

스마트한 상황인지를 적용한 도플러 레이더 센서 기반의 정밀 위치추정 시스템

A Precise Location Tracking System with Smart Context-Awareness Based-on Doppler Radar Sensors

문 승 진*, 김 흥 규
(Seung-Jin Moon¹ and Hong-Kyu Kim¹)
¹The University of Suwon

Abstract: Today, detecting the location of moving object has been traced as various methods in our world. In this paper, we preset the system to improve the estimation accuracy utilizing detail localization using radar sensor based on WSN and situational awareness for a calibration (context aware) database, Rail concept. A variety of existing location tracking method has a problem with receiving of data and accuracy as tracking methodology, and since these located data are the only data to be collected for location tracing, the context aware or monitoring as the surrounding environment is limited. So, in this paper, we enhanced the distance aware accuracy using radar sensor utilizing the Doppler effect among the distance measuring method, estimated the location using the Triangulation algorithm. Also, since we composed the environment data(temperature, illuminancem, humidity, noise) to entry of the database, it can be utilized in location-based service according to the later action information inference and positive context decision. In order to verify the validity of the suggested method, we give a few random situation and built test bed of designed node, and over the various test we proved the utilizing the context information through route tracking of moving and data processing.

Keywords: precise location tracking, doppler radar sensors, smart context-awareness, location tracking, moving tracking

I. 서론

MEMS (Micro Electro Mechanical System), 나노기술(nano technology) 등과 같은 초소형 마이크로 센서의 하드웨어 기술이 발전함에 따라 다양한 기능의 센서를 이용한 무선 센서 네트워크의 구축이 가능하게 되었다. 가장 일반적인 위치추적을 위한 기술에는 삼각 측량법, 장면 분석법, 근접방법의 세 가지 방법이 있으며, 현재 개발되고 있는 위치추적 시스템은 이 세 가지 방법을 사용하고 있다[1]. 이러한 위치추적 방법을 이용한 시스템이 개발되어 있음에도 불구하고 아직도 위치추적에 대한 연구가 진행중인 이유는 최근의 위치추적 시스템의 개발에 대한 초점이 특정 응용에 사용될 수 있는 적합한 위치추적 시스템을 개발하고, 사용자의 위치 추적을 위해 위치 추적 정확도와 시스템의 가격, 설치의 용이성, 실시간성, 주변 환경인식성 등을 고려하여 특정 응용에 최적의 시스템을 활용하기 때문이다. 이러한 특징들을 초소형 마이크로 센서 하드웨어 기술들의 포함된 무선 센서 네트워크를 활용하여 현실 세계에서 발생하는 여러 이벤트를 감지하여 이를 네트워크를 통해 수집, 처리

하여 위치기반 서비스(LBS: Location Based Services)의 다양한 콘텐츠로 개발할 수 있다.

위치추정을 위한 가장 중요한 요소로 추적 대상체의 거리를 정확하게 측정할 수 있는 것이다. 이는 거리 측정 후 일반적으로 가장 많이 사용하는 위치추정 알고리즘인 삼각 측량법에서 3측정 포인트의 대상체 위치에 대한 오차가 커지므로 거리를 정확하게 측정해야 한다. 따라서 본 논문에서는 실내/실외에서 장애물의 유무와 상관없이 정확한 거리 측정이 가능한 레이더 센서를 저전력 센서 네트워크로 구성하였으며, 이를 이용한 차량 충돌방지 시스템 및 사고 후 대처 시스템으로 응용하여 레이더 센서를 통한 위치추정 정밀도에 대한 검증을 하였다. 또한 이동체의 위치 추적 방법과 주변 환경정보 모니터링에 최적화를 위해 MEMS의 기술에 부합된 센서들의 조합으로 이동체의 위치, 방위, 속도 등의 정보 외에 대형 범용 데이터베이스로 이동경로 추적 및 온도, 조도, 가속도, 음향 등의 정보를 센싱할 수 있으며 이러한 정보를 바탕으로 몇 가지 행위 정보 추론이 가능하다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II 장에서 위치추정 기술과 위치기반 서비스(u-LBS: ubiquitous Location Based Services)에 대해 알아보고, III 장에서는 제안된 시스템의 시나리오와 각 모듈별 구조를 설명하고, IV 장에서는 제안된 시스템의 모듈별 구현을 기술한다. V 장에서는 구현된 시스템을 시뮬레이션 도구를 이용한 실행 및 분석을, 마지막 VI 장에서는 본 논문의 결론과 앞으로 해결해야 할 과제들을 제시한다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2010. 9. 10., 수정: 2010. 10. 7., 채택확정: 2010. 12. 1.

문승진, 김흥규: 수원대학교 컴퓨터학과

(sjmoon@suwon.ac.kr/beeinis@suwon.ac.kr)

※ 본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음 [(GRRC수원2010-B6), u-사회안전망 구축을 위한 정밀 위치추적 및 기술융합 연구].

II. 관련 연구

1. 위치추정 방법

위치를 추정(추적)하기 위해 선행될 과제는 대상체의 거리를 정확하게 측정하는 것이 중요한 요인이 된다. 이는 가장 일반적인 위치 측위 방법으로 물체간의 거리 차나 각도 또는 방위각을 측정하여 위치를 측정하는 삼각측량방법(triangulation)과 특정관점(vantage point)에서 보이는 풍경을 이용한 장면분석방법(scene analysis), 특정 위치에 근접하여 대상체를 알아내는 근접방법(proximity)[2]가 있는데, 모든 방법은 거리로부터 환산된 편차를 가지고 추론 하기 때문이다. 이러한 위치 측위 방법의 기술로는 위성통신(GPS: Global Positioning System), 이동통신(단말 기반, 하이브리드), 무선통신(적외선: Diffuse-Infrared, 초음파: Ultrasonic Wave, RF: Radio Frequency, UWB: Ultra Wideband, RFID), 영상인식(개인위치 추적기: Person Tracker) 방법이 있으나 신호 또는 전파의 수신가능지역, 신호의 감쇠, 태양광등의 주위 환경이나 잡음 및 반사, 굴절 등에 의해 정확도가 떨어지는 문제점이 있다[3].

