

논문 2009-46TC-4-11

패턴매칭 알고리즘의 측위 성능 분석 및 데이터베이스 구축 알고리즘을 이용한 정확도 향상 방법

(Location Accuracy Analysis and Accuracy Improvement Method of
Pattern Matching Algorithm Using Database Construction Algorithm)

주영환*, 박용완**

(Yeonghwan Ju and Yongwan Park)

요약

현재 위치기반서비스(LBS : Location Based Service)를 위해 사용되고 있는 위치측위 방식은 GPS 기반의 측위 방식과 이동통신망을 이용한 네트워크 기반의 측위 기술들이 있다. 그러나 GPS와 네트워크기반의 측위 방식은 비가시선 효과(NLOS)와 중계기에 의한 전파 지연 발생 때문에 위치측위 정확도가 저하되는 문제점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 현재 CDMA 시스템에서는 패턴매칭(Pattern Matching)알고리즘을 사용한다. 패턴매칭 알고리즘은 GPS에 의한 위치측위 시 측정된 RF 신호의 전파 특성을 측위된 위치와 함께 데이터베이스로 구축하여, 사용자의 측위 요청이 있을 때 수신신호의 전파특성과 데이터베이스를 비교하여 위치를 제공하는 방식이다. 그러나 패턴매칭 알고리즘은 GPS 신호를 수신할 수 없는 음영 지역과 실내에서는 데이터베이스가 구축되어지지 않는다. 패턴매칭 알고리즘은 데이터베이스의 위치 정보가 위치측위를 요청하는 사용자의 위치를 결정하기 때문에 데이터베이스가 구축이 되지 않는 지역에서는 측위정확도의 오차가 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 현재 CDMA 시스템에서 사용하는 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 분석하고 패턴매칭 알고리즘을 이용한 위치측위 시스템의 성능을 향상시키기 위해서 신호세기 예측 알고리즘을 이용하여 현재 구축이 되지 않는 지역의 데이터베이스를 구축하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘으로 데이터베이스가 없는 지역의 신호세기를 예측하여 데이터베이스를 구축한 후 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 분석하였다.

Abstract

Currently, positioning methods for LBS(Location Based Service) are GPS and network-based positioning techniques that use mobile communication networks. In these methods, however, the accuracy of positioning decreases due to the propagation delay caused by the non-line-of-sight (NLOS) effect and the repeater. To address this disadvantage, the CDMA system uses Pattern Matching algorithm. The Pattern Matching algorithm constructs a database of the propagation characteristics of the RF signals measured during the GPS positioning along with the positioned locations, so that the location can be provided by comparing the propagation characteristics of the received signals and the database, upon a user's request. In the area where GPS signals are not received, however, a database cannot be constructed. There are problem that the accuracy of positioning decreases due to the area without a database Because Pattern Matching algorithm depend on database existence. Therefore, this paper proposed a pilot signal strength prediction algorithm to enable construction of databases for areas without databases, so as to improve the performance of the Pattern Matching algorithm. The database was constructed by predicting the pilot signals in the area without a database using the proposed algorithm, and the Pattern Matching algorithm analysed positioning performance.

Keywords : LBS, Pattern Matching Algorithm, One-Slope Model, Pilot Strength

* 학생회원, ** 정회원, 영남대학교 전자정보
공학부 정보통신공학과

(Department of Information and Communication
Engineering, Yeungnam University)

접수일자: 2009년2월10일, 수정완료일: 2008년3월31일

I. 서론

언제 어디서나 네트워크에 접속할 수 있는 유비쿼터

스(Ubiquitous) 시대의 도래에 따라, 위치기반서비스(LBS: Location-Based Services)는 개인, 기업 및 공공 분야에 이르기까지 다양한 형태로 활용 되고 있다. 국내는 무선통신과 인터넷의 발달로 LBS에 대한 기반 인프라 구축 수준이 높아, 위치기반 서비스는 무선인터넷의 새로운 킬러애플리케이션으로 부각되고 있다^[1~4]. 이처럼 그 중요성이 대두 되고 있는 LBS를 활성화시키기 위해서 위치의 정확성과 신뢰성을 보장하는 위치측위 기술이 보장 되어야 한다.

현재 위치기반서비스를 위해서 GPS(Global Positioning System)기반의 위치측위 방식과 이동통신망을 이용한 네트워크 기반의 위치측위 방식이 주를 이루고 있다. GPS 기반의 위치측위 방식은 정확도가 높고 네트워크 부하가 낮은 장점이 있다. 그러나 이를 사용하기 위해서는 단말기에 추가적인 하드웨어와 소프트웨어가 필요하며, 정확한 위치추적이 필요한 도심이나 건물 내 등은 GPS신호의 음영지역이므로 이를 적용하기가 어렵다. 이를 해결하기 위하여 이동통신망을 이용한 네트워크 기반의 측위 기술들이 소개되었다. 네트워크 기반의 위치측위 기술은 기지국 반경 셀(Cell)을 이용한 셀(Cell) ID방식, 두 개 이상의 기지국에서 단말기로 오는 신호의 방향을 측정하여 방위각을 구하고 이것을 이용하여 단말기의 위치를 구하는 AOA(Angle Of Arrival)방식, 세 개의 기지국으로부터 전파도달 시간을 측정하여 신호도달 시간 값에 따른 원들의 교점을 단말기의 위치로 추정하는 TOA(Time Of Arrival)방식, 두 개의 기지국으로부터 신호의 도달 시간차를 계산하여 두 기지국을 정점으로 하는 쌍곡선을 그리게 되고, 쌍곡선 위에 단말기가 위치하게 된다. 따라서 세 개의 기지국으로부터 두 개의 쌍곡선을 얻을 수 있으며 이 쌍곡선의 교점이 단말기의 위치로 결정하는 TDOA(Time Difference Of Arrival)방식 등이 있다^[5~6].

