

실내측위 정확도 향상을 위한 지구자기장기반 적용 연구

허수정, 박용완
영남대학교

요약

본고에서는 실내환경에서 측위 정확도의 요구가 높아지고 있는 시점에서 전파시스템 기반 측위 시스템 및 알고리즘이 가진 문제점을 해결하기 위해 지구고유의 자원인 지구자기장을 기반으로 실내환경에 강인한 측위 시스템 및 알고리즘에 적용 가능성을 제시한다. 본 연구를 통해 건물재료 및 공간구성에 따른 지구자기장세기 변화량이 다른 것을 확인 하였으며, 위치추정을 위한 Fingerprint 알고리즘 적용 시 Database 구축의 편의성, 효율성을 높이기 위한 방법을 제안하고 실제 환경 실험을 통해 그 우수성을 검증하였다.

I. 서론

오래전부터 비둘기는 뛰어난 귀소본능 때문에 “전서구(傳書鳩)”라 하여 서신을 전달하는데 이용되었던 새이다. 비둘기가 지닌 탁월한 방향 감각과 귀소본능은 다른 아닌 뇌에 박혀있는 자석 덩어리에 의한 지가 감각의 결과라는 사실이 밝혀졌다. 비둘기의 머리뼈와 뇌 경막 사이에 있는 2*1mm 크기의 자석이 지구자기장과 반응하여 방향타 역할을 하는 것이다.

역시 1975년 미국에서 몸길이 2~3마이크론의 박테리아 체내에서 생체 자기가 발견되었다. 생체 자기는 한 개가 0.04미크론 크기로 자석 입자 수십 개가 줄줄이 엮여 있는 형태였으며, 바다 생물인 박테리아는 이것을 이용하여 북극과 남극을 오가는 것이다. 비둘기와 박테리아 외에도 북미에서 서식하는 황제나비, 도롱뇽, 바닷가재, 여러 종류의 철새 등이 생체 자석을 지닌 동물로 지구자기장이 없다면 생존 할 수 없는 동물들이다. 불행하게도 이러한 지구자기장을 감지할 수 있는 감각기관을 가진 몇몇 동물들을 제외하고는 지구자기장의 존재조차 모르고 살아가는 생물체가 더 많다. 그러나 B.C. 400년경 그리스인들은 특정 암석의 자기적 인력을 기술하였으며, B.C. 300~200년경 이미 중국에서는 “사남(司南)”이라는 나침반이 제작되어 자기화

된 암석으로 북두칠성을 본떠 국자모양으로 만들어 손가락 언저리가 북쪽을 향하도록 설계하였다. 그렇게 하여 자석 손가락에서 남쪽 나침반 방향을 가리키는 가벼운 손잡이는 무겁고 둥그렇게 생긴 뜨는 부분과 평행을 이루게 된다. 1117년에는 중국 항해사들이 흐린 날씨에서도 나침반을 이용하여 선박의 방향을 잡았다는 기록이 있다. 이와 같이 지구자기장을 이용한 나침반은 세계 3대 발명품이라는 찬사를 받으면 수세기 동안 길을 찾는 도구로 사용되고 있다[1].

산업혁명과 컴퓨터의 사용 그리고 통신시스템의 비약적인 발전으로 나침반을 대체하여 인공위성을 통해 측위정보를 획득하여, 광범위한 분야에 위치기반서비스를 제공하고 있다. 대표적으로 차량용 네비게이션은, 차량의 출발지와 도착지를 입력하여 사용자에게 도착지까지의 길안내와 주변정보를 제공한다. 차량용 네비게이션의 위치정보 제공을 위한 측위시스템은 복잡적으로 이루어지고 있으나 가장 중요한 측위 자원은 인공위성에서 제공하는 시간정보이다. 실외환경에서는 인공위성에서 제공하는 시간정보를 장애물의 간섭 없이 수신할 수 있으며, 이를 통해 시각을 이용한 삼각측위(량)법으로 사용자에게 자신의 위치정보를 제공한다.

그러나 실내환경에서는 인공위성으로부터 전송되는 신호가 건물의 외벽에 의해 건물 내부로 전송되지 못하며, 전송이 되더라도 심각한 왜곡으로 인한 신호오류가 극심하여 삼각측위법으로 위치정보를 제공할 경우 위치오차범위가 크게 나타난다. 이러한 문제를 해결하기 위해 실내환경에서는 실외환경과는 차별화된 측위시스템이 필요하며, 그에 대한 연구가 진행되고 있다. 사람들이 하루 70%이상의 시간을 실내환경에서 보내고 있지만, 양질의 위치기반서비스를 제공받지 못하고 있는 실정이다. 실내환경에서의 위치정보기반 서비스의 확대가 필요한 시점이지만 실내환경은 실외환경보다 복잡한 공간구성과 적은 오차범위(<5m미만)에도 다른 공간으로 인지하여 위치정보를 제공하는 경우가 발생한다[2].