2. 레이더 센서

움직임을 감지하는 시스템의 기본동작 원리는 아주 간단하다. 마이크로파 신호가 움직이는 물체에 반사될 때, 도플러 효과로 인해 신호의 주파수가 물체의 속도에 비례하여 변화된다. 일정한 주기를 갖고 움직이는 물체로부터 반사된 신호의 주파수는 동일하게 유지되나 위상이 시간에 따라 변화한다. 부하를 갖는 전송선로의 위상 변화는 그림 1과 같으며, 시간에 따라 변화하는 위상은 변위 $x(t)$ 에 비례한다.

변위의 크기가 파장의 크기에 비해 적을 때, 위상 변화는 적다. 그리고 위상 변조된 신호는 원래 신호와 합치는 믹서에 의해 복조된다. 그러면 복조신호는 물체의 변이에 비례하게 된다.

본 논문에서는 국내 전파 규격에 따른 도플러 레이더 센서인 10.525GHz에 동작하는 센서를 조합하였다.

3. 위치기반 서비스(LBS: Location Based Services)

위치기반 서비스 즉, LBS는 Location Based Services의 약어로 위치기반 서비스로 통칭되며 이동통신망을 기반으로 사람이나 사물의 위치를 정확하게 파악하고 이를 활용하는 응용 시스템 및 서비스라고 일반적으로 정의된다[4]. 위치기반 서비스의 대표적인 응용사례는 지역적으로 분산된 자원의 관리, 물자 위치추적, 사람이나 물건 위치 찾기, 목표 근접 시 알림 기능, 목표 근접 시 자동 수행 등으로 응용된

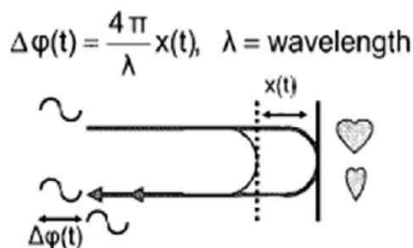


그림 1. 물체의 움직임이 일정한 주기를 가지고 변화되었을 때 도플러 효과.

Fig. 1. Doppler effect with a periodic motion.

다. 최근에는 위치기반서비스에 SNS (Social Network Service) 적인 요소를 결합하여 많은 기업들과 제휴 마케팅과 하버드 대학은 대학교 최초로 교수 학생, 학부모, 방문객들이 캠퍼스나 주변지역의 특정장소에 체크인 함으로써 해당 시설을 이용한 사람이 누구인지, 어떻게 해당 시설을 잘 사용할 수 있는 지에 대한 정보를 제공하고 있다.

이러한 위치기반 서비스는 크게 측위 기술(LDT: Location Determination Technology), 위치처리 플랫폼(LEP: Location Enabled Platform), 위치 응용프로그램(LAP: Location Application Program)의 3가지 부분으로 구분한다[5].

III. 정밀위치추정 및 충돌 감지 시스템 설계

본 논문에서는 기존의 위치기반 기술과 무선 센서 네트워크 기술을 바탕으로 정밀위치추정 및 주변상황 인식 정보를 기반으로 하는 차량 충돌 감지 시스템을 그림 1과 같이 설계 하였다.

위치 데이터와 주변환경 정보 수집을 위한 센서 네트워크 필드에 TI430칩과 레이더 센서가 탑재된 노드를 6m 간격으로 배치하여 테스트 베드인 소형 운동장(중앙 기준 반경 약 12m)에 39개의 노드를 배치하고 하나의 게이트웨이 노드로부터 정보를 싱크노드로 송신하게 된다. 싱크노드는 수신된 데이터를 위치측위 서버로 전송하여 수신된 거리 정보 및 주변 정보를 이용한 삼각 측량하여 위치 추정한다. 추정된 데이터는 두 개의 이동체(무선자동차)의 위치를 판단하여 충돌 방지 상황 인식 시스템에 전송 하고, 상황에 따른 데이터 추출을 위한 상황인식 데이터베이스로부터 데이터를 받아 서비스에 이용할 수 있도록 하였다.

1. 시스템 시나리오

거리 측정용 노드와 상황정보 인식 노드를 이용한 차량 충돌 방지를 위해 다음과 같은 시나리오를 구성하였다. 전체 시스템 데이터 흐름은 그림 2와 같은 방법으로 실행된다.

① 센서 필드에 있는 각 노드들은 센서 네트워크 통신 프로토콜의 Mesh를 따르며 차량 감지를 위해 레이더는 10GHz의 주파수로 측위 하고, 노드는 200% 주기로 측위 데이터를 수집한다.

② ①번과 동시에 패킷을 생성하여 멀티 홉 전송을 시작한다.

