

위치인식 기술 관점에서의 WSN 응용 기술 발전 전망

남민석* · 정종태** · 이상철*** · 이동희****

1. 서 론

무선센서네트워크(WSN)는 유비쿼터스 환경 구성을 위한 인프라 기술 중 하나로써, 다수의 센서노드들이 무선 링크로 연결되어 서로 통신하며 센싱된 환경 데이터를 처리하고 가공하여 보다 의미 있는 정보를 창출하는 정보통신기술이며, 국방 감시, 환경 및 생태 모니터링, 공장 및 구조물 모니터링, 스마트 홈 등 다양한 분야에서 적용이 시도되고 있다. WSN을 구성하는 개개의 노드들은 저전력, 저가, 낮은 컴퓨팅 능력 및 배터리 전원을 이용한다는 특징을 가지며, 각 노드들에 의해 센싱된 센서 정보들은 그 정보가 얻어진 장소에 대한 위치 정보가 추가됨으로써 더욱 의미 있는 정보가 되며, 이러한 위치 정보를 수집하기 위해서는 노드간 위치 인식 기능이 요구된다[1]. 또한 위치인식 기능은 이동 로봇의 기본적인 기능인 주행

및 협업을 위한 필수요소가 되며 이동체의 원격 조종과 같은 응용에서도 활용 될 수 있다. 본 논문에서는 노드간 위치 정보를 수집하기 위한 위치인식 기술에 대하여 살펴보고, 위치 인식 기술을 이용한 이동체 주행 및 협업 기술을 비롯하여 이동체 원격 조종 시스템을 소개한다. 마지막으로 위치인식 기술과 함께 향후 센서네트워크 기술이 나아가야 할 방향에 대하여 논의하고 끝을 맺는다.

2. 위치인식(Localization) 기술

본 장에서는 기존 연구된 위치인식 방법에 대하여 기술한다. 현재까지 위치인식을 위한 접근 방법에는 초음파기반[2,3], 비전기반[4], 오도메터기반[5], RF기반[6] 등 다양한 방법들이 시도되어 왔다. 초음파기반 위치인식 방법은 높은 정밀도를 가지나 인식영역이 협소하며, 초음파 자체만으로는 통신채널을 제공하지 않아 별도의 통신채널이 필요하다는 단점이 존재한다. 비전기반 위치인식 방법도 높은 정밀도를 가지나, 영상처리를 위하여 많은 계산량이 필요하고, 가시거리를 확보하기 힘든 어두운 지하 공간 등에서는 위치인식이 어려운 단점이 존재한다. 또한 오도메터기반의 위치인식 방법은 구현이 간단한 편이나, 노면의 상태에 따른 마찰계수 변동에 의해 오차가 발생하기 쉽다는 단점이 있다. RF기반의 위치인식 방법은 RF의 신

* 교신저자(Corresponding Author) : 이상철, 주소 : 대구광역시 달성군 현풍면 상리 223 대구경북과학기술원(DGIST) 제3연구동 707호, 전화 : 053)785-4730, FAX : 053)785-4769, E-mail : sclee@dgist.ac.kr

* 대구경북과학기술원 연구원 (E-mail: msnam@dgist.ac.kr)

** 대구경북과학기술원 연구원 (E-mail: jtjeong@dgist.ac.kr)

*** 대구경북과학기술원 선임연구원

**** 대구경북과학기술원 차세대융복합연구센터장 (E-mail: dhlee@dgist.ac.kr)

※ 본 연구는 교육과학기술부의 대구경북과학기술원 일반사업 연구비 지원에 의해 수행되었음.

호 세기나 전파 지연 시간의 측정을 통하여 위치 인식을 수행하며, 통상 앵커(Anchor)라고 불리는 기지의 위치 정보를 가진 참조 노드(Reference Node)에 의존하여 노드 간 측정된 거리정보를 기반으로 기하학적 계산을 통해 자신의 위치를 모르는 블라인드 노드의 위치를 인식한다. 본 논문에서는 이러한 위치인식 방법 중에서 RF기반 위치인식 방법에 대하여 심도 있게 다루기로 한다.

2.1 노드간 거리 측정 방법

RF기반 위치인식을 위한 노드 간 거리측정 방법에는 표 1과 같이 다양한 방법들이 연구 되어 왔다.

RSSI(Received Signal Strength Indicator)는 노드 간 통신 시 수신되는 신호의 강도를 이용하여 노드 간 거리를 측정하는 방법으로 대부분의 센서 노드들이 별도의 추가 장치 없이 수신되는

신호 세기를 측정 가능하기 때문에 저렴한 비용으로 구현이 가능하나, 실제 환경에서는 다양한 요인에 의해 잡음이나 간섭이 발생하며, 또한 수신 신호는 안테나의 형태에도 민감한 특성이 있어 측정 결과가 매우 부정확하다는 단점이 존재한다.

