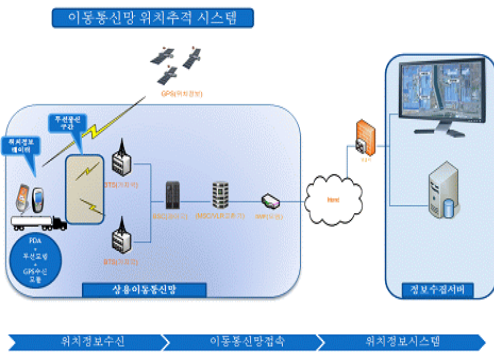
GPS로 물체의 위치를 파악하여 유용한 정보로 사용하는 방법에 관한 연구나 기술개발 내용은 쉽게 찾아 볼 수 있다. 대부분의 위치정보응용 연구나 기술의 발전은 물류, 교통 등 넓은 지역에서의 물체의 위치추적을 목적으로 발전하여 왔는데 최근 유비쿼터스 시대에 진입하면서 특정지역 내에서 자원 활용(지게차, 운반카트, 작업용 장비)을 위한 구내물체위치추적에 관한 연구가 활발해지고 있다. 물체의 위치정보를 활용하는 시스템들은 대부분 위치데이터전송을 위한 데이터통신망을 필요로 하는데 보통 상용통신망(SK, LG, KTF)을 이용하거나 무선 랜(WIRELESS LAN)을 이용하여 데이터통신망을 확보하게 된다[3]. 이 두가지 방식은 각각 매월 사용료를 지불하거나 초기 투자비가 과다하다는 단점을 가지고 있어 단순히 구내물체 위치추적을 위해선 많은 애로사항을 내포하고 있다. 본 연구는 위 방법들의 단점 보완을 위해 근거리무선통신(ZIGBEE, 424MHz, 블루투스, 900MHz) 방식에 RF중계알고리즘을 적용한 저비용의 근거리RF중계알고리즘에 의한 구내위치추적시스템구축에 관한 연구로서 시스템에 필요한 중계 알고리즘, RF위치정보단말기, 근거리 RF중계기 그리고 위치정보수집서버의 설계 및 구현방법을 포함 한다. 본 연구는 특정지역 내에서 위치추적솔루션을 필

요로 하거나 유비쿼터스 환경에서 데이터전송을 위한 데이터 통신망의 확보를 좀 더 쉽고 빠르게 저비용으로 확보하고자 하는 산업분야에 유연하게 적용 할 수 있다[2].

## 2. 위치추적정보기술동향

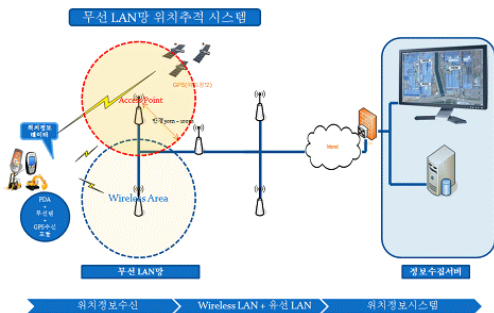
최근 위치추적시스템들은 ① 상용이동통신서비스 즉 무선인터넷 망과 새로운 무선망 서비스인 초 광대역통신 서비스 UWB(Ultra Wide Broadcast)를 이용한 시스템들이 거의 대부분이다. 그 이유는 위치추적시스템의 활용분야가 화물배송 서비스, 택배 서비스, 등의 물류 산업에서 가장 활발하고 광역망에서의 통신망 확보는 이동통신망만이 대안이기 때문이다. 물류 서비스 산업에서 물류 수송차량의 관리는 물류수송차량의 관리가 가장 주된 업무이며 물류 업체의 특성상 가장 중요한 업무이기 때문이다. 계속해서 넓은 지역을 움직이는 수송 차량의 특성과 정보시스템과의 연동 데이터가 많은 물류 업무의 경우에 위치추적시스템의 구축을 통한 정보시스템의 구축은상용 무선망 데이터 서비스를 제외하곤 데이터 통신망을 확보하기 위해선 별다른 대안이 없기 때문이다. 그런 이유로 물체의 위치 추적 시스템의 제안에는 시스템의 규모나 환경에 관계없이 대부분의

시스템들은 상용이동통신망을 기준으로 계획된다. 이동통신망 위치추적시스템은 시스템구축이 용이하다 시스템에 가장 중요한 통신망확보가 이동통신서비스에 가입하는 것으로 확보되기 때문이다. 반면 이동통신 위치추적은 이동통신망 서비스 사용료가 매월 발생한다. 시스템구축 초기비용은 적게 소요되나 시스템 운영비는 매월 발생하는 단점이 있다.