- Location Information(대상체 거리 측정 정보)
- Environment Information(대상체 주변 환경 정보)
- timeStamp
- Hop Count
- Node ID

③ 위치 정보를 감지한 노드는 주변의 다른 노드들로 패킷을 전송한다. 패킷을 수신한 노드는 타임스탬프를 확인하여 동기화 및 주변 노드들로 패킷을 전송

④ 패킷이 게이트웨이로 지정된 노드에 도착하면, 게이트 웨이는 싱크노드로 패킷을 최종 전송

⑤ 데이터 프로세서 서버는 수신된 패킷 내용을 분할하여 위치측위 및 주변환경 정보를 데이터베이스에 저장

⑥ ⑤과 동시에 현재 위치측위 및 다른 대상체의 위치측위 시작

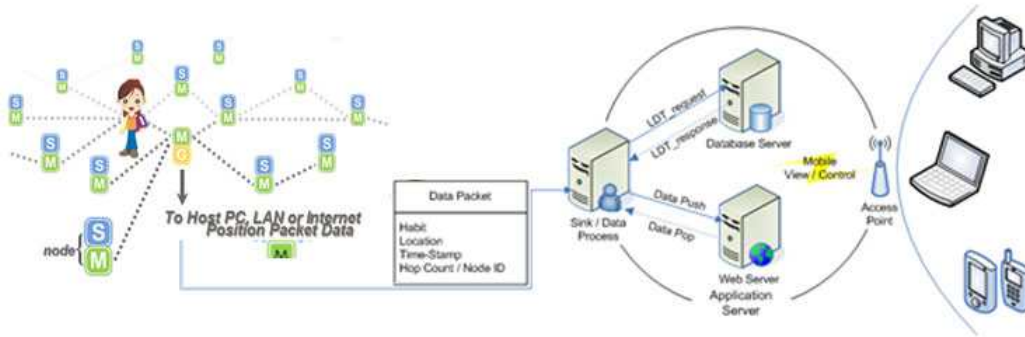


그림 2. 전체 시스템의 시나리오 구성.

Fig. 2. Scenario of the entire system configuration.

⑦ ⑥작업중 문제 발생시 충돌 상황 시나리오에 따른 알람 이벤트 발생

⑧ 충돌 상황에 따른 본 논문에 제안된 충돌측정 표와 비교하여 위급상황 여부 판단

⑨ 상황에 따른 위험요인이 클 경우 무선을 통한 위치정보와 충돌여부 등의 긴급 데이터를 응급센터로 송신

⑩ 상황에 대한 사람과 관계된 사람의 뷰어(display viewer, 휴대폰, PDA) 등에서 확인 가능하도록 열람

만약 충돌을 할 경우 생성되는 추가 데이터는 차량사고 위치정보, 차량 충돌세기 정보, 날짜, 시간, 차량 식별이 가능한 차량의 노드 ID 등이 포함된다. 이러한 데이터는 사고 차량 주변의 게이트웨이에서 정보를 수집하고, 게이트웨이는 지역별 노드 서버에 데이터를 전송한다.

2. 레이더 센서 노드모듈

본 논문에서 사용된 레이더 센서는 국내에서 개발된 센서를 이용하여 거리에 따른 계산된 전류 값을 TI430 칩이 내장된 H-Mote(USN 실습장비)에 실장 하였다. 따라서 노드는 그림 3과 같이 S는 센서(sensor)를, M은 모트(mote)로 구성되며, 이러한 노드의 데이터를 수집하여 G(Gateway)가 전송한다. 사용된 센서는 레이더 센서 및 주변환경 정보 센싱을 위한 조도, 습도, 온도, 소리 센서와 함께 1세트로 동작

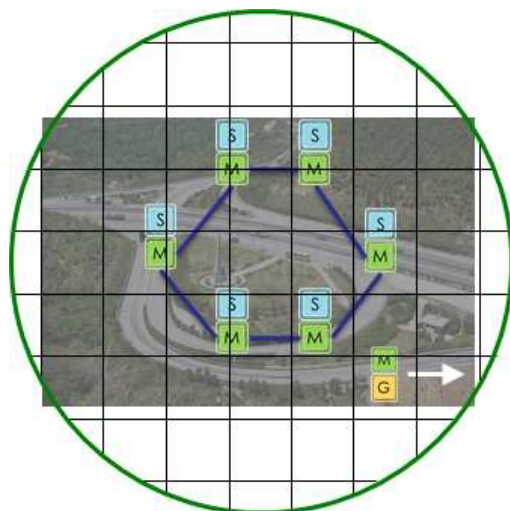


그림 3. 레이더 센서 노드 배치 방법.

Fig. 3. How to place a radar sensor nodes.

한다. 또한 레이더 센서는 양각 45도의 방향성을 가지고 있어 전방 90 부근의 물체 측위가 가능하며, 센서 정확도를 위해 노드간 거리는 6m로 설정하였다. 또한 센서는 양각 45도의 방향성을 최대화하고 위치추정 정확도 향상을 위해 그림 3과 같이 육각형 그리드 형태로 배치하여 그림 4와 같이 노드 Agent모듈이 동작한다.

3. 추적 대상체 노드모듈

본 논문에서 제안된 레이더를 이용한 위치추정 방법은 무 태그에서의 위치추정이 가능하나 시스템의 유효성 검증을 위해 추적 대상체인 사람과 무선자동차 차량에 3축 가속도 센서, 방위 센서가 탑재된 노드를 부착하였다.

추적 대상체 노드는 위치 판별과는 별도의 노드로 상황인식, 추적 대상체의 고유 번호 등을 판독하기 위해 사용된다. 이를 위해 노드에 고유 노드 ID가 부여 되며, 센싱 데이터는 시나리오에서 소개된 베이스 스테이션에 데이터를 직접 전송하여 위급 상황시 발생될 될 수 있는 위치기반 서비스의 데이터 자료로 사용하기 위해 그림 4와 같이 노드 Agent 모듈을 설계하였다.