본 고에서는 실내환경에서의 위치기반서비스 제공을 위한 측위 시스템 자원으로 지구자기장의 적용 가능성을 제안하고, 지구자기장세기 기반의 측위 알고리즘인 Fingerprint의 데이터베

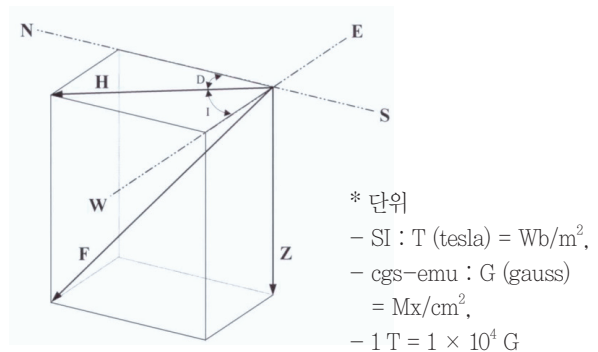
이스(DB) 구축 시 인적, 시간적 자원의 효율성을 극대화 하기 위한 보간법 적용 방법을 소개한다. 2장에서는 지구자기장에 대한 소개와 건물의 재료 및 공간구성에 대한 지구자기장세기 변화, 3장에서는 Fingerprint 알고리즘 적용을 위한 제안하는 보간법을 설명하고 실제환경 테스트를 통한 결과를 도출한다.

II. 지구자기장

1. 지구자기장의 개요

자기장은 자석이나 전류 가까이에 놓여 있는 어떤 물질에 작용하는 영향으로 정의된다. 물론 '가까이'라는 단어는 자석이나 전류의 세기에 대해 상대적이다. 장이 존재하는 영역에서 그 영향은 다른 자석이나 철 덩어리 또는 철이 풍부한 암석을 움직이도록 하는 (잡아 당기는) 힘의 크기와 작용하는 방향으로 측정한다. 자기장의 세기는 쌍극자로 부터의 거리의 세제곱에 비례하여 감소한다. 예를 들면, 자석으로부터 2인치 떨어진 곳에서의 자기장은 1인치 지점의 8분의 1이다. 장의 효과는 당연히 장이 존재하는 영역의 특정한 자기적 특성에 관계한다. 공기중에서 자석이 물체에 미치는 자기장 효과는 자석과 물체가 기름에 담겨 있을 때와 비교하여 달라지므로, 인력의 크기도 다르다. 지구는 하나의 천연자석(북극을 S극, 남극을 N극을 가진 막대형 영구자석)으로 나타낼 수 있으며, 이것을 근원으로 하는 지구표면의 자기장을 지구자기장(Earth's magnetic field, Geomagnetism)이라 한다. 지구자기장의 세계적 분포는 위도에 따라 (20 ~ 70) μT 정도이며, 지구자기장의 세기와 방향은 일정한 것이 아니라 지구의 내, 외적인 요인에 의하여 변화한다. 즉, 지각의 변이와 같은 지구내부의 요인이나, 이온층의 전류, 자기권(magnetospheric) 내의 플라즈마 효과, 태양풍(solar wind)이나 국부적으로 위치한 인위적인 건물, 도로, 차량 및 전력선 등의 외부 요인에 의하여 영향을 받게 된다. 지구 자기장은 벡터량이므로 지구자기장의 성분은 아래와 같이 나타낼 수 있으며, 지리상의 북극인 진북과 자침의 N극이 가리키는 자북 사이에 이루는 각인 편각(Declination), 총 지구자기장(Total geomagnetic field)과 지구 표면이 만드는 각인 북각(Inclination), 지구자기장 의 벡터합을 나타내는 총지구자기장(F), 수평지구자기장(H) 및 수직지구자기장(Z) 등으로 나눌 수 있다. 지구자기장의 크기는 우리나라의 경우, 편각 (5 ~ 8)°, 북각 (49 ~ 55)°, 총자기장 (48 ~ 51) μT , 수평 (29 ~ 32) μT , 수직 (36 ~ 42) μT 이며, 태양풍 등이 없는 정상적인 날의 변화량은 약 (30 ~ 50) nT/day 이다. 일반적으로 자기장(magnetic

field)은 자속밀도(magnetic flux density, 단위 T)를 말하므로, 용어의 혼란을 피하기 위하여 여기서는 자기장으로 표현한다. 자기장(B)은 전기분야의 국제단 위계(SI) 기본단위인 전류(A)와 전류가 흐르는 경로의 dimension 및 핵자기공명 주파수(ω)를 측정하여 재현할 수 있다. 즉 자기장은 $\omega = \gamma' p \cdot B$ 에서 핵자기 공명주파수 및 양성자 자기회전비율($\gamma' p$)의 정확한 값으로부터 계산할 수 있다. 자기장의 재현을 위해서는 양성자 자기회전비율($\gamma' p$)의 정밀측정이 필요하다. 1973년 교토에서 열린 제2차 IAGA 총회에서 SI 단위 사용을 권고함에 따라 현재는 비 SI 단위인 cgs-emu 단위(G, Oe, Y(gamma))를 대신해 테슬라(T)를 주로 사용하고 있다.



* 지구자기장의 성분도
편각(D), 북각(I), 총지구자기장(F)

2. 실내환경에서의 지구자기장

지각의 구조, 즉 지층이나 지하광물, 석유, 가스층, 지하수 등에 의해서 지자기장의 분포가 부분적으로 교란되며, 특히 투자율(Magnetic permeability)의 분포가 균일하지 못하면 자기 선속 밀도(Magnetic flux density)의 분포도 균일하지 못하게 되는 국소적 지자기 교란이 발생한다. 철근을 사용하여 만든 시멘트 건축물이나 강자성(Ferromagnetism)을 띠는 H빔 등에 의하여 공간적인 국소지자기 교란 발생되는 것이 조사되었다[17].