이러한 네트워크 기반의 위치측위 방식은 다음과 같은 문제점이 있다. 셀 ID 방식은 정확도가 셀 반경에 비례하므로 도심에서는 수백 미터에서 교외지역에서는 수키로 미터에 이르는 등 정확성이 매우 부정확하다^[6]. AOA방식은 비가시선 효과(NLOS; Non Line Of Sight)에 의해 큰 오차가 발생하고 특히 기지국과 단말기의 거리가 멀수록 작은 각도 오차가 큰 거리 오차가 발생하게 된다^[5]. TOA, TDOA방식은 비가시선 효과에 의해 전파의 지연이 발생하게 되며 통화 품질의 개선을 위해 설치한 중계기에 의해 전파 지연이 발생하기 때문

에 위치측위 정확도가 저하되는 문제점이 있다^[7~8]. 이러한 단점을 보완하기 위해 현재 CDMA 시스템에서는 패턴매칭(Pattern Matching)알고리즘의 측위 방식을 사용한다. 패턴매칭 알고리즘은 GPS에 의한 위치측위 시 측정된 RF 신호의 전파 특성을 측위된 위치와 함께 데이터베이스로 구축하여, 사용자의 측위 요청이 있을 때 수신신호의 전파특성과 데이터베이스를 비교하여 위치를 제공하는 방식이다. 패턴매칭 알고리즘의 측위 기술은 위치를 측위 하기 전에 반드시 데이터베이스가 구축이 되어야 한다. 그러나 GPS 신호를 수신할 수 없는 건물 내에서는 데이터베이스가 구축되어지지 않는다. 또한 위치측위를 요구하는 지역의 전파환경의 변화가 발생할 때 마다 데이터베이스를 다시 구축해야 하는 문제점이 있다. 패턴매칭 알고리즘은 측위지역에 대한 데이터베이스의 유무와 패턴의 크기에 의해 위치측위 정확도가 결정이 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 전파특성을 이용해서 수신신호의 세기를 예측하고 이를 이용하여 데이터베이스를 구축하는 모델링 방법 등이 있다^[9].

본 논문에서는 현재 서비스 되고 있는 지역에서 CDMA 시스템의 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 분석하고, 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 향상시키기 위해서 신호세기 예측알고리즘을 이용한 파일럿 신호세기(Pilot Strength)를 예측하여 현재 구축이 되지 않은 지역의 데이터베이스를 구축하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 II장에서 현재 CDMA시스템에서 사용하고 있는 패턴매칭 알고리즘에 대하여 기술하고, III장은 기존의 신호세기 예측 알고리즘들을 설명 한다. IV장에서는 신호세기 예측 알고리즘을 이용한 데이터베이스를 구축 방법을 제안하고 V장에서 현재 CDMA 시스템의 위치측위 성능을 분석하고 모의실험을 통해 제안하는 알고리즘의 위치측위 성능을 분석한다. 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 패턴매칭(Pattern Matching) 알고리즘

핑거프린팅(Finger Printing) 방식이라고도 불리는 패턴매칭(Pattern Matching) 방식은 확률적 모델링에 의한 위치 추정 방법으로써 노이즈 및 주위 환경 정보를 위치 추정을 위한 정보로 활용하는 방식이다. 이 방식은 위치를 측위 하려는 지역을 동일한 크기로 분할한

후 각 지역에서 전파의 특성 값을 측정해서 데이터베이스를 만든다. 사용자가 위치측위를 요구할 때 측정된 전파의 특성과 가장 유사한 데이터베이스를 선택하여 패턴의 좌표 값을 사용자의 위치로 추정하는 알고리즘이다^[10~11].

현재 CDMA시스템에서 위치측위를 위해 패턴매칭 알고리즘을 사용하고 있다. 패턴매칭 알고리즘은 그림 1과 같이 위치측위 서비스지역을 정해진 크기의 격자 단위로 분할하고, 각 격자마다 고유정보를 갖는 ID를 부여한다. 여기서 ID의 고유정보는 각 격자 중심점의 위경도 데이터를 포함한다. 그리고 각 지역이 가지는 특성을 패턴으로 패턴매칭의 데이터베이스를 구축 한 후 사용자가 위치측위를 요구할 때 패턴매칭 데이터베이스를 검색하여 측정된 패턴의 특성과 가장 일치하는 데이터베이스를 선택하여 그 결과를 사용자의 위치로 추정하는 방식이다. 이러한 데이터베이스를 이용한 패턴매칭 알고리즘의 측위 방식은 A-GPS로 위치측위를 했을 때 측위 결과의 데이터를 이용해 데이터베이스를 구축하고 업데이트 한다.

CDMA 시스템에서는 GPS수신기를 내장한 이동단말기와 CDMA망 내의 PDE(Position Determination Entity)간에 IS-801인터페이스를 통한 메시지 송수신으로 단말기의 위치를 결정한다. 이때 매 측위 마다 PPM(Pilot Phase Measurement) 메시지를 받고 측위 결과에 대한 위치 정보를 남기게 된다.