4. 서버 응용프로그램 모듈

서버 응용프로그램 모듈은 세 개의 Agent로 구성되며,

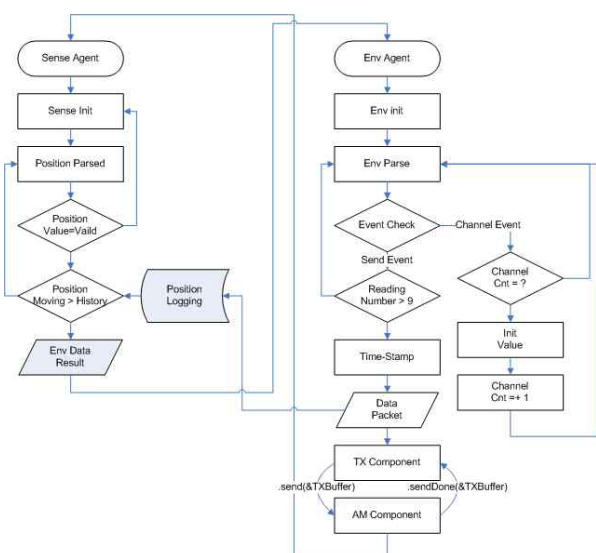


그림 4. 레이더 센서/추적 대상체 노드 Agent 모듈.

Fig. 4. Radar sensor and tracking target node agent module.

각 Agent는 각 노드로부터 데이터 패킷을 수신할 수 있는 TOS Agent와 수신된 패킷을 각 채널에 맞게 파싱하거나 위치 정보가 담긴 노드의 Track Index와 조합하거나, 각 환경데이터를 데이터베이스에 저장하고 모니터링 데이터를 볼 수 있도록 구성된 Server Agent와 위험요소를 수신하여 알려 줄 수 있는 Agent로 구성된다.

IV. 정밀위치추정 및 충돌 감지 시스템 구현

1. 레이더 센서 노드 모듈 구현

도플러 이론에 기반한 마이크로파 도플러 레이더 센서는 마이크로파 신호가 움직이는 물체에 부딪히면, 이 신호의 주파수는 도플러 효과에 의해 주파수 변화가 발생하게 된다. 만약, 물체의 움직임이 주기적이라면, 물체의 움직임에 따라 마이크로파 신호의 위상변화가 있게 된다. 이를 이용한 출력 신호로 거리에 따른 위상변화는 수식 1과 같이 추정한다. 추정된 데이터는 전류 값으로 치환하여 HMote에 이송하고, HMote는 전류에 따른 거리로 환산하여 베이스 스테이션에 전송한다.

$$\begin{aligned}
 & \sin\left(2\pi f_0 t + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + 2\pi f_0\right) \\
 &= \sin\left(2\pi + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \cdot \cos(2\pi f_0) \\
 &= \frac{1}{2} \left[\sin\left(4\pi f_0 + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) + \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \right] \\
 &= \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)\right) \tag{1} \\
 &\approx \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t) \quad \left(f \cdot \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t) \ll 1 \right) \\
 &= \emptyset(t) \\
 \therefore \emptyset(t) &= \frac{4\pi}{\lambda} \cdot x(t)
 \end{aligned}$$

2. 추적 대상체 노드 모듈 구현

본 논문에서 사용된 추적 대상체 노드 모듈은 위치추적을 위한 노드가 아닌 상황인식에 사용될 수집 자료로 사용된다. 또한 그림 4와 같이 레이더 센서 노드와 동일한 시스템 구조이며 주소 데이터 수집, 전송에 사용된다. 이에 따른 응용프로그램 상에서 약 200% 주기로 위치추정데이터와 함께 주변 환경정보 수집으로 온도, 조도, 가속도, 소음 등을 측정하여 표 1과 같이 데이터의 수집, 노드 동기화, 데이터의 전송과 같은 세 부분으로 구분한다.

또한 각 노드는 주변환경 정보 데이터를 수집하여 송신하게 되는데 데이터의 활용 정보 내용은 표 2와 같이 RAW 데이터 계산식에 의거하여 측정한다.

배터리 전압의 경우 노드에서 사용되는 허용 전류 3V의 값을 기준으로 ADC_FS 포트의 전류 사용량을 ADC 송수신 값으로 나눌 경우 현재의 배터리 전압을 측정 할 수 있었다. 이를 이용하여 무선 전송시 사용되는 평균 전력을 산출할 수 있는데, 배터리 전압 공식에 데이터 전송량 1024kb를 나눈 후 RSSI 통신에 사용되는 실제 무선전송 전력을 표 2와 같이 구할 수 있다. 또한 온도/조도 센서의 경우 단일 센서에서 두 가지 센싱이 되는 특징으로 인해 ADC 포트의 포트 번호와 온도를 구할 경우 기본적인 Kelvin의 근의 공식에 대입하고, 조도의 경우 이를 이용하여 구할 수 있다.

표 1. 노드 모듈 동작구분.

Table 1. To the behavior of a node module.

| 구분 | 내용 |
|--------|---|
| 데이터 수집 | <pre> async event result_t MagX.dataReady(uint16_t data){ struct MBLVMsg *pack; if(pack = (struct MBLVMsg *) call Send.getBuffer(&msg,&len)){ atomic{ pack->data9packetReadingNumber++ = data; pcak->channel = 1; readingNumber++; if(packetReadingNumber == BUFFER_SIZE){ post dataTask(); } } ...중략... } </pre> |
| 노드 동기화 | <pre> static void initialize(){ iFwdBufHead = iFwdBufTail = 0; BcastSeqno = 0; Time_Stamp = 0; } static bool newBcast(uint64_t proposed){ if((proposed - Time_Stamp) > 0){ Time_Stamp = proposed; ...중략... } } </pre> |
| 데이터 전송 | <pre> task void dataTask(){ struct MBLVMsg *pack; if(pack = (struct MBLVMsg *)call Send.getBuffer(&msg,&Len)){ atomic{ packetReadingNumber = 0; pack->lastSampleNumber = readingNumber; } pack->sourceMoteID = TOS_LOCAL_ADDRESS; if((call Send.send(&msg,sizeof(struct MBLVMsg))) == SUCCESS){ ...중략... } } </pre> |

표 2. RAW 데이터 계산식.