ToA(Time of Arrival)는 거리를 측정하기 위해 노드 간 전송되는 신호의 도달 시간인 ToF(Time of Flight)에 대한 정보를 이용한다. 일반적으로 RF신호는 빛의 속도로 전파되기 때문에 송신 신호의 도달 시간을 이용하여 노드간 거리를 계산할 수 있다. 이 방법은 ToF 방식의 거리측정 방법 중 가장 간단한 것으로 RSSI 방법에 비하여 주변 환경의 간섭 등에 덜 민감하여 높은 거리측정 결과를 얻을 수 있으나, 노드 간 시간동기화가 필요하며, 각 노드상의 클럭 발진자의 오차 차이로 인한 Clock Drift 현상 및 다중경로 전파에 의한 오차 발생 문제를 안고 있으며, 노드 간 전송

표 1. 노드간 거리 측정 방법

종 류	특 징	문 제 점
RSSI[7]	<ul style="list-style-type: none"> 신호 감쇄 모델(신호세기)은 거리 제공에 반비례) 이용 대부분의 센서노드가 신호세기 측정가능, 저비용 	<ul style="list-style-type: none"> 주위 작은 신호잡음, 간섭에 오차가 심함 안테나의 형태에 민감
ToA[8]	<ul style="list-style-type: none"> 거리 = 신호전송시간 × RF 속도 전송 패킷에 신호시작시간 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 두 노드 간의 시간동기화가 필요하며, Clock Drift, NLOS 환경 및 다중경로 전파에 의한 오차 발생
TDoA[9]	<ul style="list-style-type: none"> 다른 전파속도를 갖는 2개 이상 신호(예: RF+ 초음파) 이용 낮은 오차 (3m거리 내 측정시 RF/초음파로 2~3cm 오차) 	<ul style="list-style-type: none"> 모든 노드에 추가 하드웨어 필요 (초음파, acoustic)
AoA[10]	<ul style="list-style-type: none"> 고정된 두 참조 노드에 도착한 신호의 각을 측정 연장선 상 교점까지의 거리를 계산 	<ul style="list-style-type: none"> 모든 노드에 추가 하드웨어 필요 (수신 신호각도 측정 장치)
TWR[11]	<ul style="list-style-type: none"> 802.15.4a 표준에 정의된 거리계산법 특정메시지(R프레임)의 round-trip시간이용 노드간 시간동기화 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> 시간 동기화 문제를 해결하였으나, 여전히 Clock Drift 문제, NLOS 환경 및 다중경로 전파로 인한 오차 존재
SDS-TWR[12]	<ul style="list-style-type: none"> 802.15.4a T표준(TWR) 확장 TWR의 2회 반복 수행함으로써 Clock Drift 문제 해결 ToF 기반 거리 측정 방법 중 가장 최신 방법임 	<ul style="list-style-type: none"> 시간 동기화 및 Clock Drift 문제를 해결하였으나, NLOS 환경 및 다중경로 전파에 의한 오차 발생 문제 존재

패킷에 신호 송신 시간에 대한 정보를 포함시켜야 한다는 제약사항이 존재한다.

TDoA(Time Difference of Arrival)는 무선 노드에서 앵커 노드에 도착하는 다수의 신호에서의 시간차를 이용하여 노드 간 거리를 측정함으로써, ToA 방식처럼 시간 동기화가 필요 없으며 각 앵커 노드들 사이의 시간 동기만 맞으면 된다. TDoA 방식은 거리측정 오차가 낮은 편이나, 거리 측정을 위하여 서로 다른 전파 속도를 가지는 다수의 신호 사용이 필요(예를 들면 radio/ultrasound 또는 radio/acoustic 등의 신호 조합을 들 수 있다)하여 여분의 하드웨어가 필요하기 때문에 비용이 증가하며, 초음파 신호를 사용하는 경우 도달범위가 제한(강력한 송신기로 3m~10m 사이가 보통)되어 있어 범위를 벗어난 먼 거리에 있는 노드와의 거리측정이 불가능하다는 단점이 있다.

AoA(Angle of Arrival)는 두 출발 지점에서 하나의 목적 지점 까지 도달하는 두 신호가 이루는 각도를 측정하는 방식으로, 거리 정보가 없다고 하더라도 출발지의 각도를 통해 삼각망을 만들어 나가면서 위치를 계산해 낼 수 있다. 이 방법은 시간 동기화가 불필요함에 따라 거리를 직접 측정하는 ToF 기반 방식에 비해 비교적 정확한 결과를 산출 할 수 있으나 신호의 각도 측정을 위한 추가적인 장비(directional antenna)가 필요하다는 제약사항이 있다.