수집하는 기본 PPM 데이터들은 IS-801규격에 근거하여 현재 서비스 중인 이동통신 시스템 번호(SID), 이

동통신 네트워크 번호(NID), 기지국 번호(BSID), 현재 서비스 중인 기지국 섹터 번호(Ref_PN), 현재 서비스 중인 기지국 섹터 번호의 파일럿 페이즈(Phase), 파일럿 신호세기(E_c/I_0) 등을 포함한다. 여기서 E_c/I_0 (Energy per chip per interference density)는 파일럿 채널의 칩 에너지 대 간섭밀도의 비를 측정 한 값인데, 이 값은 실제로 파일럿 채널의 신호세기를 나타낸다. 서비스 기지국으로 하는 기지국에서 파일럿 신호를 받는 단말이 위치측위를 요구하면 CDMA망을 통해 PDE로 IS-801규격의 PPM 메시지를 전달하게 된다. 단말기로부터 수신된 PPM정보와 패턴매칭 데이터베이스의 패턴이 가장 비슷한 데이터베이스를 결정하고 결정된 데이터베이스의 위경도 위치정보가 이동단말기의 측위 결과 값이 된다^[8]. 이때, 패턴매칭 데이터베이스로 저장 이 되는 파라미터들은 이동통신 시스템 번호, 이동통신 네트워크 번호, 기지국 번호, 현재 서비스 중인 기지국 섹터 번호, 기지국 섹터 번호의 파일럿 페이즈, 파일럿 신호세기이다. 이러한 파라미터들은 동일한 지점에서 이동단말기에 수신되는 PN번호 별로 데이터베이스가 구축 된다. 패턴매칭 알고리즘에서 이동단말의 측위 결과는 먼저 이동단말로부터 수신된 PPM 정보와 데이터베이스의 이동통신 시스템 번호, 이동통신 네트워크 번호, 기지국 번호, 현재 서비스 중인 기지국 섹터 번호의 정합성을 비교 한 후 후보군을 선별한다. 그리고 이 후보군 중에서 PN별 파일럿 페이즈, 파일럿 신호세기의 정합성을 비교한 후 정합성이 가장 좋은 데이터베이스를 선택하여 그것의 위경도 값을 이동단말기의 위치로 결정한다.

패턴매칭 알고리즘은 시스템 구축이 비교적 간편하고, 주변 환경에 영향을 비교적 적게 받으며, 시간이 지남에 따라 사용자의 데이터베이스를 축적하여 사용하기 때문에 위치측위 정확도가 향상되는 장점을 가진다. 그러나 보다 정확한 위치측위를 위해서 다수의 분할된 지역에 대해 다양한 전파 특성 값을 여러 번 측정해야 하는 문제와 그 지역의 환경이 변화 할 때 마다 측정 지역의 전파특성 값을 다시 측정해야 하는 문제점이 있다. 또한 데이터베이스를 구축할 때, 일정 수 이상의 GPS 신호를 가진 신호만을 사용하여 데이터베이스를 구축하기 때문에 데이터베이스가 생성되어도 건물, 숲속과 같은 음영지역 및 GPS 신호를 수신할 수 없는 지역에서는 데이터베이스가 구축되어지지 않는다.

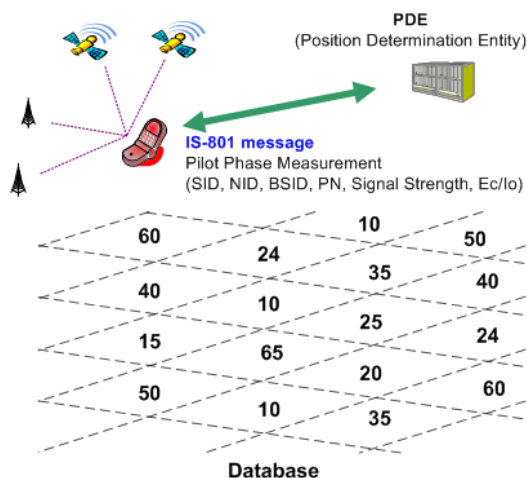


그림 1. 패턴매칭 알고리즘

Fig. 1. Pattern matching algorithm basic concept.

III. 신호세기 예측 알고리즘

현재 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 방식을 사용하는 WLAN 시스템에서는 신호세기 예측을 위해서 One Slope-Model과 Multi-Wall Model을 사용한다. 이 모델들은 측정데이터를 수학적으로 정리한 수식을 사용하기 때문에 신호세기 예측이 간단하고 빠르게 이루어진다. 그러나 신호세기 예측 지역의 고려가 없이 수학적으로 정형화된 모델을 사용하기 때문에 예측하는 신호세기 값이 좋지 않다^[12].

1. One Slope Model

One-Slope 모델은 전파환경에 대한 세부적인 정보 없이 송수신기 사이의 거리만을 이용하여 평균 신호 레벨을 계산하는 가장 단순한 모델이다^[12~13]. 이 때, 경로 손실은 송신기와 수신기 사이의 거리 함수로 표현할 수 있다.

$$P_{OSM} = P_0 + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (1)$$

여기서, $P_{OSM}[dB]$ 는 One-Slope 모델을 사용하였을 경우 경로 손실이며, d_0 는 참고 기준점의 거리(일반적인 경우 참고기준 거리는 1[m]이다), $P_0[dB]$ 는 참고기준 점에서 손실(Reference path loss), n 은 경로 손실 계수(path loss coefficient), $d[m]$ 는 송신기와 수신기 사이의 거리이다. P_0 와 n 은 통신 환경에 따라 각각 다르게 주어진다.

One-Slope 모델은 신호세기를 예측하기 위해 고려해야 하는 변수의 수가 적기 때문에 비교적 간단하게 신호세기를 예측할 수 있다. 그러나 전파 환경의 특성을 정확하게 고려하지 않기 때문에 비교적 정확한 신호세기 추정이 어렵다.