직류가 아닌 교류의 높은 전류가 흐르는 여러 종류의 전력 활용 시스템이나 전력 케이블에 의하여 발생한 강한 교류 자기장이 전자소자와 인간의 건강에 지대한 영향을 미친다는 사실은 이미 잘 알려진 사실이다. 많은 연구자들이 이미 건물 내의 강한 교류 자기장을 차단할 수 있는 다양한 방법을 제시한 바 있으며, 최근까지도 많은 연구결과들이 보고되어 있다[13]~[16].

그러나 아직 건축물 내에서의 자기장 분포에 대한 연구나, 지자기의 교란을 억제할 수 있는 방법 또는 직류 자기장이 건물 재료에 의한 교란 정도를 연구한 결과는 거의 없는 실정이다.

또한 지자기 세기를 기반으로 위치측위용 데이터베이스를 구축하기 위한 관점으로서의 접근은 거의 없다. 이는 건물 재료의 성분을 구체적으로 확인 할 수 있는 방법이 없으며, 대체적으로 설비도면과 전기도면의 확보가 어려운 문제점이 있어서 건물 벽면 및 바다, 천정의 보이지 않는 부분에 시공된 배관은 지자기 세기에 영향을 미칠 수 있는 성분이라는 하지만 확인 방법이 없으므로 이에 대한 지자기 교란은 규정하기가 매우 어렵다.

실내환경에서 지구자기장세기의 교란 및 변화를 확인하기 위해 알루미늄, 아크릴판으로 제작한 특수 데이터 수집 구조물을 이용하여 H빔 구조, 철근/콘크리트 구조, H빔/철근/콘크리트 구조 건물을 대상으로 실제 데이터를 획득하였다. <Figure 1~3>은 실험을 위해 선정한 3 장소의 지자기 세기를 수집한 데이터를 기반으로 각 장소마다 등고선으로 나타낸 분포도이다. 그림들을 보면, H빔을 사용한 건물에서는 지자기 세기에 대한 단위면적 대비 변화량이 철근-콘크리트를 사용한 건물보다 크다는 것을 보여준다. 이를 통하여 대체적으로 건물의 주재료가 지자기 세기에 대한 단위면적 대비 변화에 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. fingerprint를 이용한 위치 측위기법은 데이터베이스의 안정성과 정밀도는 위치 추정 성능과 비례하며 지자기 세기를 이용한 fingerprint기법 이용시의 적절한 데이터베이스의 간격이 아직 연구되지 않았다. 우리는 지자기 세기에 대한 적절한 fingerprint를 위한 데이터베이스의 구성 간격을 확인하기 위하여 다양한 실험을 해보기 위하여 20cm의 간격으로 좁게 구성하였다. 그로 인하여 실내 측위용 데이터베이스의 해상도는 높아졌지만, 지자기 세기의 획득 지점이 많아져서 데이터베이스를 구축하기 위한 시간이 오래 걸리는 단점이 있었다. 우리는 약 4m 길이에 대하여 측위 지점에 대한 데이터를 얻기 위하여 이동시간을 제외하고 약 10분의 시간이 소요되었다. 실내 공간의 대부분을 차지하고 있는 복도의 경우 이보다 훨씬 더 긴 공간을 가지고 있다. 지자기 세기가 시간에 따라 크게 변하지 않기 때문에, 데이터베이스의 업데이트를 자주 할 필요는 없지만, 한번 구축할 때마다 많은 시간이 소요된다.

지자기는 실외에서도 지자기의 세기를 전세계를 범위로 주기적으로 관측하여 각 위치에서의 지자기 세기를 계산할 수 있는 모델을 발표한다[25]. 이 때, 모든 지점에서의 지자기 세기에 대한 관측을 하기에는 무리가 있기 때문에 사용하는 방법 중 하나가 보간법이다. 보간법을 통하여 각 지점 사이의 지자기 세기에 대한 값을 예측하여 각 위도와 경도에 대한 지자기 세기 값을 제공한다. 실내에서도 이 보간법을 이용하여 각 위치에 대한 지자기 세기 값을 예측한다면, 데이터베이스를 구축할 때의 측위 지점의 수가 줄어들기 때문에 데이터베이스의 구축 시간이 줄어들 것이라는 장점이 있다. 하지만, 실내에서의 지자기 세기에 대

한 데이터베이스를 구축하기 위한 적절한 지점간의 간격에 대하여 연구된 사항이 없기 때문에, 다음 장에서 실험을 통하여 알아본다.