(그림 1) 이동통신망 위치추적 시스템

1)은 이동통신망위치정보 시스템 구성도이다. 다른 방법으로는 2) 무선 랜을 근간으로 한 위치추적시스템이 있는데 무선헤터넷모뎀과 GPS를 장착한 PDA나 노트북 등의 위치정보를 무선 랜 환경 하에서 정보시스템으로 전송하는 방법이 있다[9].



(그림 2) 무선 LAN망 위치추적 시스템

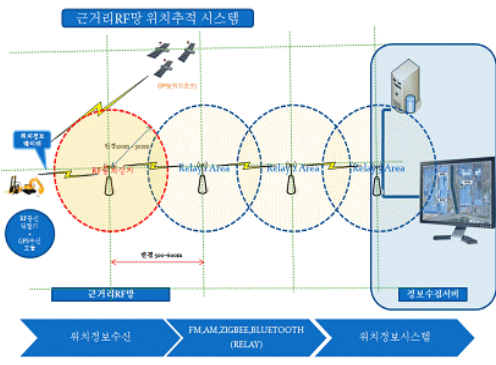
이 방법은 무선 LAN망을 구축하기 위한 초기비용이 많이 소요되나 유지비용이 적게 들고 업무시스템으로 활용 할 수 있는 장점이 있다. 반면 단순한 위치정보나 센서데이터 수집을 위한 용도로는 용도에 비해 너무 많은 투자가 필요하여 특정 지역 내에서 작업지원설비나 작업차량 등의 자원관리운영 시스템 같은 경우나 영내 근무자의 위치추적 시스템과 같은 소규모 시스템에는 거의 채택하지 않는 실정이다.

### 3. 근거리RF 중계 알고리즘을 이용한 구내 위치 추적시스템

특정지역 내에서의 물체의 위치추적에 관한 내용으로서 위성으로부터 수신된 위치정보를 위치정보 서버로 전송하는 과정을 통해 지역 내(물류센터, 항만, 생산시설단지 등)의 자원관리 시스템으로 활용할 수 있는 시스템에 대하여 제안하되 좋은 환경(통신망 확보가 용이한)에서 활용되고 있는 시스템이 아닌 통신망을 확보하기 어려운 지역이나 소규모데이터의 이동만을 목적으로 하는 곳에 적용할 수 있는 새로운 형태의 근거리RF 중계알고리즘에 의한 구내 위치추적 시스템을 제안하려 한다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 사용되는 통신망의 종류에 따라 여러 가지 방식이 있는데 대표적인 방법으로 a) GPS 수신기와 상용이동통신망인 무선인터넷 데이터 통신망을 이용하는 위치정보 시스템과 b) GPS와 무선인터넷(Wireless Ethernet)의 AP(Access point)를 이용한 물체의 위치추적방법이 있다. a)의 경우 시스템은 복잡하지 않으나 상용통신망 사업자에 의존하여 시스템을 운용하여야 하므로 유지비용의 면에서와 구내 위치추적 시스템의 특수성에는 비경제적인 면이 있고 b)의 경우는 통신망확보를 위해 50m 정도의 간격으로 통신망확보를 위한 AP의 설치와 AP와 서버 간 네트워크 확보를 위해 통신케