TWR(Two-Way-Ranging)은 IEEE 802.15.4a 에 정의된 노드 간 거리측정 방법으로 ToA 방법에서와 같이 ToF 정보를 이용하여 거리를 측정하는 방법이다. TWR은 그림 1과 같이 두 노드 간 Round Trip Time을 이용하여 거리 계산을 수행함으로써, 기존 ToA 방법에서의 문제점인 시간 동기화 문제를 해결하였으나, 여전히 Clock Drift 및 다중경로 전파에 의한 오차는 존재한다.

SDS-TWR(Symmetrical-Double-Sided Two-Way-Ranging) 방식은 ToF 정보를 이용한 거리측정 방법 중 가장 최신의 방법으로, 거리측정을 수행하기 위해 그림 2와 같이 서로 통신하는 두 노드에서 TWR 방식의 거리측정을 각각 대칭적으로 수행함으로써 Clock Drift 현상을 극복하여 TWR 방식 보다 정밀한 거리측정 결과를 얻을 수 있다. 또한 이 방법은 본 논문에서 제안하는 위치인식에 사용되었다.

2.2 거리측정 데이터를 이용한 위치 계산

노드간 거리측정을 통해 얻어진 데이터를 이용하여 블라인드 노드의 위치를 계산하는 방법에는 표 2와 같이 삼변측량[13], Bounding box[14], 삼각측량[15] 등이 존재한다.

삼변측량(Trilateration) 방법은 노드 간 거리 정보를 이용한 위치 계산 시 가장 많이 사용되는 방법으로, 사전에 위치를 알고 있는 고정 참조 노

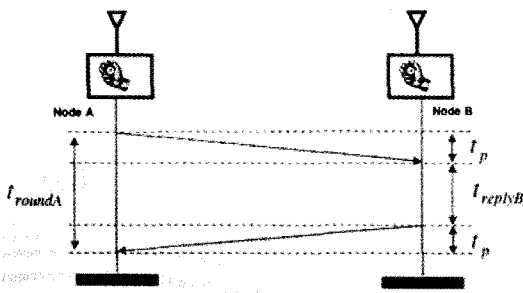
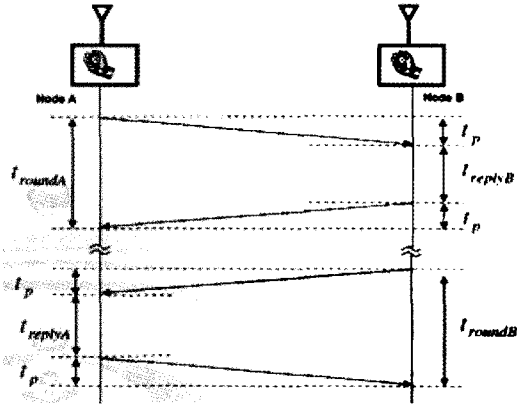


그림 1. TWR 거리측정 방법

$$\text{Estimate of propagation time: } \hat{t}_p = \frac{T_{\text{roundA}} - T_{\text{replyB}}}{2}$$

Estimate error cause by differences in time bases:

$$\hat{t}_p - t_p \approx t_{\text{replyB}} \frac{1}{2} (e_A - e_B)$$



Estimate of propagation time:

$$\hat{t}_p = \frac{t_{roundA} - t_{replyA} + t_{roundB} - t_{replyB}}{4}$$

Estimate error by differences in time bases:

$$(\hat{t}_p - t_p) \approx \frac{1}{4} \Delta_{reply} (e_A - e_B)$$

그림 2. SDS-TWR 거리측정 방법

표 2. 거리 측정 기술 기반 위치 계산 기법

종 류	특 징
삼변측량	<ul style="list-style-type: none"> 고정된 센서노드들의 위치 정보와 이동노드와 앵커노드들까지의 거리 정보를 기반으로 이동 노드의 위치를 계산 거리 측정 오차에 민감
Bounding box	<ul style="list-style-type: none"> 삼변측량과 동일하나 원대신 사각형 이용 거리 측정 오차에 민감
삼각측량	<ul style="list-style-type: none"> 측량 지역을 적절한 크기의 삼각형으로 된 망으로 만들고 AoA기법 및 삼각함수에 의해 위치 결정 모든 노드에 수신 신호 각도 측정 장치 필요

드(앵커; Anchor)의 위치정보와 앵커 및 위치 인식 대상이 되는 블라인드 노드 간의 거리 정보를 기반으로 블라인드 노드의 위치를 계산하는 방법이다. 위치 계산을 위해서는 최소 3개 이상의 앵커가 필요하며, 간단한 기하학적 계산을 통하여 위

치를 계산해 낼 수 있지만, 측정된 거리 정보에 대한 오차에 민감하다.

Bounding box 방법은 삼변 측량과 유사한 방법으로 원 대신에 사각형을 사용해 한 노드의 위치를 계산하는 방법이다. bounding box는 각각의

고정된 노드를 이용해 만들어진 사각형 범위의 교차 지점에 의해 생성되는 중앙의 사각형으로 정의되고, 이동 노드의 최종 위치는 bounding box의 교차점의 중앙 지점으로 계산되며, 삼변 측량보다 오차가 크다. 그러나 사각형의 교점을 계산 하는 것은 원들의 교점을 계산 하는 것보다 더 적은 프로세서 리소스를 사용한다.