2. Multi Wall Model

Multi-Wall 모델은 자유 공간 손실에 벽과 층을 투과하며 발생한 손실들을 추가적으로 고려하여 신호세기를 예측하는 모델이다^[12~13].

$$P_{MWM} = P_0 + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + P_{wall} + P_{floor} \quad (2)$$

$$P_{wall} = \sum_{i=1}^I a_{wi} k_{wi} \quad (3)$$

$$P_{floor} = a_f k_f \quad (4)$$

여기서, $P_{MWM}[dB]$ 는 Multi-Wall 모델을 사용하였을 경우 경로 손실이며, $P_0[dB]$ 는 참고기준 점에서 손실(Reference path loss), $P_{wall}[dB]$ 는 벽을 투과하며 발생한 신호 손실이며, $P_{floor}[dB]$ 는 건물의 층을 투과하며 발생한 신호의 손실이다. 식 (6)에서 a_{wi} 는 각기 다른 재질의 벽 투과 손실 지수를 나타내며 k_{wi} 는 i 라는 종류의 벽의 개수, a_f 는 층간 전송 손실 지수이며, k_f 는 신호 전송 시 투과하는 층의 수이다. 그리고 n 은 경로 손실 계수(path loss coefficient)이다.

Multi-Wall 모델은 One-Slope 모델에 비하여 다양한 변수들을 고려하기 때문에 비교적 정확한 신호세기 예측이 가능하다. 그러나 신호세기를 예측하기 위해 전파 환경을 정확하게 파악해야 하기 때문에 신호세기를 예측하는 것이 쉽지 않다.

IV. 제안하는 알고리즘

CDMA 시스템의 패턴매칭 알고리즘은 사용자에게 위치 서비스를 제공하기 위해 반드시 데이터베이스를 구축하여야 한다. 이러한 데이터베이스를 이용한 패턴매칭 알고리즘의 측위 방식은 A-GPS방식의 측위 결과를 이용해 데이터베이스를 구축하고 업데이트 한다. 패턴매칭 알고리즘은 데이터베이스 구축을 위해 시간이 많이 소요 되고, 정확도를 향상시키기 위해서 전파특성 값을 여러 번 측정해서 데이터베이스를 구축해야 하며 측정하는 환경이 변할 때 마다 새로운 데이터베이스를 구축해야 한다. 패턴매칭 알고리즘을 이용한 위치측위 방식의 정확도는 데이터베이스의 유무와 데이터베이스를 구축하는 패턴의 크기에 의해 결정된다. 현재 패턴매칭 알고리즘은 GPS 신호를 수신할 수 없는 음영 지역과 실내 지역에서는 현재 데이터베이스가 구축되어 있지 않는 문제점이 있다. 이러한 이유 때문에 현재 CDMA 시스템에서 사용하는 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 정확도의 오차가 발생하게 된다.

본 논문에서는 CDMA 시스템의 패턴매칭 알고리즘을 이용한 위치측위 성능을 향상시키기 위해 파일럿 신호세기를 예측 하여 현재 데이터베이스가 없는 지역의 데이터베이스를 구축하는 알고리즘을 제안한다.

CDMA 시스템은 기지국내에서 동작하고 있는 단말

기의 시간동기 및 위상을 조정하기 위하여 순방향 파일럿 신호를 항상 전송한다. 그러므로 단말기는 서비스 기지국과 주변기지국들의 파일럿 신호를 항상 검출하게 된다. 단말기는 핸드오프나 전력제어를 위해서 주변 기지국들의 파일럿 채널 세기를 측정해서 송신한다. 이를 위해 단말기는 탐색기(Searcher)를 통해 각 파일럿들의 신호세기인 E_c/I_0 를 측정을 하게 된다. 파일럿의 PN코드는 기지국 섹터에 유일하게 할당되어있기 때문에 CDMA 시스템의 패턴매칭 알고리즘의 데이터베이스 구축을 위해서 파일럿 신호세기를 예측 하여 데이터베이스를 구축할 수 있다.

CDMA 시스템에서 패턴매칭 알고리즘의 위치추위 성능을 향상시키기 위해서는 데이터베이스 구축 시간에 소모되는 시간을 줄이며, 실제 측정값에 가까운 데이터베이스를 구축하여야 한다. 기존에 제안된 신호세기 예측 알고리즘은 복잡한 모델링 과정과 낮은 정확도를 가진다. 따라서 본 논문에서는 신호세기 예측 시 기존의 신호세기 예측 모델이 가지는 복잡도를 개선하고 실제 전파 환경 측정을 위한 시간과 노력을 필요로 하는 단점을 개선하는 새로운 신호세기 예측 알고리즘을 이용한 데이터베이스 구축 알고리즘을 제안한다.

제안하는 예측 알고리즘은 전파 환경의 세부 정보 없이 사용이 가능한 One-Slope 모델을 활용하여 경로 손실을 계산하는 과정에서 참고 기준점의 거리(d_0)와 참고 기준점에서의 손실 값(P_0) 대신 실제 환경에서 측정된 참고 기준점의 전파 특성 값을 사용하는 알고리즘이다. Multi-Wall 모델은 앞에서 언급한 바와 같이 고려하는 변수들의 전파특성을 정확히 파악해야 정확한 신호세기를 예측 할 수 있다. WLAN이 사용되는 실내 환경에서는 층간 손실과 벽의 손실을 어느 정도 예측 할 수 있지만, CDMA시스템의 실외 환경에서는 건물들에 의한 손실이 더 많은 영향을 주고 이러한 손실들을 쉽게 예측 할 수 없기 때문에 참고 기준점의 전파 특성만을 사용할 수 있는 One-Slope 모델을 사용하여 데이터베이스 구축 알고리즘을 제안 한다. 또한 기존의 신호세기 예측 모델이 측위 지역과는 상관이 없는 다른 환경에서 측정된 값들을 이용하여 만들어진 수학적 모델링인데 비하여, 제안하는 알고리즘은 측위 지역에서 측정된 신호세기를 이용하기 때문에 측위 대상 지역의 전파 특성을 포함하게 된다.