이블과 전원을 확보하는 공사비가 시스템의 용도에 비하여 과다하게 소요되는 단점을 가지고 있다. 본 논문은 이러한 면에 대한 대안으로 근거리 무선통신기술을 적용한 새로운 형태의 시스템 제안을 계획하였고 그러한 시스템을 구현하기 위해 필요한 필수요소장치들을 설계 구현하였는데 H/W로는 물체의 위치정보를 위성으로부터 수신하여 중계 장치로 전송하는 RF 위치정보단말기와 단말기로부터 전송된 위치정보를 위치정보시스템 서버로 전달하는 2채널 중계기를 구현하였다. 또한 근거리무선통신기술(424MHz모듈, 900MHz 모듈, 블루투스 모듈 등)에서의 짧은 전파통달거리(100~400m)를 확장하는 ID 구분방식 거리연장 알고리즘을 구현하여 a)의 단점(유지비용의 면에서)과 구내위치추적시스템의 특수성(예는 비경제적인면)과 b)의 단점(과다한 시설비용)을 해결하기 위한 부분에 중점을 두어 연구하였다[6, 12].

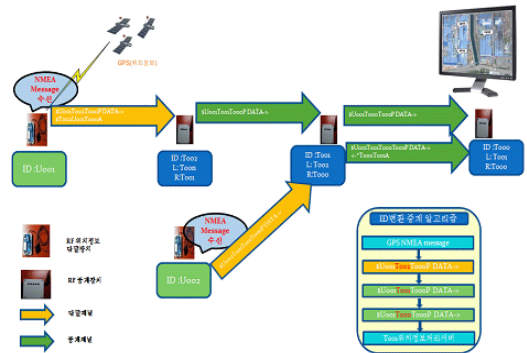
특정지역 내에서의 물체의 위치추적의 경우 통달거리가 짧은 RF중계기를 일정한 구성도와 같이 일정간격으로 설치하고 중계기간 데이터 전달 알고리즘을 수립한 후데이터 전달 알고리즘정책을 수행하여 단말장치로부터의 데이터 혹은 특정위치의 데이터를 목적장치로 이동할 수 있게 된다.



(그림 3) 근거리RF중계알고리즘에 의한 구내위치추적시스템

### 4. 알고리즘

시스템에서 위치정보가 정보수집서버까지 전달되는 과정에서의 근거리RF중계알고리즘에 대한 내용이다. 각 중계 장치는 ① 4바이트로 구성된 장치ID와 하위노드(L) 그리고 상위노드(H)식별자를 기본적으로 부여 받는다. ② 데이터가 수신되면 수신된 데이터에서 중계식별자와 목적지식별자 그리고 명령코드를 분석 한다. ③ 장치ID와 중계식별자가 일치하면 명령코드 규칙에 의해 상향명령이면 중계식별자를 상위노드(H)로 교체하고 데이터를 송신하고 하향명령이면 중계식별자를 하위노드(L)로 교체하고 데이터를 송신한다. ④ 목적지식별자와 장치ID와 일치하면 명령코드를 실행 한다. 장치ID와 식별자들이 일치하지 않으면 수신데이터를 버린다. 구내위치정보시스템의 중계알고리즘은 앞서 나열한 다섯 가지 규칙과 순서에 의해 구현된다.



(그림 4) 근거리RF 위치정보중계 알고리즘

중계알고리즘의 동작은 ASCII 코드 4바이트의 장치식별 ID와 목적장치식별ID 그리고 중계기ID의 비교를 기준으로 중계 혹은 데이터처리를 결정함으로써 데이터의 중계가 이루어진다. 데이터의 수신 시 STX와 ETX를 기준으로 데이터를 수신하고 수신데이터를 XOR 연산하여 CRC와 비교한 후 정상적인 데이터이면 목적장치식별 ID나 중

계기 ID가 장치 식별 ID와 일치하지 않는 경우는 무시하고 목적장치 식별 ID가 장치식별 ID일 경우는 데이터만을 취합하여 처리하고 중계기 식별 ID가 자신 일 경우는 중계처리를 위하여 현재 중계장치 식별 ID를 다음 중계기 식별 ID로 대체처리하고 CRC를 정리한 후 다시 전송하는 과정을 반복하여 목적장치 식별 ID 장치에 도달할 경우 데이터의 중계가 완료 되도록 한다[6].