Table 2. RAW data calculations.

| 데이터 | 계산 식 |
|----------|---|
| 배터리 전압 | $V_{batt} = V_{ref} \times ADC_FS / ADC_Count$ |
| 무선 전송 전력 | $V_{RSSI} = V_{batt} \times ADC_Counts / 1024$ $^S_{RSSI}(dBm) = -50.0 \times V_{RSSI} - 45.5$ |
| 온도/조도 | $1/T(K) = a + b \times \ln(R_{thr}) + C \times [\ln(R_{thr})]^3$ $R_{thr} = R1(ADC_FS - ADC) / ADC$ |

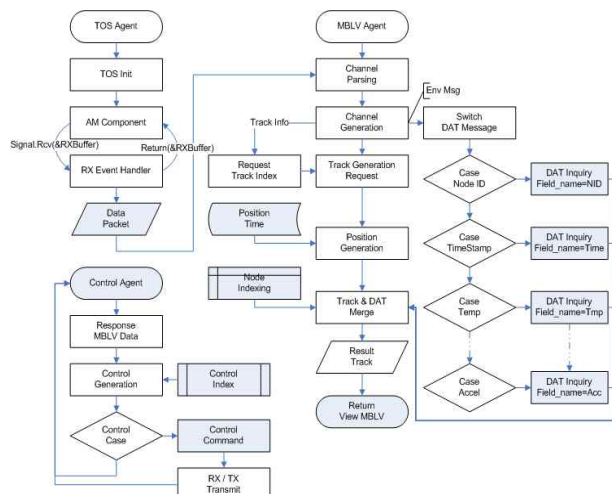


그림 5. 서버 응용프로그램 Agent 모듈.

Fig. 5. Agent module of server application.

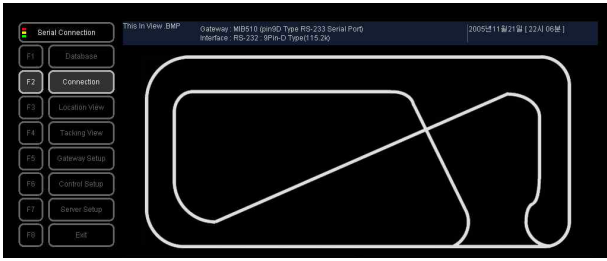


그림 6. 서버응용프로그램/ 클라이언트 응용프로그램.

Fig. 6. Server application and client application.

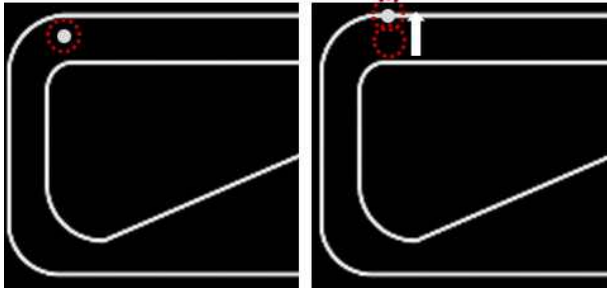


그림 7. Rail concept의 적용 예.

Fig. 7. Error correction compare of rail concept.

3. 서버 응용프로그램 모듈 구현

서버 응용프로그램 모듈은 그림 5의 동작 지원을 위해 베이스 스테이션으로부터 수신된 데이터를 싱크노드가 처리하여 USB (serial type)를 거쳐 내부 프로그램 하게 된다. 따라서 통신의 연결 설정, 데이터 처리, 연결제어, 화면처리 부분으로 나눌 수 있으며, 내부 프로그램으로, 거리 데이터를 삼각측량에 의한 위치추정 값과 추적 대상체 NodeID, 현재상태, 주변환경요소 정보, 가속도, 방위 데이터의 정보를 데이터베이스에 저장한다. 이렇게 구성된 Viewer 프로그램의 화면은 그림 6과 같다.

4. 위치 데이터의 보정

본 논문에서는 정확한 위치추정을 위해 rail concept을 이용하였다. Rail concept는 실시간으로 계산된 위치 데이터에 대해 실측을 통한 도로의 데이터와 비교하여 가상공간에서의 진행 할 수 없는 상황일 경우 가장 근접한 진행로로 데이터를 보정 하는 방법이다. 이는 그림 7과 같이 과거의 데이터를 통하여 예상된 실측 도로의 데이터와 추정된 데이터와의 차이가 클 경우(data jump) 과거의 데이터의 경로를 이용하여 경로의 예상 도로 데이터로 매칭하게 된다. 이러한 방법은 실시간으로 얻어지는 위치추정 데이터에 대하여 오차율을 줄일 수 있으며, 장애물 인지도 발생 될 수 있는 지역에서의 정밀 위치추정이 가능하게 한다.

V. 시뮬레이션 실행 및 분석

레이더 센서를 이용한 위치추적 방법의 유용성 및 이를 응용한 대상체의 충돌 위험 정보 전달과 충돌시 위치기반 서비스의 연동 시스템을 검증하기 위해 실험 하였다. 실험은 반경 12m(최대 직경 24m) 구간에 설치된 39개의 노드로부터 최적 위치에 있는 노드의 추적 대상체의 거리 데이터

표 3. 상황인식 구현.