제안하는 알고리즘은 그림 2와 같이 기지국의 위치 값, 데이터베이스의 위치 값 및 단말기에 수신 되는 파

DB 1 (x_1, y_1)	DB 2 (x_2, y_2)	...	...	...	...	DB 6 (x_6, y_6)
...	...	PDB (x'_1, y'_1)	...	...	PDB (x'_2, y'_2)	...
...
DB 21 (x_{21}, y_{21})	...	...	BS (x_i, y_i)	...	...	PDB (x'_3, y'_3)
...
...
...	PDB (x'_i, y'_i)	...	...	...	...	DB j (x_j, y_j)

BS : Base Station, DB : Data Base, PDB : Prediction DB

그림 2. 신호세기 예측알고리즘을 이용한 제안하는 패턴매칭 데이터베이스 구축 알고리즘

Fig. 2. Proposed pattern matching database construction algorithm using signal strength prediction.

일럿 신호세기 만을 사용하여 측위 지점에서의 파일럿 신호세기를 예측한다. 이 때, 참고 기준점은 기존에 구축된 데이터베이스에 저장되어 있는 파일럿 신호세기 값(E_c/I_0)들을 이용한다. 파일럿 신호를 예측해야 하는 지역에서 i 번째 기지국(BS: Base Station)의 위치를 (x_i, y_i), j 번째 데이터베이스(DB: Data Base)의 위치를 (x_j, y_j), l 번째 파일럿 신호를 예측해야 하는 지점(PDB: Prediction Data Base)의 위치를 (x'_l, y'_l)라고 가정한다. 먼저 그림 2에서 파일럿 신호를 예측해야 하는 지점의 경로 손실을 예측하기 위해 위치 값(위도, 경도)이 정해진 기지국과 기존에 구축된 데이터베이스들의 위치 값(위도, 경도)을 이용하여 두 지점 사이의 거리를 계산 할 수 있다. 기존에 구축된 데이터베이스의 수가 N 개이고, i 번째 기지국으로부터 수신되는 파일럿의 신호세기 예측 지점의 경로 손실은 수식 (4)와 같이 표현 할 수 있다.

$$P_{i-e} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[P_{i-j} + 10n \log \left(\frac{d_{i-p}}{d_{i-j}} \right) \right] \quad (4)$$

여기서, $d_{i-j}[m]$ 는 i 번째 기지국으로부터 j 번째 데이터베이스까지의 거리, $d_{i-p}[m]$ 는 i 번째 기지국으로부터 p 번째 파일럿 신호를 예측해야 하는 지점까지의 거리, 참고 기준점인 $P_{i-j}[dB]$ 은 i 번째 기지국으로부터 j 번째 데이터베이스의 경로 손실이며, n 은 경로 손실 계수

이다. 이때, 파일럿 신호세기 예측을 위해 사용되는 참고 기준점 $P_{i,j}[dB]$ 는 기존에 구축되어 있는 패턴매칭 데이터베이스의 파일럿 신호세기를 사용한다.

V. 모의실험 및 결과

1. 모의실험 환경

제안하는 알고리즘을 이용하여 패턴매칭 데이터베이스 구축을 위해서 실험지역을 현재 CDMA 망을 사용하고 있는 과밀집 도심지역(dense urban)과 부도심지역(sub urban)으로 구분하였다^[14]. 도심지역은 셀 반경이 1km 이내인 대구광역시의 도심지역, 부도심지역은 셀 반경이 1 ~ 2km인 경산지역으로 설정하였다. 그림 3과 그림 4는 약 $500m \times 500m$ 크기의 실험 지역에서 실

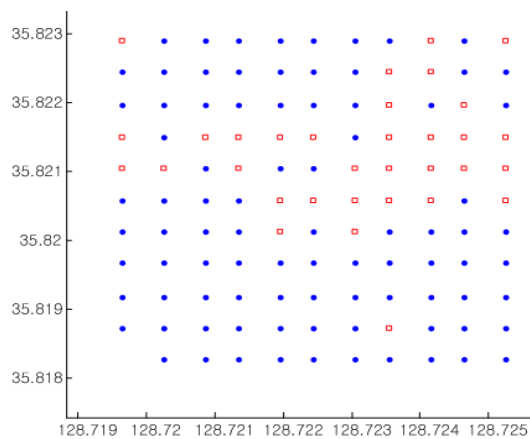


그림 3. 실험지역 과밀집 도심(대구광역시 수성동)
Fig. 3. Experiment area dense urban (Daegu susung-dong).

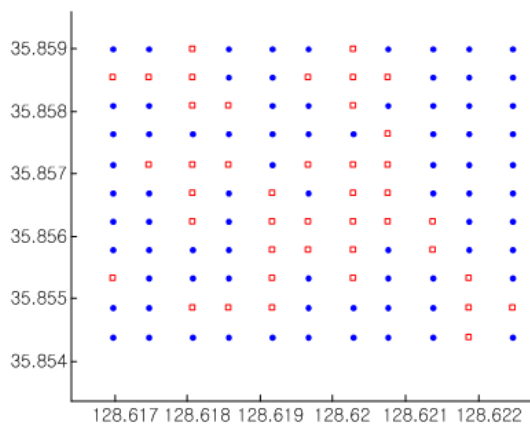


그림 4. 실험지역 부도심(경산시 옥산동)
Fig. 4. Experiment area suburban (Gyeongsan Oksan - dong).

제 패턴매칭 데이터베이스를 표시한 것이다. 실험지역에 수신되는 Ref_PN(현재 서비스 중인 기지국의 섹터 번호)의 개수는 대구에서는 6개 경산에서는 1개이다.