구조 설계	STX	SID	TID	DID	CMD	DAT	CRC	CR	LF
Length	1 Byte	4 Byte	4 Byte	4 Byte	1 Byte	N Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte
Field	Description								Example
STX	Start of Text - 데이터 프레임의 시작위치 구별 문자								's'
SID	출발장치 ID - 명령 프레임 발생장치 구별 ID 토서 A-Z까지 26 그룹당 000-999 장치까지 할당.								'U001'
TID	중계장치 ID - 명령 프레임 전달하는 장치의 ID.								'T001'
DID	목적장치 ID - 명령 프레임의 최종목적 ID								'T000'
CMD	프레임 처리코드 - 명령 프레임 데이터 종류를 나타내는 필드.								'M'
CRC	에러체크코드 - 명령 프레임의 오류 체크필드.								0x27
CR	Carriage Return								0x10
LF	Line Feed								0x13

(그림 5) 시스템 명령 Format

알고리즘은 제 3장의 시스템 필요 요소 중 중계기의 마이크로 프로세스에 프로그램 코드로 작성되어 탑재된다.

## 5. 구 현

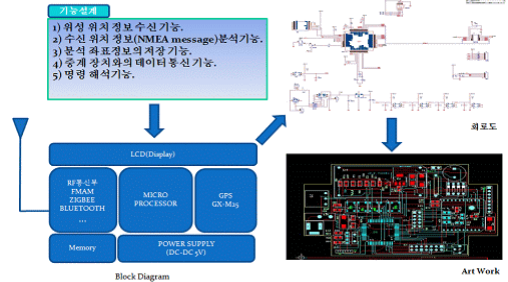
실제 연구 알고리즘의 거리연장에 대한 기능을 검증하기 위하여 무선 위치 정보 단말기, 위치정보 중계기를 제작하여 검증하였다[1].

### 5.1 근거리 RF 위치정보단말기

무선RF위치 정보 단말기 기능은 다음과 같다.

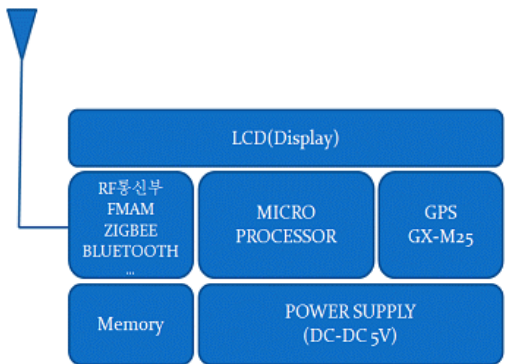
- 위성 위치 정보 수신 기능
- 수신 위치정보(NMEA message)의 좌Table 변환 기능

근거리 RF 위치정보 단말장치의 설계

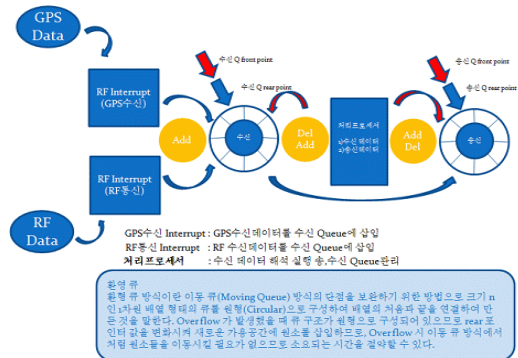


(그림 6) 소출력 RF 위치정보단말기 구성도

- 변환 좌Table정보의 저장 기능
- 중계기와의 데이터통신기능 및 명령해석기능



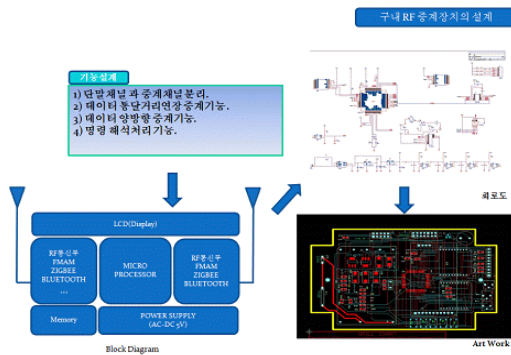
(그림 7) 위치정보단말기 블럭도



(그림 8) 근거리 RF 위치정보단말기 Data Flow

RF위치정보 단말기는 나열한 것과 같은 기능을 포함하고 위치정보를 알고자 하는 물체에 설치되어 위성으로부터 수신되는 위치정보를 해석하고 저장하는 동작과 중계기와의 통신대기 기능을 수행하며 서버로부터 중계기로 전달된 명령이 수신되면 이를 해석하고 명령에 의해 위치정보를 전달하는 데이터전송 format으로 변환하고 데이터 송신알고리즘에 맞게 실행하는 기능을 수행한다.