삼각측량(Triangulation) 방법은 거리의 계산이 적당치 않은 경우 사용되는 측량 기법이다. 측량 지역을 적절한 크기의 삼각형으로 된 망으로 만들고 AoA 기법을 사용해서 삼각형의 꼭지점에서 내각과 한 변의 길이를 측정하고, 나머지 변의 길이는 삼각 함수에 의해 계산되어 미지의 한 점에 대한 위치를 정하게 된다.

삼변측량, Bounding box, 삼각측량 방법은 기본적으로 이차원상의 미지의 위치를 계산하기 위한 방법이나, 삼변측량 등 기하학적 계산을 통한 방법을 확장하면 3차원 공간상에 존재한 대상의 위치 계산이 가능하다. 그림 3은 RF 거리측정을 기반으로 3차원 공간상의 특정 위치를 인식하는 방법 중 하나로, 블라인드 노드의 위치 좌표는 각 모서리 선분의 길이 정보가 주어진 A, B, C 면을 각각 바닥으로 하는 사면체들의 높이 계산에 의해 도출된다.

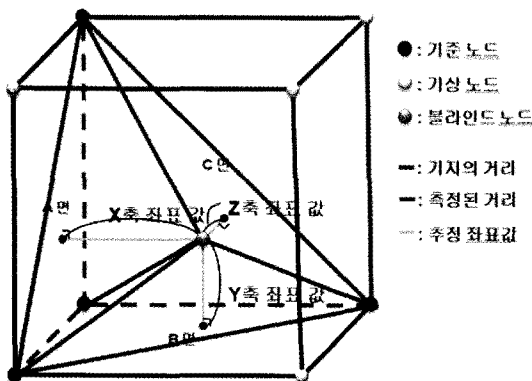
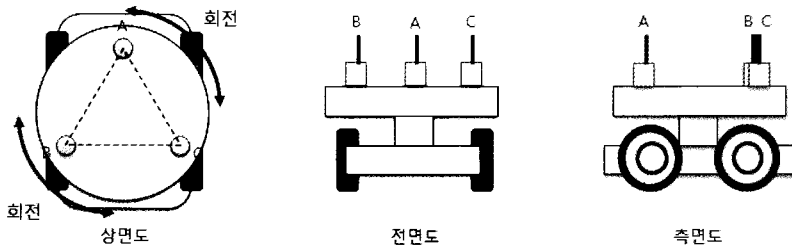


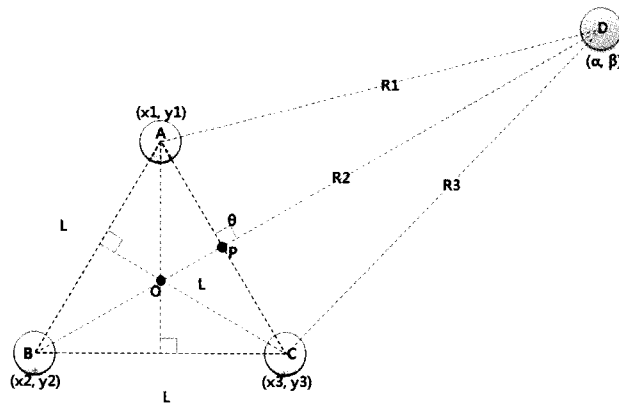
그림 3. RF 거리측정 기반 3차원 위치인식

한편, RF기반 거리측정 방법은 건물 내부 등의 실내 환경에서는 앵커 노드와 같은 위치 추정을 위한 레퍼런스 장치들을 이용하여 비교적 용이하게 적용이 가능하나, 실외 환경 등 레퍼런스 장치의 설치가 불가능한 Non-infrastructure 환경에서는 적용상의 어려움이 존재한다. 이에 본 논문에서는 레퍼런스 노드 설치로 인한 추가 비용을 없애고, Non-infrastructure 환경에서 이동체의 위치추위를 위하여 그림 4와 같이 이동형 앵커를 구성하고 이를 이용한 RF기반 위치인식 방법을 제안한다. 제안된 이동형 앵커는 회전 가능한 원형상판 위에 3개의 거리측정이 가능한 노드들을 정삼각형 모양으로 배치시키고 상판 하부에는 기본적인 주행을 위한 바퀴 및 모터제어부가 존재하는 구조를 따른다. 일반적으로 유일한 하나의 위치를 계산하기 위해서는 최소 3개의 레퍼런스 노드가 필요하며 블라인드 노드들은 제안된 이동형 앵커에 의하여 자신의 위치를 인식할 수 있다. 제안된 이동형 앵커를 이용한 위치인식 방법의 예를 들면 기지의 좌표를 가지는 이동형 앵커노드 상의 각 3개의 노드와 블라인드 노드와의 거리를 측정하고 3개의 레퍼런스 노드 중 2개의 노드와 블라인드 노드와의 거리측정 데이터가 같아질 때 까지 원형 상판을 회전시킨다. 또한 3개의 레퍼런스 노드 중 거리측정 데이터가 다른 하나의 노드와 블라인드노드와의 거리 정보 및 상판의 회전 각 측정에 의한 방향 정보를 이용하여 블라인드노드는 이동형 앵커와의 상대적인 위치를 계산 가능하다.