Table 3. Context-awareness implementation.

| 상황인식 | 설명 |
|--------|-----------------------|
| 좌표인식 | 왕복 주기운동의 위치 정확도 |
| 곡선인식 | 곡선 셀에서의 위치 정확도 |
| 직진성 인식 | 평행 구간에서의 위치 정확도 |
| 상황인식 | 충돌 구간에서의 상황인식 분석 |
| 교차인식 | 추적 대상체의 동일 구간 운용시 정확도 |

를 이용하고, 삼각 측량법에 의한 위치 정확도를 확인 하였다. 또한 추적 대상체 노드로부터 수신된 데이터를 기반으로 위험상황 또는 상황인식에 필요로 하는 데이터를 수집하여 데이터베이스에 저장하였다.

따라서 추적 대상체(Target A, B)가 반경 12m 내의 그림 6의 맵 화면과 같은 형태로 왕복 운동하며 얻어진 결과와 두 개의 추적 대상체에 대한 상황인식 정보의 이용성 등을 복합 적으로 평가 하였다.

본 논문에 적용된 레이더 센서의 동일 주파수에서의 상이한 시간에 따른 위상변위치를 전압으로 출력하기 때문에 추적 대상체의 이동 속도에 따라 상이한 출력 값을 보여 준다. 그림 8을 통해 알 수 있듯이 동일한 방향에서 느린 속도(약 10km/h)와 빠른 속도(약 20km/h)로 각기 실험한 결과 차등 값이 급하게 변하는 빠른 속도로 이동시 보다 높은 출력 값을 나타내었다. 따라서 센서의 On 신호를 위한 v_t 를 설정할 때 느린 속도로 이동 시에도 검출할 수 있도록 하여야 한다. 또한 그림 9와 같이 6m로 설정된 센싱 영역을 가로 지르는 경우(traverse)와 센싱 영역 내에서 연속 적으로 이동하는 경우(inside), 그리고 반경 6m 밖에서 이동하는 경우(outside)의 센서 반응을 확인할 수 있었다. 실험 결과 센싱 영역이 정확히 6m 이내로 설정되었음을 확인 할 수 있다. 이는 레이더 센서 노드의 배치 간격이 6m 이내로 배치되어 있기 때문에 6m를 넘어가는 경우 다음 근접 노드로 데이터를 전이 시켜 위치 정확도 향상을 유도 할 수 있다.

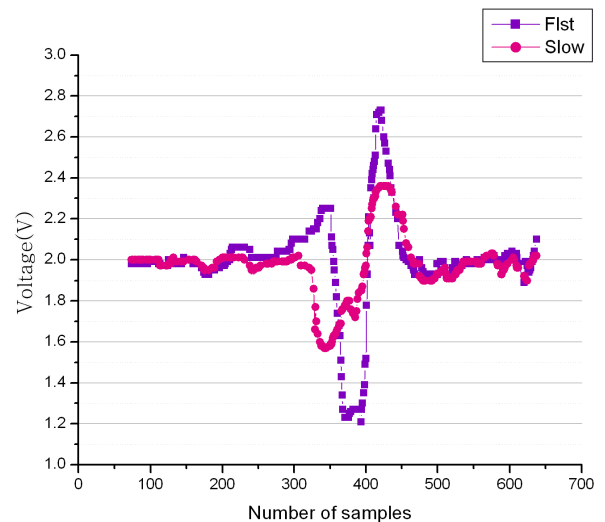


그림 8. 이동 속도에 따른 거리 측정 데이터 출력 값.

Fig. 8. Difference output between slow and fast moving.

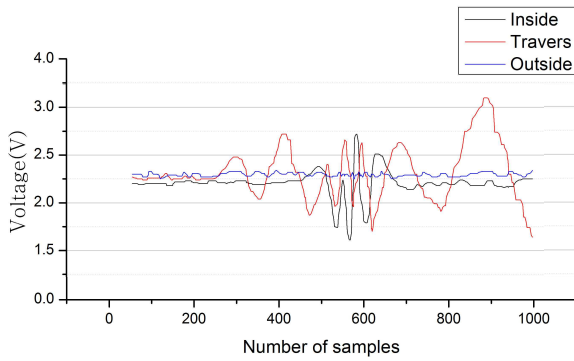


그림 9. 6m로 설정된 센싱 영역에서의 출력 값 비교.
 Fig. 9. Sensing area 6m in the output value is set to compare.

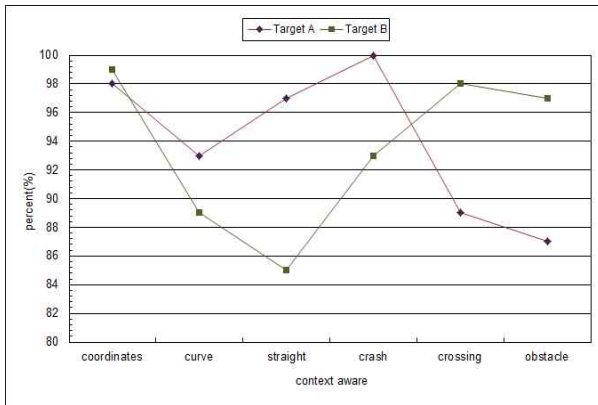


그림 10. 위치 상황에 따른 위치 추정의 정확성.
 Fig. 10. Location Estimation based on the location accuracy of the situation.

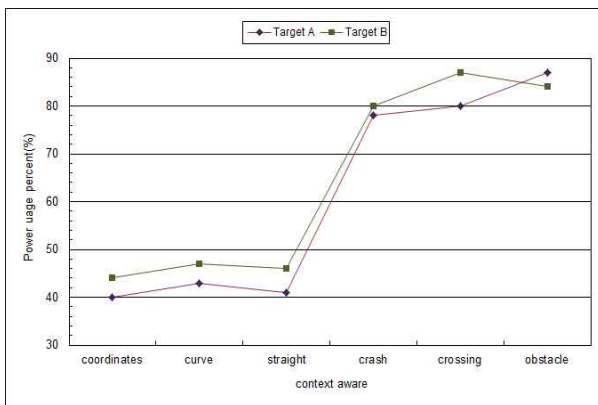


그림 11. 상황에 따른 노드의 평균 소비 전력.
 Fig. 11. Situation according to the average power consumption of the node.

