

LBS를 위한 새로운 측위오차 보정 기법

박영식*, 황유민*, 김진영*

Novel Compensation Method of Positioning Error for LBS

Young Sik Park*, Yu Min Hwang*, Jin Young Kim*

요 약

최근 위성항법장치를 활용한 GPS(Global Positioning System)를 통해 위성에서 보내는 위치정보를 이용하여 사용자에게 다양한 서비스를 제공하는 위치기반서비스가 이뤄지고 있다. 하지만 위성신호의 특성상 고층 건물이 밀집되어 있는 도심과 같은 지역에서는 반사, 굴절로 인해 오차를 가진 위치정보를 얻게 된다. 본 연구과제는 GPS 위치신호 오차를 보정하기 위해 사용자의 이동방향 정보의 방향벡터를 계산하여 분산된 위치좌표를 방향벡터 위로 보정하는 후처리 알고리즘을 제안하고자 한다. 도심지역에서의 차량주행 실험을 통하여 기존 GPS 보다 평균 11.1m(43%)의 정확도 향상을 통하여 제안한 후처리 알고리즘의 우수성을 입증하였다.

Key Words : Global Positioning System, Global Navigation Satellite System, Location based service, Direction Vector, Dilution of Precision

ABSTRACT

Recently, users have been receiving LBS(Local Based Service) which provides various services. The LBS uses positioning information from satellites with using GPS(Global Positioning System). However, due to satellite signal's characteristics which are reflection and refraction in urban areas, users get unexpected positioning information error, especially if there are so many tall buildings in a small area. To solve this problem, this paper offers a post-processing algorithm. It is consisted of users' direction vectors and positioning information. The positioning information with error is designed to be put on the direction vector. Through a car driving test in urban areas, we've got 11.1m(43%) improved result and demonstrated the superiority of its algorithm.

I. 서 론

최근 스마트폰, PAD, 노트북 등과 같은 휴대 단말기 보급의 증가와 함께 휴대 단말기에 이동통신망이나 위성기반 항법 장치(GPS, Global Positioning System)와 연결되는 칩을 부착하여 이를 이용한 이용자의 위치정보를 바탕으로 이용자에게 각종 위치기반서비스(LBS, Location Based Service)가 제공되고 있다. LBS란 위치정보를 이용한 서비스로서, 이동통신 기지국이나 GPS를 통해 얻은 위치정보를 활용하여 각 이용자의 상황과 위치에 맞는 다양한 서비스를 제공하는 시스템이나 서비스를 말한다. LBS는 크게 위치추적 서비스, 안전 및 보안 서비스, 주변지역 정보제공 서비스, 광고 및 상거래 응용 서비스, 교통 및 항법 응용 서비스로 구분 할 수 있다. 위치 정보를 얻기 위해서 사용되는 측위기술에는 적외

선, 초음파, RF, RFID, UWB, WLAN, CDMA, Bluetooth, OFDM, Vision, Soudg, ZigBee 등을 이용한 기술들이 있다. 이 중에서 위성 신호를 기반으로 위치를 계산하는 GPS가 가장 많이 사용이 되고 있다[1-2].

GPS 방식은 위성에서 보내는 위치정보를 휴대폰에 내장된 칩을 통하여 읽어 기지국에 알려주는 방식으로 셀 방식 이후 등장한 서비스 이다. GPS는 1973년부터 군사용을 목적으로 미국 국방성에서 개발되기 시작하였다. 당시 민간인이 사용할 수 없던 GPS는 1983년 대한항공 여객기가 소련의 영공을 침범하여 격추된 사건을 계기로 1990년부터 민간인이 사용할 수 있게 되었다. 초기에는 민간인들의 정확한 GPS 시스템 사용을 방지하기 위해 GPS 신호에 고의적 오차(S/A, Selective Availability)라는 신호를 발생시켜 위치측정의 정확도를 낮춰 제공했었지만, 2000년부터 S/A 발생의 중단을

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.(NIPA-2013-(H0301-13-1005)

*광운대학교 전자융합공학과 유비쿼터스시스템연구실 (youngsik@kw.ac.kr, yumin@kw.ac.kr, jinyoung@kw.ac.kr)

접수일자 : 2013년 5월 16일, 수정완료일자 : 2013년 6월 17일, 최종 게재확정일자 : 2013년 6월 24일

통해 민간인들에게 정밀도가 30m 이내인 GPS 서비스를 제공 할 수 있게 되었다. 하지만 위성신호를 이용하는 GPS의 특성상 높은 건물이 모여 있는 도심 밀집 지역이나 숲과 같은 장애물이 많은 지역에서는 위성으로부터 수신된 신호가 굴절, 반사되어 오차를 가진 위치정보를 얻게 된다. 이러한 오차를 해결하기 위해 다양한 기술이 활발히 연구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 사용자의 방향벡터를 이용한 후처리 알고리즘 적용을 통하여 위성으로부터 수신된 오차를 가진 위치좌표를 방향벡터 위로 보정하여 보다 신뢰성 있는 위치 정보를 얻고자 한다.