본 장에서는 현재까지 연구된 대표적인 위치인식 방법들 중 RF기반 위치인식 방법에 대하여 살펴보았다. RF기반 위치인식은 WSN의 주요 응용인 모니터링에서만뿐만 아니라 이동체의 주행 및 협업 관련 기술에서도 필수적이다. 다음 장에서는 위치인식 기술을 적용한 이동체 주행 및 협업 기술에 대하여 살펴보고 이동체 원격 조종 시스템에



(a) 이동형 앵커 로봇 구조



(b) 이동형 앵커를 이용한 블라인드 노드의 위치인식

그림 4. Non-infrastructure 환경을 위한 이동형 앵커 기반 위치인식 방법

대하여 기술한다.

3. 위치인식(Localization) 기술의 응용

위치인식 기술은 주차 관리, 물류 관리, 위치안 내 및 미아방지 서비스 등 다양한 응용에 적용되고 있으며 특히, 이동체 주행 및 협업을 위한 기반 기술로 다양한 연구가 진행되어왔다. 이동체는 주행 및 협업 기능을 위하여 기본적으로 자가 위치 인식 능력이 필요하며, 자가 위치인식을 위하여 RF 뿐만 아니라 비전센서를 비롯하여 오도메터, 가속도, 각속도, 지자기 등 다양한 센서들이 적용되어왔다. 그러나 이러한 센서들은 주변 환경의 물리적 영향에 의한 오차를 비롯하여 센서 자체 오차로 인하여 단일 센서로는 정밀 위치인식이 어려우며, 표 3과 같이 통상적으로 다양한 센서들이 복합적으로 사용되고 있다. 본 장에서는 자가

위치인식 기능을 바탕으로 이동체의 주행 및 협업 기술, 그리고 이동체 원격 조종 시스템에 대하여 소개하고자 한다.

3.1 이동체 주행 및 협업 기술

위치인식기술을 이용한 이동체 주행 기술에는 대표적으로 오토스페이싱(Auto-Spacing) 기술과 추종 주행 기술을 들 수 있으며, 이동체 간 협업을 위한 기술로는 협동위치인식기술(CL; Cooperative Localization)을 들 수 있다[20]. 오토스페이싱 기술은 이동체 간 일정 거리를 유지하며 주행시키기 위한 기술로써, RF기반 위치인식 기술을 이용하면 용이하게 구현 가능하며, 이동체간 거리가 멀어질 때 통신 거리 확보를 위한 필수적인 기능이다. 그림 5는 통신 거리 확보를 위한 오토스페이싱 기술의 개념을 나타낸다.

표 3. 이동체 위치인식을 위한 접근법 사례

접근 사례	설 명
Odometer + Camera [16]	<ul style="list-style-type: none"> • Odometer는 바퀴의 정렬상태와 같은 시스템적인 오차 및 바퀴의 미끄러짐과 같은 비 시스템적인 오차들이 존재 • 카메라 영상에서 서로 다른 방법을 통해 두 개의 이동경로를 구한 뒤 정확도에 따라 이를 병합하는 방법을 사용
Gyro meters + GPS + Odometer [17]	<ul style="list-style-type: none"> • 휠 오도메트리, Gyro meter, GPS 수신기가 탑재된 로봇 집단의 위치추위를 위해 Constraint Propagation (CP) 기법을 적용 • 센서들의 위치 데이터를 퓨징하고 CP 기법을 적용하여 위치추위의 정확도를 높임
Stereo Vision Sensor [18]	<ul style="list-style-type: none"> • 스테레오 비전 센서를 이용, 연속된 영상에서 추출된 특징점의 변화를 이용하여 이동로봇의 위치를 예측 • RANSAC 알고리즘을 적용하여 강인한 3차원 특징점을 선별 • 임의로 선별된 특징점을 통한 위치변화량으로 이전 영상의 특징점을 이용시켜 현재 영상의 특징점과의 위치 차이를 비교 • 위치 차이가 가장 작은 임의의 점을 선택하여 위치인식에 사용
Odometer + GPS + Digital magnetic compass [19]	<ul style="list-style-type: none"> • 실외에서 Odometer, GPS, DMC가 탑재된 로봇의 위치추위 정확도를 높이기 위하여 그룹 내 각 로봇의 GPS 정보들의 correlation 오차를 고려 • EKF를 이용하여 CL의 정확도를 높임