본 논문에서 제안한 상황인식에 대한 위치추정의 정확성은 그림 10과 같으며 위치추정시 사용된 노드의 전력 소모량은 그림 11과 같다. 그림에서 상황인식의 식의 복잡도가 증가 할 경우 오히려 인식 정확도가 향상되고 동시에 노드의 전력소모량이 증가 하여 위치 인식 데이터의 연속 측정 값이 높아지는 것을 확인 할 수 있었으나 오히려 상황인식의 복잡도가 낮아 졌을 경우 위치인식의 정확도가 떨어 졌

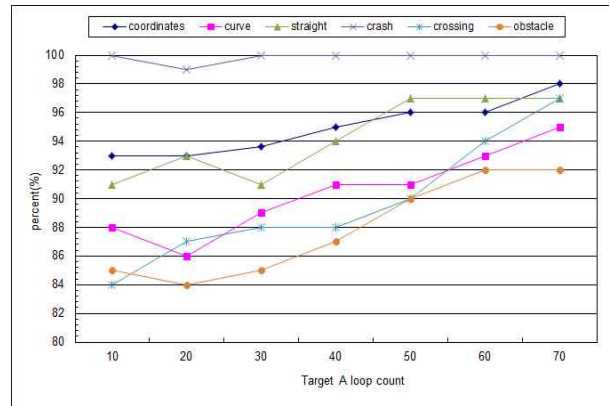


그림 12. 타겟 A의 상황 반복횟수에 따른 위치인식 정확도.
 Fig. 12. Repeat of the situation, according to the number of target A localization accuracy.

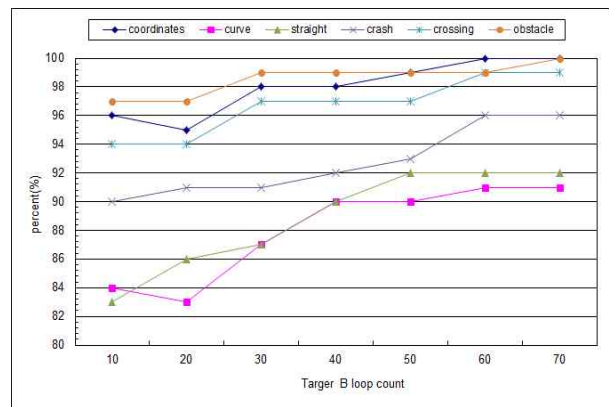


그림 13. 타겟 B의 상황 반복횟수에 따른 위치인식 정확도.
 Fig. 13. Repeat of the situation, according to the number of target B localization accuracy.

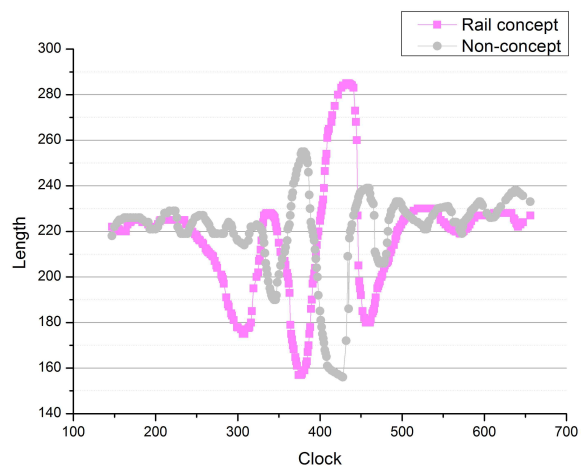


그림 14. Rail concept을 이용한 추정 오차율.
 Fig. 14. Rail concept prediction error using.

다. 이러한 문제를 해결하기 위해 상황인식 데이터베이스의 질 향상을 위해 연속 측정하여 저장한 결과 그림 12와 13과 같이 측정량이 증가하여 저장된 상황 정보가 많을수록 인식 정확도가 증가하는 것을 확인 하여 정밀 위치추적과

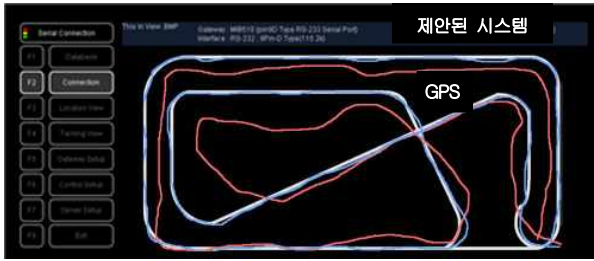


그림 15. 구현된 내용과 GPS와의 위치추정 좌표 비교.

Fig. 15. Get the GPS coordinates of implementation compared with the localization.

상황인식 데이터베이스를 활용함으로써 정확도 향상을 추론할 수 있는 좋은 예이다.

그림 14는 rail concept를 적용하였을 경우와 적용하지 않았을 경우의 미세 전류 변화를 확인할 수 있었는데, 특히 rail concept를 적용하지 않았을 경우 데이터의 폭 변화가 심했으며, 대상체(Target A, B)의 이동량을 측정할 수 없을 만큼의 데이터 변화량을 확인하였다. 따라서 rail concept를 적용하여 필터링 한다면 데이터의 폭 변화는 감소되고, 정확한 측정이 가능하다. 그림 15는 본 논문에서 구현된 위치인식 시스템(상위)과 일반적인 GPS(하위)를 이용한 위치인식 방법을 비교하였다.