본 논문에서 II장에서는 벡터합을 이용한 방향 벡터의 의미와 GPS의 위치인식의 방법과 종류에 대해 알아볼 것이다. 또한 III장에서 앞서 소개한 방향벡터를 이용한 위치정보 후처리 알고리즘을 소개한 후 IV장에서 후처리 알고리즘을 적용하여 구현한 위치인식 성능을 분석할 것이다. 마지막으로 V장에서 본 논문의 결론을 내고 마친다.

II. 관련 측위 기술

2.1 A-GPS (Assisted GPS)

A-GPS는 NASA에서 제안한 방식으로 보조 서버인 A-GPS를 이용한다. A-GPS를 통해 기존의 GPS 시작 속도를 향상시키고, 수신 환경이 열악한 경우에도 향상된 위치 정보를 얻을 수 있다. A-GPS의 구조는 그림 1에서 볼 수 있듯이 사용자 단말(UE, User Equipment), 무선망, 기준 수신기 (Reference Receiver) 등으로 이루어져 있다. 보조 서버인 A-GPS는 단말의 위치를 알기 위하여 GPS 위성과 무선망을 이용하여 사용자의 위치에 대한 정보를 얻는다. A-GPS는 기존의 GPS 신호를 통해 자신의 위치를 인식하고 있고, 단말의 신호를 분석하기 위한 충분한 컴퓨팅 파워가 있기 때문에 단말의 위치를 파악할 수 있다. 이를 통해 위성의 궤도 정보를 제공해 단말이 신속하고 정확하게 GPS 신호를 잡을 수 있게 해준다.

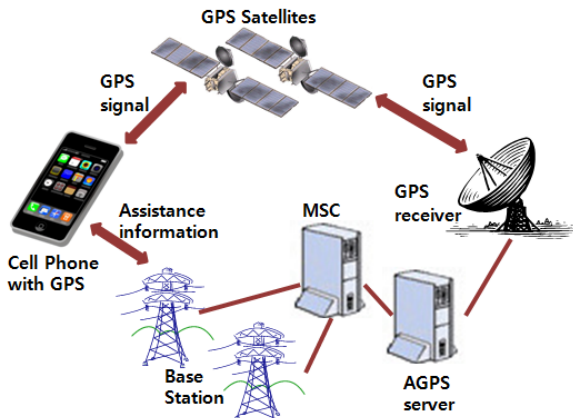


그림 1. A-GPS를 이용한 실외 측위기법

또한 이 보조서버는 GPS 신호의 오차에 영향을 미치는 전리층 상태 등에 대해 정확하게 측정할 수 있기 때문에 단말이 이를 이용해 측위성능을 크게 향상시킬 수 있다.[3-4]

2.2 GPS와 WiFi의 혼합 측위

높은 건물들이 밀집되어 있는 도심지역에서 GPS의 위치 신호 오차를 줄이기 위해 GPS와 WiFi를 이용한 측위 기술을 혼합한 측위방법이 있다. WiFi는 타 RF 기술에 비해 측위기술과 네트워크 인프라의 경쟁력을 보유하고 있다. 이와 같은 측위기술을 결합하여 정확성을 높이고, 신뢰성 및 서비스 구역 등의 문제들을 해결할 수 있다. 이와 같은 혼합 측위 방식을 Hybrid 측위기술이라 한다. WiFi를 이용한 측위 방식은 기억 기반 추론기법 중에 하나인 K-Nearest neighbor(KNN) 알고리즘과 같은 RSSI(Received Signal Strength Intensity) 기반과 Fingerprint 기법을 이용하여 Radio map을 구성하여 위치 오차를 줄이는 방법을 사용하고 있다. 위성신호 수신이 원활한 실외에서는 GPS를 이용하고 사용자가 실내에 진입하는 순간 WiFi를 이용해서 측위를 시작하여 실내와 실외 상관없이 위치정보를 받을 수 있다. 최근의 휴대 단말기에는 GPS와 WiFi를 위한 하드웨어를 모두 갖추고 있어 두 측위기술의 결합이 용이할 뿐만 아니라 각 측위기술의 상호보완을 통해 신뢰성 있는 측위 결과를 기대할 수 있다.