### 5.2 구내RF중계기



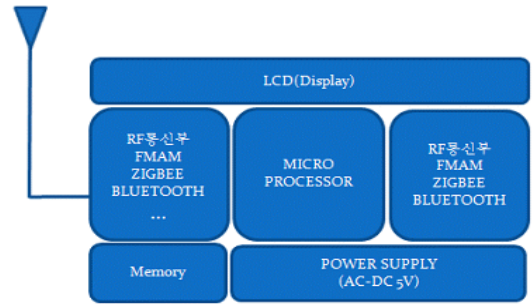
(그림 9) 구내RF중계기 설계요약

근거리 RF중계기(이하 중계기)의 세부적인 기능을 살펴보자면 다음과 같은 기능들이 포함되는데 나열하자면 다음과 같다.

- a) RF위치정보단말장치 통신용 채널과 중계용 채널이 분리되어 있어야 한다(무선데이터 중첩방지).
- b) 데이터 통달거리 연장을 위한 데이터 중계기능(주파수 통달 거리를 벗어난 특정 지역 수용을 위함).
- c) 데이터 진행방향 분석기능(중계 데이터 Relay 시 데이터 유실 방지)
- d) 명령 해석기능

중계 장치는 나열한 것과 같은 기능을 포함하고 데이터수집서버로부터 수신되는 명령정보를 해석

하고 저장하는 동작과 이전 중계 장치와 다음 중계기간의 통신대기 기능을 수행하며 서버로부터 중계기로 전달된 명령이 수신되면 이를 해석하고 명령에 의해 데이터의 전송, 처리, 전달 등에 대한 명령의 처리기능을 포함한다.

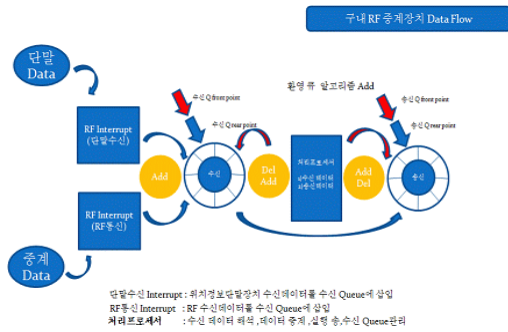


(그림 10) 근거리RF중계기 블록도

중계기의 H/W 내부구성을 나타낸 Figure이다. 중계기는 두 개의 RF통신부와 자원들을 통제 제어하는 Micro Processor, 정보 저장장치인 Memory, 필요전원을 공급하는 전원부로 구성되어 있으며 각 구성부는 다음과 같은 역할을 수행한다[1, 6].

- a) RF통신부 : RF통신부는 외부장치와의 데이터통신을 무선으로 수행하는데 사용 주파수는 하나의 채널은 RF위치정보 단말장치와 동일한 주파수를 다른 하나는 중계기간 동일채널을 사용하며 RF위치정보 단말장치로부터 전달된 데이터를 위치정보 수집서버나 중계기로부터 전달되는 데이터를 내부 Micro Processor가 변조하거나 복조할 수 있도록 무선신호를 수신하는 역할을 한다.
- b) Micro Processor 알고리즘 : 중계기의 마이크로프로세서는 단말기와 달리 매우 중요한 알고리즘을 수행한다. 그것은 앞서 기술한 바와 같이 중계데이터의 방향에 따라 중계기간 전달알고리즘을 수행하는 일과 최종처리 중계기일 경우 처리프로세스를 수행하는 일이다.