시뮬레이션에서 확인한 결과 기존의 위치추적 방법인 GPS를 이용한 위치추적의 경우 평균 오차가 제한된 시스템보다 크며, 특히 기존의 위치추적 방법들은 위성 노드와 태그 노드가 반드시 존재해야 위치추적이 가능했다. 하지만 본 논문에서 사용된 레이더 센서를 이용한 도플러 효과의 경우 위성노드는 존재 하지만 태그 노드는 필요 없음을 확인하였다.

VI. 결론

본 논문에서 제시된 방법을 이용하여 위치추적과 데이터 처리를 VI에서 시뮬레이션 하였다. 또한 주변환경 정보를 적극 이용하여 상황인식 데이터 자료로 활용함으로써 보다 정확한 위치 추론이 향상된 것을 확인 하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 레이저 센서를 기반으로 도플러 효과를 이용하고 저전력 센서 네트워크와 연동하여 이동체의 위치추적이 가능한 것을 알 수 있었다.

둘째, 센서의 배치를 방사 6m의 배치로 육각 형태의 그리드로 배치하여 레이저 센서의 감지 폭을 최대한 활용하여 위치 추정의 인식률을 향상시킬 수 있었다.

셋째, rail concept를 적용하여 위치 추정에 있을 수 있는 오차 범위를 최소화 할 수 있었다.

넷째, 상황인식 데이터베이스를 생성/활용 하여 위치 추정 시 발생 될 수 있는 상황을 대처함으로써 위치추정 오차를 최소화 하였다.

다섯째, 태그노드 없이 대상체의 위치를 추적 할 수 있어, 무 태그에서 상황인식 및 위치추적이 가능하다.

본 논문에서는 반경 12m 내의 공간에서 위치추정을 하

였지만 39개의 노드 수는 많은 비용을 발생 할 수 있다. 따라서 노드의 수를 줄이는 방법으로 레이저 센서의 출력과 알고리즘을 개선함으로써 동일 조건에서 최대 19개 이내에서 정밀 위치추정이 가능하도록 연구되어야 할 것이다. 또한 구현된 위치추정 방법을 위치기반 서비스로 활용 한다면 보다 많은 융합 기술로 발전 할 수 있을 것이라 사료된다.

참고문헌

- [1] P. Enge and P. Misra, "Special issue on GPS: The Global Positioning System," *Proc. of the IEEE International Conf. on*, pp. 3-172, Jan. 1999.
- [2] Digital Cellular Telecommunications Systems(Phase 2+); Location Services(LCS); (Functional description) - stage 2, GSM 03.71 version 8.0.0 Release 1999.
- [3] J. Werb and C. Lanzl, "Designing a positioning system for finding things and people indoor," *IEEE Spectrum*, vol. 35, no. 9, pp. 71-78, Sep. 1998.
- [4] L. M. Ni, U. Liu, U. C. Lau, and A. P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *Proc. of the IEEE International Conf. on PerCom*, pp. 407-416, Dec. 2004.
- [5] P. Enge and P. Misra, "Special issue on GPS: The Global Positioning System," *Proc. of the IEEE International Conf. on*, pp. 3-172, Jan. 1999.
- [6] N. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan, and S. Teller, "The cricket compass for context-aware mobile applications," *ACM MobiCom 2001*, pp. 1-14.
- [7] Y. Oh and W. Woo, "User-centric integration of 5w1h contexts for a unified context-aware application model," *UbiPCMM05*.
- [8] J. Hightower and G. Borriello, "Location system for ubiquitous computing," *Computer* vol. 34, pp. 57-66, *IEEE Computer Society Press*, Aug. 2001.
- [9] P. Krammer and H. Schweinzer, "Localization of object edges in arbitrary spatial positions based on ultrasonic data," *IEEE Sensors Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 203-210, Feb. 2006.
- [10] Kent K. C. Yu, N.r. Watson, and J. Arrillaga, Fellow, "An adaptive Kalman filter for dynamic harmonic state estimation and harmonic injection tracking," *IEEE*, vol. 20, no. 2, pp. 1577-1584, 2005.
- [11] L. B. Ruiz, I. G. Siqueira, and L. B. eOliveira, "Fault management in event-driven wireless sensor networks," *Communication of ACM*. 2004, pp. 149-156.
- [12] M. J. Yoon and K. H. Yu, "Psychophysical experiment of vibrotactile pattern perception by human fingertip," *IEEE Transactions on Neural System and Rehabilitation Engineering*, vol. 16, no. 2, pp. 171-177, Apr. 2008.
- [13] Y.-J. Song, S.-H. Han, and D.-H. Lee, "CS-RBAC-based dynamic location privacy protection structure design," *KIPS Proceeding C*, vol. 13-C no. 4 pp. 415-426 2006.

- [14] G.-J. Han, "Location-based Services(LBS) of the standardization and research trends," *Information Policy* 2003, Winter.

- [15] U.-J. Jeong, H.-S. Yun, and U.-T. Woo, "ubiTrack-based Location tracking method for ubiHome," *KHCI'06*, pp. 647-652, 2006.



김 흥 규

2004년 평택대학교 컴퓨터학과 졸업.
2006년 수원대학교 컴퓨터학과 석사.
2006년~현재 수원대학교 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 센서 네트워크 위치추적, 센서 네트워크 헬스케어(BSN), 실시간 센서 네트워크 운영체

제, 실시간 데이터 베이스.



문 승 진

1986년 The University of Texas 졸업.
1991년 The Florida State University 석사.
1997년 동 대학 박사. 1997년~현재 수원대학교 IT대학 학장. 관심분야는 실시간 멀티미디어 리눅스, 실시간 모바일 데이터베이스, 실시간 임베디드

시스템, 실시간 센서 네트워크 시스템.