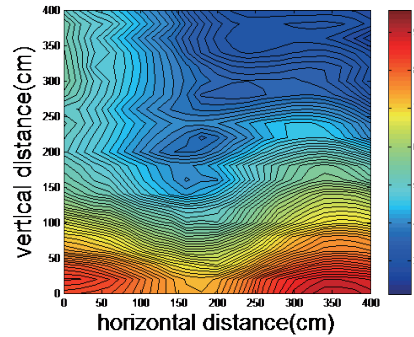


Figure 1. LED-IT건물(H빔)

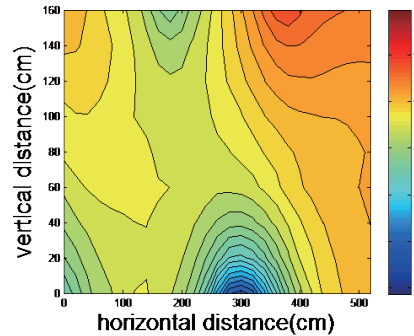


Figure 2. 소재관건물(철근/콘크리트)

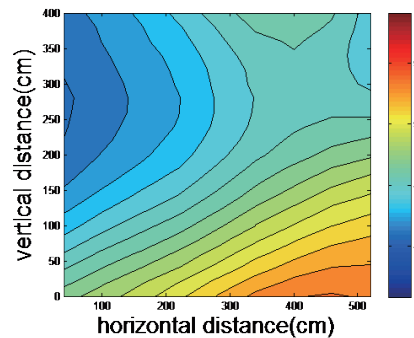


Figure 3. IT관건물(H빔/철근/콘크리트)

III. 제안하는 Fingerprint DB 구축 방법

실내 측위 시스템은 정확도 향상을 위해 인프라를 설치해야 하거나, 기 설치된 인프라를 이용하여 측위가 가능한 시스템으로 나눌 수 있다. 이와 같은 방법 모두 인프라를 설치해야 한다

는 비용에 대한 문제와 설치가 힘든 환경에서는 실내측위를 할 수 없는 문제점이 있다. 이러한 기존 전파에 의존한 실내 측위 한계점 발생으로 실내 환경에서 정확도 향상을 위한 새로운 방법 도입이 필요한 시점에 있다. 이러한 관점에서 보면 최근 BT와 IT를 융합한 BIT 기술이 급부상하면서 생태계 모방 기술이 미래의 핵심 기술이 되었고, 이에 따라 생태계 모방 기술을 적용한 정확한 위치인지 방법의 도입이 필요하다. 측위 관점에서 접근한다면 귀소본능을 가진 동물들은 대체로 지구자기장을 탐색하는 생체자석으로 자기위치인지에 사용한다는 점을 주목할 수 있다. 지구자기장을 이용한 측위는 오랜 연구가 이루어지고 있으나, 동물들의 귀소본능의 원인과 원리를 이해하기 위한 방법이 없었으며, 측위에 적용하기 위한 연구는 실외의 광범위한 공간에서 진행되고 있었다. 기존 연구는 동물들의 귀소본능과 위치결정능력의 관점에서 연구가 진행되고 있으나, 지구자기장 세기를 측정할 수 있는 센서의 개발로 측위 시스템에서도 지구자기장을 이용하고 있다. 동물의 위치 인지 및 실내에서의 가용 자원 분석을 통하여 지구자기장크기의 변화는 실내 위치 추정 의 유력한 방안이 될 수 있다.

1. Fingerprint 측위 기술

핑거프린팅(Fingerprint) 방식이라고도 불리는 확률적 모델링에 근거한 방식은 노이즈 및 주위 환경 정보를 위치추적을 위한 정보로 활용하는 방식으로 현재 무선랜 기반의 측위 시스템에서 가장 많이 사용되는 위치측위 방식이다. <Figure 3, 4>는 확률적 모델링에 의한 위치 추정 단계를 도식화한 그림이다. 먼저 위치 측위 대상이 되는 공간을 일정한 범위로 나누고 각 측위 지점(P:Point)의 위치 값을 데이터베이스(DB:Database)에 저장한 후 위치 값과 함께 액세스포인트(AP:Access Point)로부터 단말기(MU:Moble Unit)에 도달한 신호 세기를 측정하여 추출한 전파 특성값을 저장한다. 이 과정은 측위 대상이 되는 공간의 모든 측위 지점을 측정할 때까지 반복적으로 수행된다. 데이터베이스를 구축한 후 단말기를 가진 사용자가 위치를 요청하면 먼저 단말기는 위치를 요구하는 장소에서 신호 세기를 측정 후 데이터를 서버로 전송한다. 데이터를 전송 받은 위치 측위 서버는 측정된 신호와 저장된 데이터베이스의 신호를 비교하여 요구한 단말기의 위치와 가장 적합한 위치 데이터를 결정 후 위치 값을 단말기에게 제공한다. 확률적 모델링에 근거한 방식은 수집된 전파 특성 값이 전파 환경까지 포함되어 있기 때문에 기존의 알고리즘에 비해 우수한 위치 정확도를 제공한다. 특히 지구자기장의 경우 획득된 신호원이 자기장세기 값이 외에는 없는 특징이 있기 때문에 삼각측량기법으로 위치

를 추정할 수 없다. 하드웨어의 추가 없이 알고리즘 구성만으로 구현이 가능한 확률적 모델링 알고리즘을 사용할 수 있으나 실제 환경에서 적용 가능성에 대한 검증이 필요하다.