그림 3과 그림 4에서 원으로 표시된 점은 실제 패턴매칭의 데이터베이스 이고 사각형의 점은 제안하는 알고리즘을 이용하여 예측 하고자 하는 지점의 데이터베이스이다. 그림의 X축은 경도를, Y축은 위도를 나타낸다. 실제 데이터베이스의 간격은 약 50m정도이며 예측하는 데이터베이스 역시 기존의 데이터베이스와 같은 간격으로 파일럿의 신호세기 예측 지점을 설정하였다.

2. 기존의 패턴매칭 알고리즘의 성능 분석

현재 CDMA시스템의 패턴매칭 알고리즘의 성능을 알아보기 위해 SK 텔레콤이 상용 서비스로 제공 중인 “내 위치 조회 서비스”를 통해 실제 환경에서 패턴매칭 성능을 분석 하였다. 실제 측정 지역은 모의실험 환경 지역이며 각각의 지역에서 임의의 10개의 지점에서 10회 측정하였으며 이노와이어리스(innowireless)사의 OPTis Analyzer 소프트웨어를 이용하여 위도, 경도 값을 얻어 위치측위 정확도를 계산 하였다.

그림 5는 실험지역인 대구광역시 수성구 수성동과 경상북도 경산시 옥산동에서 위치측위 한 결과이다. 여기서 X축은 실험지역, Y축은 위치측위 정확도이다. 대구광역시 수성동에서 평균 314.28m, 1σ (67%) 신뢰도 검증에서 349.84m, 2σ (95%) 신뢰도 검증에서는 447.24m의 위치측위 정확도를 보였다. 경산시 옥산동에서는 평균 326.62m, 1σ (67%) 신뢰도 검증에서 349.45m, 2σ (95%) 신뢰도 검증에서는 411.99m의 위치측위 정확도를 보였다.

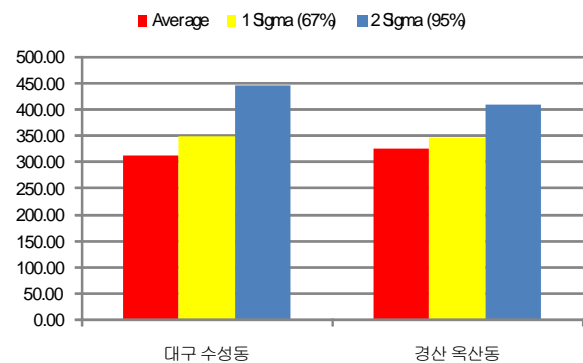


그림 5. 실제 환경에서 패턴매칭 알고리즘의 성능 분석
Fig. 5. Pattern matching algorithm performance analysis in real area.

3. 제안하는 알고리즘을 이용한 패턴매칭 성능 분석

실험지역의 데이터베이스가 없는 곳에서 제안하는 알고리즘을 이용하여 데이터베이스를 구축 하였다. 데이터베이스를 구축하는 지점은 그림 3과 그림 4에서 사각형의 점 들이다. 식 (4)에서 경로 손실 계수(n)는 환경에 따라 다르게 설정 하였다^[15]. 실제 패턴매칭 데이터베이스는 그 지점에서 수신이 되는 PN 번호에 따라서 각각 데이터베이스가 구축이 되어 있다. OPTis Analyzer 프로그램을 이용하여 CDMA 네트워크 필드에서 측정하여 얻어진 데이터를 분석 한 결과 실험 지역인 대구광역시 수성동에서는 Ref PN이 6개, 경산시 옥산동에서는 Ref PN이 1개가 수신이 되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 식 (4)를 이용하여 데이터베이스를 구축 할 때 각각의 실험지역에서 수신 되는 PN 번호에 따라 데이터베이스를 구축 하였다.

파일럿 신호세기를 예측할 때 참고 기준점으로 사용하는 값은 실험지역의 실제 패턴매칭 데이터베이스의 파일럿의 신호세기인 E_c/I_0 를 사용 하였다. 그리고 실험 환경에서 데이터베이스가 미 구축된 지역의 크기가 기존에 구축된 데이터베이스의 간격보다 넓은 지역이 많이 존재하기 때문에 데이터베이스를 구축할 때 사용되는 참고 기준점의 개수는 예측 지점으로부터 200m이내, 100m이내, 가장 가까운 2개, 가장 가까운 1개의 참고 기준점인 데이터베이스 값을 사용하였다. 따라서 데이터베이스구축을 위해 실험 지역 내에서 예측 지점으로부터 200m이내의 참고 기준점을 사용, 예측 지점으로부터 100m 이내의 참고 기준점을 사용, 예측 지점으로부터 가장 가까운 2개의 참고 기준점과 가장 가까운 1개의 참고 기준점을 사용해서 데이터베이스를 구축하였다. 표 1은 실험 지역에서 참고 기준점의 개수에 따른 신호 예측 값과 실제 측정값의 차이를 비교한 것이다.

이동통신 채널 환경에서 전파는 여러 가지 간섭요인

표 1. 참고 기준점의 개수에 따른 신호세기 예측 값과 실제 측정값의 차이(단위: dB)

Table 1. Difference of Prediction value and experiment value(unit: dB).

	Prediction (200m이내)	Prediction (100m이내)	Prediction (2개)	Prediction (1개)
대구 수성동	1.73	1.46	1.75	2.1
경산 옥산동	1.14	1.13	1.45	1.7

에 의해서 감쇄된다. 표 1에서 예측 지점으로부터 100m 이내의 참고 기준점을 이용했을 때 신호세기 예측 값과 실제 측정값 사이의 차이가 대구 수성동에서 1.46dB, 경산 옥산동에서 1.13dB로 가장 작았다. 이는 참고 기준점의 수가 증가함에 따라 불완전한 전파 환경을 보상하여 주기 때문이다. 그러나 신호를 예측 할 때 사용하는 참고 기준점의 수가 늘어날수록 신호세기 예측 값과 실제 측정값의 차이가 줄어드는 것은 아니다. 많은 참고 기준점을 사용하면 전혀 다른 지점의 신호가 포함되기 때문에 신호세기 예측 값의 오차가 커지게 된다. 또한 예측지점과 가까운 곳의 참고 기준점을 사용 한다고 해도 이동통신 채널의 특성에 의해 많이 왜곡된 신호를 사용 할 수 있으므로 오차가 많이 발생 하게 된다.