2.3 DOP (Dilution of Precision)

단독측위나 동적 측위에 있어서 고품질의 측위결과를 얻기 위해서는 가시위성의 기하학적 배치가 매우 중요한 요소로 작용한다. DOP의 값은 위성의 기하학적 배치상태에 따른 해법들의 수학적인 질을 표현하는 기능으로 관측위성수가 적거나 Elavation angle이 클수록 값이 커지게 되며 값이 커질수록 결과는 나빠지게 된다. DOP의 측정은 GPS 위성파 수신시간의 기하학적 배치상황을 이용하는데 수학적 접근은 design matrix A로부터 유도할 수 있다. 먼저 4개의 위성에 대한 특별한 경우를 고려하면 식 1과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} \frac{X^1(t) - X_{i0}}{\rho_{i0}^1(t)} & \frac{Y^1(t) - Y_{i0}}{\rho_{i0}^1(t)} & \frac{Z^1(t) - Z_{i0}}{\rho_{i0}^1(t)} \\ \frac{X^2(t) - X_{i0}}{\rho_{i0}^2(t)} & \frac{Y^2(t) - Y_{i0}}{\rho_{i0}^2(t)} & \frac{Z^2(t) - Z_{i0}}{\rho_{i0}^2(t)} \\ \frac{X^3(t) - X_{i0}}{\rho_{i0}^3(t)} & \frac{Y^3(t) - Y_{i0}}{\rho_{i0}^3(t)} & \frac{Z^3(t) - Z_{i0}}{\rho_{i0}^3(t)} \\ \frac{X^4(t) - X_{i0}}{\rho_{i0}^4(t)} & \frac{Y^4(t) - Y_{i0}}{\rho_{i0}^4(t)} & \frac{Z^4(t) - Z_{i0}}{\rho_{i0}^4(t)} \end{bmatrix} c \quad (1)$$

각 행의 처음 세 개의 요소는 단위벡터 $\rho_i^j(j=1,2,3,4)$ 의 성분을 나타내며, ρ_i^j 는 4개의 각 위성에서 관측점 i 에 대한 방향을 가지고 있다. DOP는 정규방정식의 역행렬을 이용하여 계산이 가능하다. Cofactor matrix인 Q_X 는 식 2로부터 구할 수 있다.

$$Q_X = (A^T A)^{-1} \quad (2)$$

이 경우 가중치 행렬은 단위행렬로 가정되었다. Cofactor matrix Q_X 는 4x4 행렬로 표현되는데, 여기서 3개의 요소는 관측점의 위치 X, Y, Z에 의해 나타나며, 나머지 1개의 성분은 수신기 시작에 의하여 나타난다. Cofactor matrix Q_X 의 요소는 식 3과 같다.

$$Q_X = \begin{bmatrix} q_{XX} & q_{XY} & q_{XZ} & q_{Xt} \\ q_{XY} & q_{YY} & q_{YZ} & q_{Yt} \\ q_{XZ} & q_{YZ} & q_{ZZ} & q_{Zt} \\ q_{Xt} & q_{Yt} & q_{Zt} & q_{tt} \end{bmatrix} \quad (3)$$

행렬 Q_X 의 대각요소를 이용하여 아래의 DOP를 정의할 수 있다.

GDOP(Geometric Dilution of Precision) = $\sqrt{q_{XX} + q_{YY} + q_{ZZ} + q_{tt}}$

PDOP(Position Dilution of Precision) = $\sqrt{q_{XX} + q_{YY} + q_{ZZ}}$

TDOP(Time Dilution of Precision) = $\sqrt{q_{tt}}$

위의 DOP의 종류 이외에도 더 많은 DOP의 종류가 존재하며, DOP의 의미는 머리글자를 보고 구분이 가능하다. DOP의 수치는 낮을수록 좋으며 2보다 적으면 매우 우수, 2~3의 값을 가지면 우수, 4~5의 값을 가지면 보통, 6이상이면 정밀측위에 부적합한 수치로 분류된다. 일반적인 3차원 위치 측정시에는 PDOP을 가장 많이 고려하여 사용하게 된다 [5-6].