확률적 모델링을 이용한 위치 추정을 하기 위해서는 반드시 데이터 베이스를 구축해야 한다. 일반적인 데이터 베이스의 구축 방법은 먼저, 위치 측위 대상이 되는 공간을 일정한 범위로 나누고, 각 측위 지점의 위치 값을 데이터 베이스에 저장한 후 위치 값과 함께 액세스 포인트로부터 단말기에 도달한 신호 세기를 측정하여 추출한 전파 특성 값을 저장한다. 이 과정은 측위 대상이 되는 공간의 모든 측위 지점을 측정할 때까지 반복적으로 수행된다. 데이터 베이스를 구축한 후 단말기를 가진 사용자가 위치를 요청하면 먼저 단말기는 위치를 요구하는 장소에서 신호 세기를 측정 후 데이터를 서버로 전송한다. 데이터를 전송 받은 위치 측위 서버는 측정된 신호와 저장된 데이터 베이스의 신호를 비교하여 요구한 단말기의 위치와 가장 적합한 위치 데이터 정보를 결정 후 위치 값을 단말기에게 제공한다. 확률적 모델링에 근거한 방식은 수집된 전파 특성 값이 전파 환경까지 포함되어 있기 때문에 기존의 알고리즘에 비해 우수한 위치 정확도를 제공한다. 전파의 경우 Fingerprint 방법으로 위치 측위 시 오랜 연구의 결과로 상용화된 측위 시스템도 있으며, 위치 정확도 향상을 위한 다수의 알고리즘들이 있으나, 지구자기장의 경우 Fingerprint 기법을 사용하기 위해서는 공간 내에서의 지자기세기 분포에 대한 연구가 먼저 수행되어야 한다. 지구자기장의 경우 지각의 구조, 즉 지층이나 지하광물, 지하수 등에 의해 지자기장의 분포를 이루고 있지만, 특히 투자율(Magnetic Permeability)의 분포가 균일하지 못하면 자속밀도(Magnetic flux density)의 분포도 균일하지 못하게 되는 지자기 교란이 발생된다. 건물 내부인 실내환경의 경우 철근을 사용하여 건축된 건축물의 경우 강자성(Ferromagnetism)을 띠는 철근에 의해 공간적인 국소지자기 교란이 발생하며, 이러한 국소 지자기 교란은 태양풍에 의한 지자기 교란의 최소 수십 배부터 수천 배에 이르는 것으로 조사되었다. 지자기세기 기반에서는 위치 측위 기법을 적용하기 위해서 시간에 대한 정보가 없으므로 신호세기 값으로 위치를 추정하는 확률적 모델링 중 Fingerprint 방식으로 위치 측위가 이루어 져야 한다. 확률적 모델링을 이용한 실내 위치 측위 방식은 위치추정을 수행하기 위하여 반드시 데이터베이스를 구축해야 한다. 데이터베이스 구축은 측위 대상이 되는 공간을 일정한 범위로 나누고, 신호 세기를 측정해야 하는 측위 지점을 설정한다. 사용자 설정에 의하여 고정된 측위 지점에서 단말기는 무선랜의 경우 각각의 AP로부터 수신되는 신호세기, 지구자기장의 경우 지구자기장세기를 측정하고 측위 지점의 위치 좌표와 함께 수신된 신호

의 세기를 데이터베이스로 저장한다. 그러나 이와 같은 방식은 데이터베이스 구축을 위해 소모되는 시간이 오래 걸리며 전파 환경의 불안정성 때문에 측정값의 정확도를 향상시키기 위해서는 동일한 지점에서 여러 번의 측정이 요구되고 측정 환경이 변화 할 때마다 새로운 데이터베이스를 구축해야 한다. 데이터베이스를 구축한 후 단말기가 위치를 요청할 때 서버는 측정된 데이터와 데이터베이스를 비교하여 가장 적합한 위치 값을 제공한다. 그러므로 지구자기장 기반의 위치 측위 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 데이터베이스 구축 시간에 소모되는 시간을 줄이며 신호 획득 지점을 조밀하게 하여 실제 측정값에 가까운 데이터베이스를 구축하여야 한다. 본 과제에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 실내환경 및 공간의 특성을 고려하여 지구자기장세기 Database 생성 할 수 있는 방법을 제안한다.

2. 제안하는 측위 DB구축 방법

지구자기장 기반에서는 위치 측위 기법을 적용하기 위해서 시간에 대한 정보가 없으므로 신호세기 값으로 위치를 추정하는 확률적 모델링 중 fingerprint 방식으로 위치 측위가 많이 이루어진다. 확률적 모델링을 이용한 실내 위치 측위 방식은 위치 추정을 수행하기 위하여 반드시 데이터베이스를 구축해야 한다. 데이터베이스 구축은 측위 대상이 되는 공간을 일정한 범위로 나눈 후, 신호 세기를 측정해야 하는 측위 지점을 설정한다. 지자기의 경우 지구자기 세기를 측정하고 측위 지점의 위치 좌표와 함께 수신된 신호의 세기를 데이터베이스로 저장한다. 먼저 위치 추정을 필요로 하는 공간에 대한 건물의 건축 재료 특성을 고려하여 측정 지점 간의 간격을 최대한 넓게 설정한다. 그 다음 최대한 넓게 설정한 측정 지점에서 지구자기센서를 통하여 10초간 지구자기의 세기를 측정한다. 측정된 지구자기 세기의 평균값을 그 위치의 지구자기 세기 값으로 저장한다. 모든 측위 지점에 대하여 지구자기 세기에 대한 데이터 획득이 끝나면, 이 데이터를 기반으로 보간법을 통하여 측정 지점 간격 사이의 지구자기 세기를 예측한다. 이렇게 측정 지점 사이의 예측한 지구자기 세기를 바탕으로 구축한 데이터베이스에 갱신하여 더욱 조밀한 데이터베이스를 구축한다. 데이터베이스의 데이터 구성은 (x, y, mx, my, mz) 으로 2-D 벡터로 구성되며, x, y 는 공간에 대한 위치 좌표이며, mx, my, mz 은 지구자기의 각 축의 세기 값이며 단위는 μT 로 저장된다. 건물의 재료에 따라 지구자기의 세기 변화에 영향을 주기 때문에 보간법을 통하여 지구자기의 세기를 예측하는 지점 간의 거리도 건물의 주재료에 따라 달라져야 한다. 주재료에 따른 보간법을 통한 예측 세기를 신뢰할 수 있는 지점 간의 거리를 확인하기 위하여 간격을 다르게 하면서 실험을 진행하였다.