(그림 11) 구내 RF 중계기 명령처리 프로세스

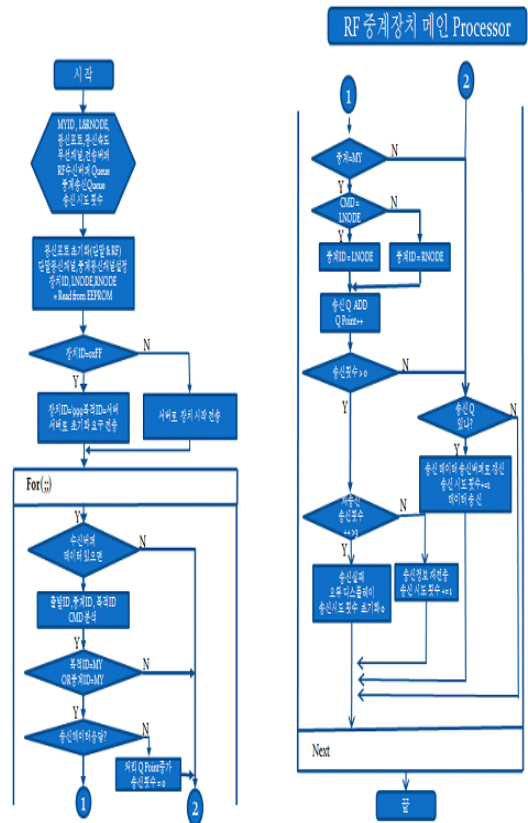
RF 중계기는 특수한 중계 알고리즘을 포함한 Firmware에 의해 동작하는데 중계 장치 동작 프로세스는 RF 위치 정보 단말 장치의 알고리즘에 Low Node ID(하위 중계 ID), High Node ID(상위 중계 ID) 정보를 포함하는 이중 linked list 알고리즘을 응용하여 이전 중계 장치와 다음 중계기의 ID를 식별하여 데이터를 중계하는 프로세스를 포함하게 되는데 Figure 26은 중계 프로세스를 나타내는 중계 프로세스 순서도이다.

근거리 RF 중계기는 모두 3가지의 동작 프로세스를 다중처리 하는데 다음과 같다.

- a) 메인 프로세스 : 메인 프로세스는 수신 데이터 Queue Buffer의 수신된 데이터 프레임 분석하여 처리하는 프로세스로서 시스템의 시작과 동시에 초기화 과정을 처리하고 명령처리 프로세스를 반복적으로 처리하는 프로세스이다. 메인 프로세스는 순서도에 나와 있듯이 단말 채널 수신 프로세스와 중계통신 채널 프로세스에 의해 Queue Buffer에 저장된 수신 프레임 분석하고 포함된 목적 ID 중계 ID를 분석하여 중계 처리와 목적 처리를 구분하여 중계 동작과 처리 동작을 수행한 후 Queue Buffer를 정리하는 동작을 반복하여 수행한다.
- b) 단말 채널 수신 프로세스 : 단말 채널 수신 프로세스는 단말 장치로부터 수신되는 데이터 프레임을 Queue 알고리즘에 의해 큐에 적재하는 프로세스이며 UART Interrupt 영역에 포함되어 인터럽트 신호에 의해 동작을 하는 인터럽트 수신 프로세스이다.

입을 Queue 알고리즘에 의해 큐에 적재하는 프로세스이며 UART Interrupt 영역에 포함되어 인터럽트 신호에 의해 동작을 하는 인터럽트 수신 프로세스이다.

- c) 중계통신 채널 프로세스 : 중계통신 채널 프로세스는 동일 채널을 통해 수신되는 무선 데이터를 수신하여 환형 Queue 알고리즘에 의해 큐에 적재하는 프로세스이며 단말 채널 수신 프로세스와 마찬가지로 UART Interrupt 영역에 포함되어 인터럽트 신호에 의해 동작을 하는 인터럽트 단말 채널 수신 프로세스와 중계통신 채널 프로세스는 각각 독립된 형태의 처리를 수행한다.