다음으로 기존의 패턴매칭 알고리즘과 제안하는 알고리즘으로 데이터베이스를 구축한 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 비교 하였다. 이를 위하여 실험 지역에서 측정된 데이터를 컴퓨터 시뮬레이션으로 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 시스템을 구성 하였다. 이때 단말기의 위치는 데이터베이스가 없는 임의의 10개 지역에 위치하고 실제 기지국에서 수신되는 파일럿의 신호세기인 E_c/I_0 를 측정하여 모의실험을 하였다. 단말기로부터 측위 요청이 있으면 현재 서비스 중인 이동통신 시스템 번호, 이동통신 네트워크 번호, 기지국 번호, 현재 서비스 중인 기지국 섹터 번호, 서비스 중인 기지국 섹터 번호의 파일럿 페이즈, 파일럿 신호세기를 추출하고, 이 중에서 이동통신 시스템 번호, 이동통신 네트워크 번호, 기지국 번호, 파일럿 페이즈는 신호세기를 예측하여 구축된 PN 번호에 따라서 각각 동일하다고 가정하였다. 그리고 실제 측정된 파일럿 신호세기 만을 제안하는 알고리즘으로 구축한 데이터베이스 값과 비교하여 정합성이 가장 좋은 데이터베이스의 위경도 값을 단말기의 위치로 결정하게 되는 측위 시스템을 구성 하였다. 실제 패턴매칭 데이터베이스의 파라미터 중에서 파일럿 신호세기를 제외한 이동통신 시스템 번호, 이동통신 네트워크 번호, 기지국 번호, 파일럿 페이즈는 PN번호에 따라서 값이 결정 된다.

그림 6과 그림 7은 실험지역에서 기존의 패턴매칭 알고리즘과 제안하는 알고리즘을 이용한 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 비교 한 것이다. 대구광역시의 수성동의 실험지역에서 제안하는 파일럿 신호세기 예측 알고리즘으로 데이터베이스를 구축한 후 위치측위 정확도는 기존의 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 정확도 보

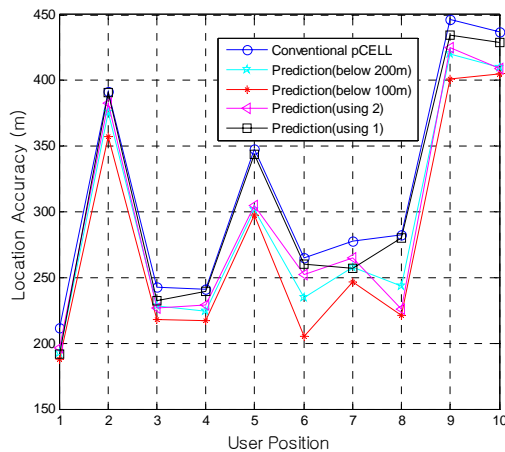


그림 6. 제안하는 알고리즘을 이용한 패턴매칭 알고리즘의 성능 분석(대구광역시 수성동)

Fig. 6. Pattern matching algorithm performance analysis using proposed algorithm (Daegu susung-dong).

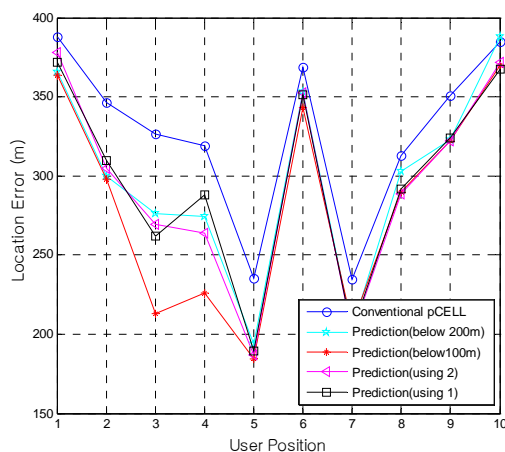


그림 7. 제안하는 알고리즘을 이용한 패턴매칭 알고리즘의 성능 분석(경산시 옥산동)

Fig. 7. Pattern matching algorithm performance analysis using proposed algorithm (Gyeongsan Oksan - dong).

다 예측 지점으로부터 200m이내의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 25.54m (8.13%), 예측 지점으로부터 100m 이내의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 38.63m (12.29%), 예측 지점으로부터 가까운 2개의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 22.60m (7.19%), 예측 지점으로부터 가까운 1개의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 8.43m (2.68%)의 위치측위 성능이 향상되었다. 그리고 경산시 옥산동의 실험지역에서는 예측 지점으로부터 200m이내의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를

구축 했을 때 평균 28.79m (8.81%), 예측 지점으로부터 100m 이내의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 45.09m (13.80%), 예측 지점으로부터 가까운 2개의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 32.77m (10.03%), 예측 지점으로부터 가까운 1개의 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스를 구축 했을 때 평균 30.84m (9.44%)의 위치측위 성능이 향상되었다.