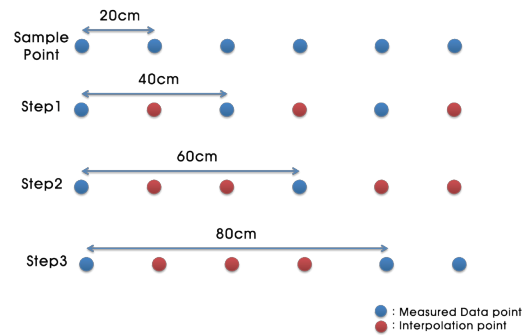


Figure 4. 실제 지자기 세기 획득 지점과 보간법 적용 지점간의 비교

IV. 실험결과

데이터베이스 구축을 위한 효율적인 획득 지점간의 거리를 알아보기 위하여 이전에 20cm 간격으로 구축하였던 데이터베이스를 이용하여 보간법이 적용된 지점의 지구자기의 세기와 실제 지구자기의 세기를 비교하여 성능을 측정하였다. 즉, 20cm 간격으로 구축된 데이터베이스를 기반으로, 40cm, 60cm, 등으로 간격을 넓혀서 편집한 데이터베이스를 보간법을 통하여 예측한 지구자기 세기에 대한 데이터를 각 데이터 사이에 저장하여 20cm 간격으로 된 데이터베이스를 구축한다. 그리하여 예측한 지구자기 세기와 원 데이터베이스의 지구자기 세기와 비교를 통한 유사도를 확인을 한다. 이렇게 획득 지점 간의 간격을 넓혀서 건물의 재료에 따른 보간법의 유효 성능 범위를 확인하였다. H빔 건물에서는 보간 데이터와 실제 데이터의 유사도가 최고 68%정도이지만 소재관과 같은 철근-콘크리트 건물의 경우 유사도가 90%이상 나타나는 것을 확인 할 수 있다. (Fig 5, 6)

LED-IT연구센터는 H빔 건물로 철근-콘크리트 건물 보다 다소 높은 지구자기 세기를 보이고 있다. LED-IT연구센터의 경우, H빔 구조의 건물로 지구자기에 많은 영향을 끼쳐 소재관에 비하여 성능이 다소 떨어지는 모습을 보이고 있다. LED-IT연구센터와 소재관에서 점점 Step을 증가시키면서 원 데이터와의 오차율을 나타낸 그림이다. LED-IT연구센터(Fig. 7)의 경우 Step3(60cm) 이후의 간격에서 오차율이 20% 이상 올라가는 것을 볼 수 있다. 반면에 소재관(Fig. 8)에서는 Step10(2m)에서도 오차율이 20% 이하인 것을 볼 수 있다. 성능을 측정할 결과, H빔 구조의 건물에서는 강자성체의 건물 재료로 인하여 지구자기의 왜곡현상이 강하게 나타나 60cm 이하의 간격까지 적용이 가능하다. 철근-콘크리트 구조의 건물에서는 H빔보다 상대적으로 지구자기의 왜곡현상이 약하기 때문에 100cm까지도 적용이 가능하다고 판단된다. 건물 내부의 물체에 대해서도 지구자기

의 왜곡현상이 발생하기는 하나, 극소량으로 나타났다.

실내 위치 측위 시 fingerprint 기법의 성능을 향상시키기 위해서는 좁은 간격으로 많은 데이터를 획득하여 데이터베이스를 구축하여야 한다. 하지만 이를 위해서는 많은 시간과 노력이 필요로 하기 때문에 수학적 예측 모델링인 보간법을 적용하여 지자기 세기의 측정 지점을 줄이는 방안을 제시하였다.