(그림 12) 근거리 RF 중계기 동작 순서도

## 6. 결 론

본 논문은 연구결과를 토대로 현재 알려져 있는 여러 가지 방식의 물체위치추적시스템의 구성방법과는 상이한 구내에서의 자원관리의 효율적 경영을 위한 근거리 RF의 응용과 중계알고리즘구현방법 그리고 데이터통신망 확보를 하는 방법에 대한 결과를 얻었으며 이는 최근 USN 환경의 근간이 되고 있는 ZIGBEE 외에 전파법의 저축을 받지 않는 300m 이내의 통달거리를 갖는 생활주파수 424MHz, 900MHz 등 어떠한 전파를 사용하더라도 유사한 결과를 얻어낼 수 있었다. 또한 단말장치의 용도에 맞는 변형에 따라 다양하게 적용할 수 있으므로 소규모의 데이터전송만을 필요로 하는 시스템이나 특별한 종류의 전용무선데이터통신망을 요하는 산업진반에 훌륭하게 저가격대의 경제적인 시스템을 구현할 수 있다. 본 연구의 결과는 비단 물체의 위치추적에 국한된 내용만은 아니다. 본 연구의 결과는 정보발생의 원천 즉 위치 정보 단말기단의 기능변화에 따라 매우 다양하게 활용될 수 있다. 예를 들자면 건축구조물의 위험요소에 대한 관리(가스, 화재, 도난, 방범) 시스템의 통신망구축도 가능하고 자동검침시스템(전기, 가스, 수도 사용량)에도 사용 할 수 있다.

점차 생산, 제조 등 산업분야에서 구내의 작업장비나 자원관리의 중요성이 부각되며 기업들의 자원 활용성에 대한 관심 또한 높아지고 있는 추세이다. 따라서 많은 발전을 이루는 다양한 통신 방식의 응용 연구는 현대산업사회의 자원 활용 관심과 맞물려 또 다른 결과를 기대할 수 있다.

## 참 고 문 헌

[1] Atmel Atmega128 Datasheet.

- [2] Chipcon CC2420-2.4GHz IEEE 802.15.4/ZigBee-ready Transceiver Datasheet.
- [3] R. J. Fontana, "Experimental results from an Ultra Wideband Precision Geolocation System", Short-Pulse Electromagnetics.
- [4] J. hightower and G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing", IEEE Computer, Vol. 34, No. 8, pp. 67-66, 2001.
- [5] K. Kaemarungsi and P. Krishnamurthy, "Modeling of Indoor Positioning Systems Based On location fingerprinting", IINFOCOM, pp. 1012-1022, 2004.
- [6] Max Stream Xbee pro Data Sheet Based On IEEE Communcations.
- [7] K. K. C. Yu, et al., "An Adaptive Kalman Filter for Dynamic Harmonic State Estimation and Harmonic Injection tracking", IEEE transactions on Comm, Vol. 20, No. 2, pp. 1577-1584, 2005.
- [8] Estimation and Harmonic Injection Tracking.
- [9] Merged Proposal of DS\_UWB with Optional CS\_UWB on UWB Band for IEEE802.15.4a, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4a.html>, IEEE15-0500127-004a, 2005.
- [10] N. J. Thomas et al., "A Robust Location Estimator Architecture with Biased Kalman Filtering of TOA data for Wireless Systems", Spread Spectrum Techniques and Applications, 2000.
- [11] IEEE Computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2003", 2003.
- [12] "ZigBee v1.0 Specification", ZigBee Alliance.
- [13] The Mckinsey Quarterly, "Telematics : where the radio meets the road."





**박 상 민**

1970년 한양대학교 산업공학과  
(공학사)

1983년 한양대학교 산업공학과  
(공학석사)

1990년 한양대학교 산업공학과  
(공학박사)

1985년~현재 인천대학교 산업경영공학과 교수



**이 상 근**

1987년 단국대학교 행정학과  
(행정학사)

2001년 중앙대학교 유통산업학과  
(경영학 석사)

2008년 인천대학교 산업경영공  
학과(박사과정)

1998년~현재 삼영물류(주) 대표이사



**이 공**

2006년 인천대학교 산업공학과  
(공학사)

2008년 인천대학교 산업공학과  
(공학석사)

2008년 인천대학교 컴퓨터공학과  
(박사과정)