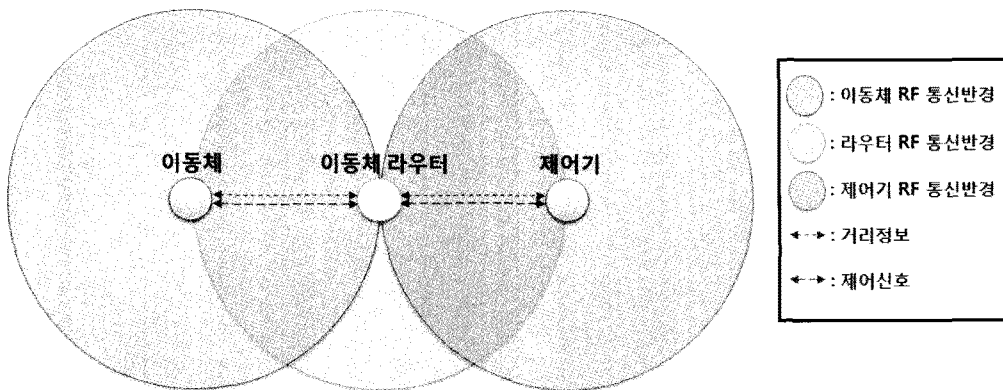


그림 5. 개체 간 통신거리 확보를 위한 오토스페이싱 기술

또한 오토스페이싱 기술은 지자계 및 자이로 센서 등 이동체 방위 정보 획득을 위한 센서들과 함께 이동체 추종 주행(Directed Following) 기능을 가능하게 한다. 그림 6은 이동 대상 목적지(또는 개체)에 대한 거리정보에 방향정보가 추가됨으로서 향상되는 이동체 주행 능력의 변화를 나타내는 개념도이며, 목적지에 대한 거리정보만 주어진 경우에 비해 방향정보까지 주어진 경우 중간

경유지를 거치지 않고 바로 목적지의 방향으로 주행 가능함으로써 보다 스마트한 추종 주행이

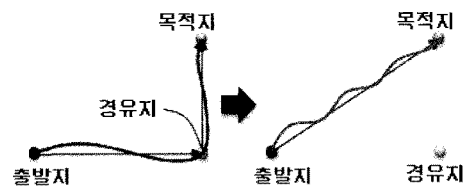


그림 6. 방향 정보 추가에 의한 이동체 주행 능력 변화

이루어질 수 있다.

마지막으로 CL은 이동체간 협업을 위한 필수 기능으로, 로봇 대 로봇 간의 통신으로 각 로봇의 위치추정을 위한 관측치들을 통합적으로 계산하고 그룹 내의 모든 로봇의 위치와 방위를 합동으로 추정하여 각각의 로봇들이 서로의 상대적인 위치를 판별할 수 있게 하며, 또한 그룹 내의 모든 로봇들의 위치측위 정확도를 향상시킬 수 있다. 또한 CL은 앵커 노드와 같은 위치 추정을 위한 레퍼런스 장치들이 없는 Non-infrastructure 환경에서 로봇 상호간의 위치를 인식하기 위한 하나의 방법이 될 수 있다. 그러나 CL의 이러한 이점은 계산량과 통신량을 증가시키는 결과가 되며, 따라서 CL을 위한 디자인 이슈로는 적용될 특정 응용의 허용 오차 내에서 계산량과 통신량을 줄이는 것이 중요하다.

3.2 이동체 원격 조종 시스템

위치인식기술은 이동 로봇의 자율 시스템뿐만 아니라 원격지에서 대상 시스템을 조종하기 위한 응용에도 적용될 수 있다. 이는 특히, 재난현장과

같이 사람이 직접 투입되어 작업하기 위험한 환경에서의 작업을 위한 재난 복구 로봇 등의 원격 조종에 활용될 수 있다. 그림 7은 제안된 이동체 원격 조종 시스템을 나타낸 것으로서, 시스템은 크게 이동체, 이동체 라우터, 제어기 등 3부분으로 나누어지며 시스템 내의 각 구성 개체는 무선링크에 의해 연결되어 서로 통신하며 작업을 수행하게 된다. 또한 이동체는 네트워크 내의 개체 간 통신 및 위치인식을 위한 거리측정을 수행하는 통신 모듈 (Sensor Node), 제어기로부터의 제어 명령 수행을 위한 프로세싱 모듈 (Central Controller) 및 프로세싱 모듈로부터 처리된 동작 지시 명령을 수행하기 위한 동작구동 모듈 (Mobile Vehicle)로 구성되고, 제어기는 통신 모듈을 포함하여 네트워크 내의 이동체 및 이동체 라우터의 제어를 위한 제어 모듈(Control Device)로 구성된다. 제안된 시스템에서 무선링크를 구성하는 센서 노드로 WPAN 표준 중 거리측정기능을 제공하는 IEEE 802.15.4a CSS 방식의 나노트론 RF 칩을 탑재한 플랫폼이 적용되었고, 이동체로는 자가 위치인식을 위해 4중 센서(초음파, 가속도, 각속도, 지자기)