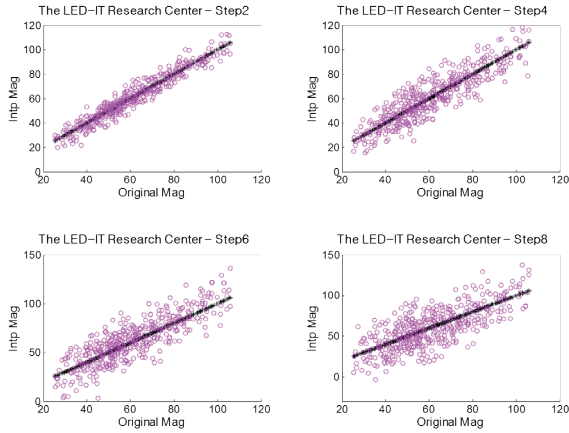


Figure 5. LED-IT건물 간격별 실제 데이터와 보간데이터의 유사도

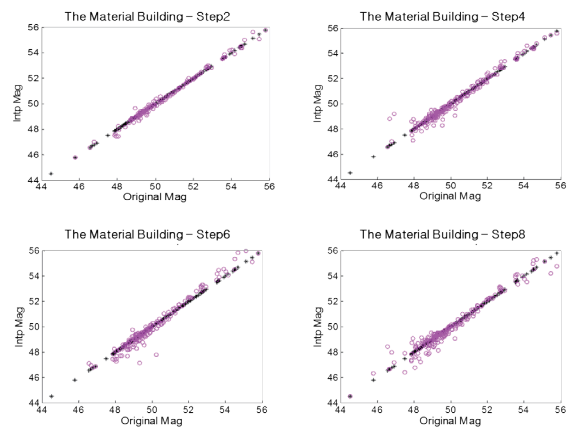


Figure 6. 소재관의 간격 별 실제 데이터와 보간 데이터의 유사도

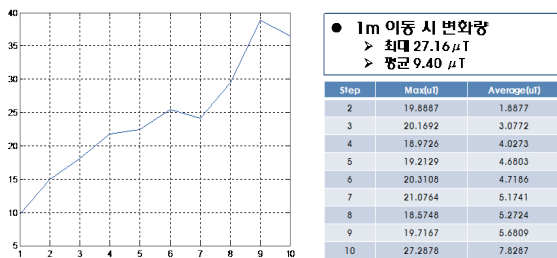


Figure 7. LED-IT 건물의 간격 별 실제 데이터와 보간데이터의 오차율과 지자기세기의 1m이동시 변화량

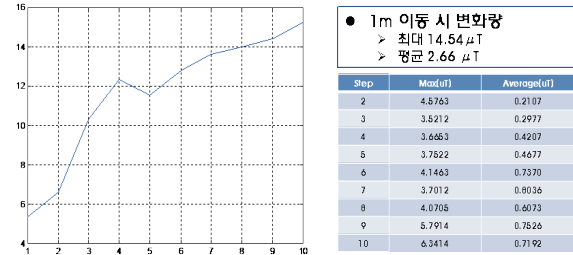


Figure 8 소재관의 간격 별 실제 데이터와 보간 데이터의 오차율과 지자기 세기의 1m 이동 시 변화량

V. 결론

최근 새로운 실내 위치측위 시스템으로 무선랜을 사용하는 방법이 대두되고 있으나, 전파의 특성상 간섭요인에 의한 빈번한 변화와 계속적인 데이터베이스의 구축에 대한 비용문제로 위치측위에 대한 문제점이 나타나고 있다. 무선랜의 경우 단말이 수신하는 RF 신호강도를 기반으로 하는 Fingerprint 기법을 사용하고 있으나, 기존 전파를 기반으로 실내 위치측위를 수행하는 기법들은 실내 환경에서 전파의 특성뿐만 아니라 전파 송수신기기의 변화 및 건물내부 구조의 변경 시 위치측위 데이터베이스를 재구성해야 한다는 문제를 해결하기 못하는 원천적인 문제점 때문에 위치측위의 항시성과 고유성을 확보할 수 있는 다른 자원에 대한 위치측위 기법이 반드시 필요하다. 따라서 본 보고서에는 기존의 위치측위 방식에 대하여 살펴 보았고, 지구자기장세기 센서를 이용하여 자기장 변화량을 분석하여 자기장세기 값으로 위치측정 시 교란에 대한 안정성, 위치측정 적용 가능성을 확인하였다. 실험 결과, H빔 건물에서는 강자성체인 H빔의 영향으로 인하여 지자기세기에 대한 변화 폭이 크게 나타났으며, 측정 높이가 높아질수록 지자기 세기의 변화폭이 줄어들었다. 철근-콘크리트 건물의 경우에는 강자성체인 철근이 있지만 지자기세기의 변화에는 큰 영향을 주지 않았으며, 측정 높이가 변하더라도 지자기 세기의 변화폭에는 이상이 없었다. 또한 엘리베이터, 비상차단셔터, 등 건물 내부의 강자성체 구조물에 의한 지구자기장 세기에 왜곡에 대한 영향이 소량 존재하였다.

지구자기장 세기 기반의 경우 아직 Fingerprint 기법에 적용 시 신호세기 획득에 관한 결정 요소가 정의되지 않아서 가변적인 측정 간격으로 선행 테스트를 시행하였다. 지구자기장 세기 기반의 측위 기법에서도 데이터베이스 구축 시 좁은 간격으로 획득하여 많은 데이터 기반의 위치측위를 시행할 경우 성능 결

정에 중요한 영향을 주는 것으로 판단 할 수 있다.

하지만, 좁은 간격으로 많은 데이터를 획득하여 데이터베이스를 구축하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요로 하기 때문에 지구 자기장의 건물 재료와 구조의 특성을 반영한 Database 구축을 위한 방법이 반드시 선행되어 연구될 필요가 있다.

위치측정 시스템은 앞으로 다양한 분야에서 서비스 될 아주 중요한 기술임에 틀림없다. 그러나 아직 실내의 공간에서 위치측정 정확도를 높이기 위해서는 다수의 시스템이 해결해야 할 문제가 있다. 그러나 전파자원이 아닌 지구 고유한 자원인 지구 자기장을 적용한 위치측정 시스템을 구축 시 초기 인프라 구축에 대한 문제점이 사라진다는 점을 생각한다면, 지구자기장 기반의 위치측정 연구를 진행해야 한다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음.