제안하는 알고리즘은 실제 전파 환경의 신호세기를 사용하여 파일럿 신호세기를 예측하기 때문에 신뢰성 있는 데이터베이스를 구축 할 수 있다. 또한 데이터베이스에 저장된 신호세기 값이 정확하고 모든 지역에 데이터베이스가 구축 될수록 단말기의 위치를 측위 할 때 측위 오차를 줄일 수 있다. 그러므로 제안하는 알고리즘을 사용하여 위치측위를 할 때 기존의 CDMA 시스템의 패턴매칭 알고리즘 보다 향상된 측위 정확도를 제공할 수 있다.

VI. 결 론

현재 CDMA시스템에서 네트워크 기반의 측위 방식 중 패턴매칭 알고리즘을 사용하고 있다. 패턴매칭 알고리즘은 시스템 구축이 비교적 간편하고, 주변 환경에 비교적 영향을 적게 받으며, 시간이 지남에 따라 사용자의 데이터베이스를 축적하여 사용하기 때문에 위치측위 정확도가 향상되는 장점을 가진다. 그러나 측위에 앞서 서비스 지역에 데이터베이스를 반드시 구축해야 하며, 초기 설정된 데이터베이스의 유무와 패턴 크기에 따라 위치측위 성능의 한계점을 가진다. 또한 사용자의 정보를 이용하여 데이터베이스를 구축할 때, 일정 수 이상의 GPS 신호를 가진 신호만을 사용하여 데이터베이스를 구축하기 때문에 GPS신호가 수신되지 않는 음영 지역이나 실내에서는 데이터베이스가 구축되지 않는다. 현재 위치측위 요청 호의 60 ~ 70%이상이 실내에서 발생하기 때문에 측위 오차가 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 CDMA시스템의 기존에 구축되어 있는 데이터베이스를 사용하여 데이터베이스가 없는 지역의 파일럿 신호세기를 예측하여 데이터베이스를 구축한 후 CDMA 시스템의 패턴매칭 알고리즘의 위치측위 성능을 향상 시켰다.

제안하는 파일럿 신호세기 예측 알고리즘으로 데이터베이스를 구축 할 때 주변의 지점과 수신신호세기의

오차범위를 줄인다면 좀 더 정확한 데이터베이스를 구축 할 수 있고 이로 인한 CDMA 시스템의 위치측위 성능이 좀 더 향상이 될 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] A. H. Sayed, A. Tarighhat, "Networked-based wireless location: Challenges faced in developing technique for accurate wireless location information," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 24-40, Jul 2005.
- [2] 이성호, "부상하는 위치기반 서비스(LBS)," 삼성경제연구소, 제615호, 2007년 8월
- [3] 김선미, 박용완, "차세대 위치기반서비스 측위기술," *한국통신학회지*, 제23권 제6호, 83-98쪽, 2006년 6월
- [4] 박용완, 김선미, 최희동, 한규영, 조채환, "이동통신망에서 LBS를 위한 위치측위 기술," *대한전자공학회 텔레콤*, 제22권 제2호, 46-54쪽, 2006년 12월
- [5] James J. Caffery Jr., "Wireless Location in CDMA Cellular Radio systems," Springer, October 1999.
- [6] E. Trevisani, A. Vitaletti, "Cell-ID location technique, limits and benefits: an experimental study," *IEEE workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 51-60, Dec 2004.
- [7] H Tang, Y Park, T Qiu, "A TOA-AOA-Based NLOS Error Mitigation Method for Location Estimation," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, pp. 14, 2008.
- [8] 김궁태, 한규영, 조채환, "pCELL Network 기반 솔루션을 이용한 측위 성능 향상에 대한 연구," *Telecommunication Review*, 제18권, 제2호, 239-247쪽, 2008년 4월
- [9] X. Chai, Q. Yang, "Reducing the Calibration Effort for Probabilistic Indoor Location Estimation," *IEEE Transaction on Mobile Computing*, Vol. 6, No. 6, pp. 649-662, Jun 2007.
- [10] B. Li, J. Barnes, C. Rizos, D. Li, "Probabilistic Algorithm to Support the Fingerprinting Method for CDMA Location,"
- [11] 김학용, "무선랜 기반 위치정보 서비스," *Telecommunication Review*, 16권 4호 580-590쪽, 2006년
- [12] Widyawa, M. Klepal, D. Pesch, "Influence of Predicted and Measured Fingerprint on the Accuracy of RSSI-based Indoor Location System," *IEEE WPNC'07*, pp. 145-151 Mar 2007.
- [13] COST231 Final Report, Digital Mobile Radio: COST231 View on the Evolution towards 3rd Generation Systems, European Commission /COST Telecommunications, Brussels, 1998
- [14] 박용완, 홍인기, 최정희, *이동통신공학*, 생능출판사, 268쪽, 2005년
- [15] Theodor S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice* 2nd Edition, pp. 139, 2002.

저 자 소 개



주 영 환(학생회원)
2007년 영남대학교
정보통신공학과 학사.
2007년~현재 영남대학교 정보통신공학과 석사 과정.
<주관심분야 : 위치측위기술, 이동통신, UWB>



박 용 완(정회원)-교신저자
1982년 경북대학교 전자공학과 학사.
1984년 경북대학교 전자공학과 석사.
1989년 SUNY at Buffalo. 전자공학과 석사.
1992년 SUNY at Buffalo. 전자공학과 박사.
1992년~1993년 캘리포니아 공과대학 Research Fellow.
1994년~1996년 SK Telecom 기술연구부장.
1996년~현재 영남대학교 전자정보공학부 교수.
2000년~2000년 NTT DoCoMo 연구소 초빙교수.
2003년~2004년 UC Irvine 방문교수.
2004년~현재 영남대학교 지역기술혁신 센터장.
2006년~현재 (사)대한임베디드 공학회 총무이사.
2008년~현재 IEEE VTS 한국위원장.
<주관심분야 : 이동통신, 차세대 통신시스템, 위치측위기술>