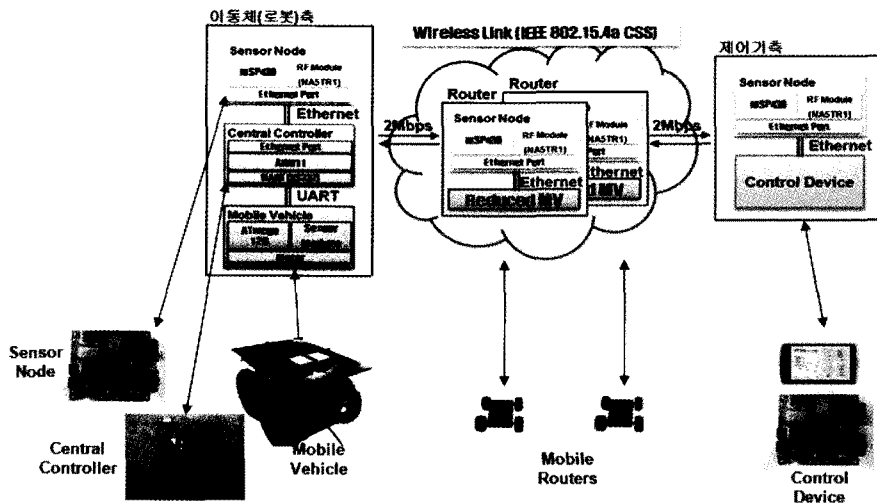


그림 7. 이동체 원격무선 조종 시스템

를 탑재한 4륜 이동체가 적용되었으며, 또한 제어기는 휴대형 임베디드 단말이 적용되었다. 그리고 이동체 및 제어기, 이동체 라우터에는 제어의 실시간성 보장을 위하여 RTOS인 uC/OS-II가 적용되었으며, 최대 2Mbps의 무선 링크 통신 속도를 커버하기 위하여 일반적으로 사용되는 UART 대신 TCP/IP를 통한 인터페이스를 적용하였다. 또한 이동체의 프로세싱 모듈은 통신 모듈과 동작구동 모듈 사이에서 제어의 실시간성 및 QoS보장을 위해 고성능 프로세싱 장치가 적용되었다[21,22].

4. 결 론

본 논문에서는 센서네트워크 상에서의 위치인식 기술 및 이를 이용한 이동체 주행 및 협업 기술, 그리고 이동체 원격 조종 시스템을 소개하였다. 제안된 이동체 원격 조종 시스템에서 대상 이동체의 끊임없는 실시간 제어를 위해서는 단순 조종 개념에서 대상 제어를 위한 제어네트워크 개념이 포함되어야 한다. 기존의 제어네트워크 기술은 유선 통신망을 이용한 경우가 대부분이었으나, 제어 대상과의 거리 및 활용 장소 등을 고려하면 유선 통신망으로서는 한계가 존재하며, 따라서 미래의 제어 네트워크 기술은 기존 유선 네트워크 기술 기반에서 무선 네트워크 기술 기반으로 발전하게 될 것으로 전망한다. 그러나 제어네트워크는 유선망에서 무선망으로의 변화를 위하여 무선 통신상에서의 제어 신뢰성 보장이 선행되어야 하며, 이를 위하여 제어 명령의 실시간성 및 QoS 보장을 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] J. Rabaey, M. Ammer, J. Silva, D. Patel and

S. Roundy, "PicoRadio support ad hoc ultra-low power wireless networking," *IEEE Comput.*, Vol. 33, pp. 42-28, Jul. 2000.

[2] A. Ward, A. Jones and A. Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," *IEEE Personal Communications*, October 1997.

[3] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, and P. Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application," *Proceedings of the fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM'99*, Seattle, Washington, USA, August 1999.

[4] 김은태, 박창우, 김영석, 백성욱, 문승빈, "비전 기반 실내로봇용 위치인식 기술", *정보과학회지* 제26권 제4호. 2008.

[5] J. O'Kane, "Global Localization using odometry", *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2006.

[6] M. Bertinato, G. Ortolan, F. Maran, R. Marcon, A. Marcassa, F. Zanella, M. Zambotto, L. Schenato, and A. Cenedese, "RF localization and tracking of mobile nodes in wireless sensors networks: Architectures, algorithms and experiments", *Technical report*, University of Padova, 2008. Available online: <http://paduaresearch.cab.unipd.it/1046/>.

[7] L. Girod, V. Bychovski, J. Elson, and D. Estrin, "Locating tiny sensors in time and space: A case study," *IEEE International Conference on Computer Design: VLSI in Computers and Processors*, 2002, pp. 214-219.