[2017-0-00543, 보행자 위치공간 인지 증강 및 스포츠 경기력 분석을 위한 정밀측위 원천기술 개발]

참고 문헌

- [1] S.J Hur, J.Y Song, Y.W Park, 2013. Indoor Position Technology in Geo-Magnetic Field, J-KICS 38(1), 131-140
- [2] J. Song, S. Hur, Y. Kim, K. Yoo and Y. Park "Comparison of WLAN and Geomagnetic Fields for Indoor Positioning," in Proc. IEEE Indoor Positioning and Indoor Navigation 2012 (IPIN2012), Sydney, Australia, Nov, 2012
- [3] H. Kim S. Kim, J. Choi and Y. Park, "A Study of repeater effect adjustment algorithm in CDMA indoor positioning system," J. Commun. Networks (JCN), vol. 33, no. 8, pp. 605-612, Aug. 2008.
- [4] A. LaMarca, Y. Chawathe, S. Consolvo, J. Hightower, I. Smith, T. Sohn, J. Howard, J. Hughes, F. Potter, J. Tabert, P. Powledge, G. Borriello and B. Schilit, Place lab: Device positioning using radio beacons in the wild, Pervasive Computing, 2005
- [5] P. Bahl, and V. N. Padmannabhan, "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system," in proc. IEEE Int. Conf. on Comput. Commun. (INFOCOM), vol.2, pp.775-784, Mar, 2000.
- [6] Y. Cheng, Y. Chawathe, A. LaMarca and J. Krumm, "Accuracy characterization for metropolitan-scale Wi-Fi localization," in Proc. ACM int. conf. Mobile systems, applications, and services, pp. 233-245, Jun, 2005
- [7] F. Goldenberg, "Geomagnetic navigation beyond the magnetic compass," in Proceedings of IEEE/ION PLANS 2006, San Diego, CA, USA, 2006, pp. 684-694.
- [8] J. M. Wilson, R. J. Kline-Schoder, M. A. Kenton, P. H. Sorensen and O. H. Clavier, "Passive navigation using local magnetic field variations," in Proceedings of the 2006 National Technical Meeting of the Institute of Navigation, Monterey, CA, USA, 2006, pp. 770-779.
- [9] S. Suksakulchai, S. Thongchai, D. Wilkes and K. Kawamura, "Mobile robot localization using an electronic compass for corridor environment," in Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on, 2000, pp. 3354-3359 vol. 5.
- [10] W. Storms, J. Shockley and J. Raquet, "Magnetic field navigation in an indoor environment," in Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS), 2010, 2010, pp. 1-10.
- [11] International Association of Geomagnetism & Aeronomy, 28 January, 2010. Available: <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>
- [12] B. Li, T. Gallagher, A.G. Dempster, and C. Rizos. How feasible is the use of magnetic field alone for indoor positioning?. In Proc. IEEE Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN2012), Sydney, Australia, Nov. 13-15, 2012, pp. 1-9.
- [13] B. Gozick, K. Subbu, R. Dantu, and T. Maeshiro. Magnetic maps for indoor navigation. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, 60(12), pp. 3883-3891, Dec. 2011.

- [14] J. Chung, M. Donahoe, C. Schmandt and I.J. Kim. Indoor Location Sensing Using Geo-Magnetism. In Proc. the 9th Int. Conf. Mobile Systems, Applications, and services (MobiSys), 2011, pp. 141-154.
- [15] K. Park, H. Shin, and H. Cha. (2013, Fed). Smartphone-based pedestrian tracking in indoor corridor environments. Personal and Ubiquitous Computing. 17(2), pp. 359-370.

약 력



허수정

2001년 대구대 정보통신공학과 학사 졸업
 2005년 샌디에고주립대 전자공학과 석사 수료
 2007년 영남대 정보통신공학과 석사 졸업
 2012년 영남대 정보통신공학과 박사 졸업
 2013년 홍콩과학기술대학 초빙연구원
 2013년 영남대 BK21 박사후 연구원
 2013년~2014년 한국과학기술원 위촉연구원
 2014년~현재 영남대 BK21+ 연구교수
 관심분야: 위치정보서비스, 인지신호처리,
 실내/외 측위 추정 기술,
 차세대 위치기반 기술



박용완

1982년 경북대 전자공학과 학사 졸업
 1984년 경북대 전자공학과 석사 졸업
 1989년 뉴욕주립대 전기공학과 석사 졸업
 1992년 뉴욕주립대 전기공학과 박사 졸업
 1996년 영남대 정보통신공학과 교수
 2004년~2009년 지식경제부지원 지역혁신기술센터
 무선멀티미디어 소장
 2008년~2009년 IEEE 이동체공학회 한국지회
 위원장
 2009년 IEEE APWCW 2009 국제학술대회
 조직위원장
 2009년~2017년 (재)경북IT융합산업기술원 원장
 2010년~현재 현대·기아자동차 차량 IT혁신센터
 민간자문위원
 2016년~2017년 5G포럼 생태계분과위원장
 2016년~현재 자동차 기능안전 SW연구센터 센터장
 관심분야: 이동통신, 무선멀티미디어 설계기술,
 무인자동차기술, 스마트카 기술, 차세대
 위치기반 기술