[8] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, and P. Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application," *Wireless Networks*, 8(2-3): 187-197, 2002.

[9] L. Girod, and D. Estrin, "Robust range estimation using acoustic and multimodal sensing," *IEEE International Conference on*

- Intelligent Robusts and Systems, Vol. 3, 2001, pp. 1312-1320.
- [10] D. Niculescu, and B. Nath, "Ad hoc position system (APS) using AoA," IEEE INFOCOM, Vol. 3, 2003, pp. 1734-1743.
- [11] 802.15.4a std., IEEE Std. 802.15.4a, 2007.
- [12] Nanotron Technologies, "Real Time Location Systems (RTLS)", A White Paper from Nanotron Technologies GmbH, 2007.
- [13] F. Thomas, and L. Ros, "Revisiting Trilateration for Robot Localization", IEEE Transactions on Robotics, Vol. 21, No. 1, Feb, 2005.
- [14] S. Simic, and S. Sastry, "Distributed localization in wireless ad hoc networks," Tech. Rep. UCB/ERL M02/26, UC Berkeley, 2002.
- [15] O. Tekdas, and V. Isler, "Sensor Placement for Triangulation-Based Localization", IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Vol. 7, Issue 3, 2010.
- [16] Y. Oh, C. Yi, and B. Choi, "Visual Odometry using Upward Monocular Camera", 한국정보과학회 2008 가을 학술발표논문집, 제35권, 제2호, 2008.
- [17] K. Jo, and J. Lee, "Cooperative Localization of Multiple Robots with Constraint Propagation Technique", 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sep. 22-26, 2008.
- [18] S. Jung, J. Song, and S. Kang, "Stereo Vision-based Visual Odometry Using Robust Visual Features Selected by RANSAC", 제 3회 한국지능로봇 종합 학술대회 논문집, Jun. 25-27, 2008.
- [19] S. Joo, J. Lee, J. Kim, and J. Park, "Performance Enhancement for Outdoor Cooperative Localization Considering of Error Correlation between GPS data", ROBOCOMM '09, Second International Conference on Robot Communication and Coordination, Mar. 31, 2009-Apr. 2, 2009.
- [20] 남영진, 박영균, 남민석, 김창훈, 김종완, 이상철, 강진규, 이동하, "IEEE 802.15.4a 기반 다중 이동 로봇용 원격제어 플랫폼 설계", 제32회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 논문집 제16권 제2호, pp. 181-182, 2009.
- [21] 남민석, 이상철, "무선센서네트워크를 위한 자가 위치인식 기반 이동로봇 설계 및 구현", 2010 대한임베디드공학회 추계학술대회 논문집, pp. 353-355, 2010.
- [22] 남민석, 이상철, "무선센서액추에이터네트워크를 위한 이동형 액추에이터의 원격제어 시스템 구조", 2010 대한임베디드공학회 추계학술대회 논문집, pp. 392-394, 2010.



남 민 석

- 2008년 대구대학교 전산통계학과(학사)
- 2010년 대구대학교 컴퓨터정보공학과(석사)
- 2010년~현재 대구경북과학기술원 연구원
- 관심분야: WSN(Localization), 임베디드 시스템, 통계적 오차보정



이 상 철

- 1994년 포항공과대학교 전자전기공학과(학사)
- 1996년 포항공과대학교 전자전기공학과(석사)
- 2002년 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부(박사)
- 1999년~2002년 위덕대학교 정보통신과 겸임교수
- 2002년~2003년 프랑스 국립과학원 post-doc
- 2003년~2004년 한국전기연구원 메카트로닉스연구팀
- 2004년~2005년 대구기계부품연구원 메카트로닉스센터
- 2006년~2008년 삼성SDI, 삼성테크윈 책임연구원
- 2008년~현재 대구경북과학기술원 선임연구원
- 관심분야: USN(energy harvesting, battery-less), RTLS, Tele-operation, U-healthcare



정 종 태

- 2003년 전남대학교 컴퓨터정보학부(학사)
- 2006년 전남대학교 전산학과(석사)
- 2007년~2010년 경북 유비쿼터스 신기술 연구센터 연구원
- 2010년~현재 대구경북과학기술원 연구원
- 관심분야: WSN, 임베디드 시스템



이 동 하

- 1985년 경북대학교 전자공학과(학사)
- 2001년 경북대학교 전자공학과(석사)
- 2005년 경북대학교 전자공학부(박사)
- 2006년 경북대학교 경영학과 T-MBA 수료
- 1987년~2005년 (주)LG전자 S/W연구실장
- 2004년~현재 영남대학교 겸임교수
- 2005년~2008년 대구경북과학기술원 연구부장
- 2009년 대구경북과학기술원 선임연구부장
- 2010년~현재 대구경북과학기술원 차세대융복합연구센터장
- 관심분야: 영상처리, DTV시스템, 임베디드소프트웨어