III. 시스템 모델

3.1 방향벡터를 이용한 측위오차 보정 알고리즘

방향벡터를 이용한 측위오차 보정 방법은 기존의 GPS 단독방법에 방향벡터를 이용한 후처리 과정이 추가된 형태로 구현되었다. GPS 위성으로부터 수신된 위치정보 신호를 이용하여 계산된 위치 벡터로부터 사용자의 이동방향에 대한 방향벡터를 얻고 이후 새롭게 수신되는 위치정보를 받아 방향벡터 위로 보정한다. 아래의 그림 2는 방향벡터를 이용한 측위오차 보정 알고리즘을 나타낸다. 측위오차 보정 알고리즘은 위치 벡터 계산을 위한 위치정보 수신 단계, 위치 벡터를 이용한 방향 벡터 획득 단계, 기준 값과의 비교를 통한 최종 위치 보정 단계로 구성된다.

3.2 방향벡터 획득 및 위치보정

본 논문은 사용자의 이동방향에 대한 방향벡터를 획득하기 위해서 위치벡터를 이용하였다. GPS 인공위성으로부터 수신된 사용자의 위치정보를 기반으로 각 좌표를 입력받아

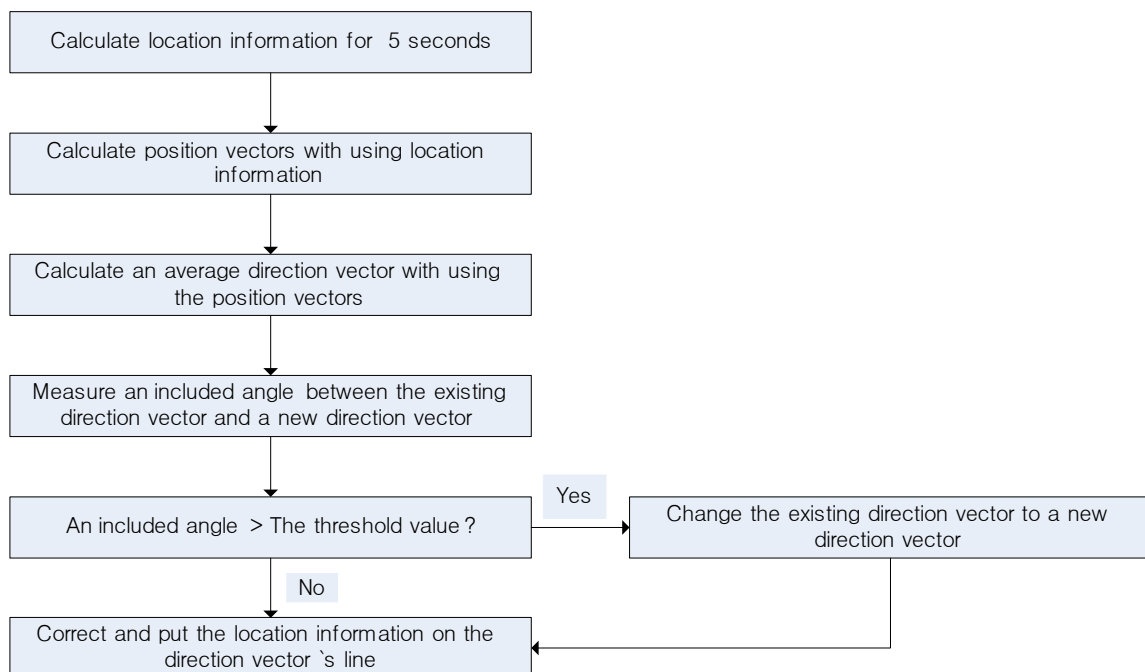


그림 2. 방향벡터를 이용한 측위오차 보정 알고리즘

좌표들의 합을 통하여 방향벡터를 획득 할 수 있다. 사용자의 정확한 이동방향을 알기 위해서 방향벡터의 원점이 되는 벡터의 시점이 중요하다. 신뢰성 있는 방향벡터의 시점을 설정하기 위해 2 이하의 PDOP를 갖는 좌표를 기준으로 사용자의 위치 좌표를 원점 좌표로 설정하고, 초기단계에 수신된 5초간의 위치좌표들은 각 좌표들이 갖고 있는 PDOP 수치에 따라 가중치를 다르게 설정하여 방향벡터에 대한 신뢰도를 높인다. 이후 수집된 위치정보들은 방향벡터와의 거리오차의 비교를 통해 방향벡터 위로 보정되어 보다 높은 정밀도를 갖는 위치 정보값을 사용자에게 제공하게 된다.

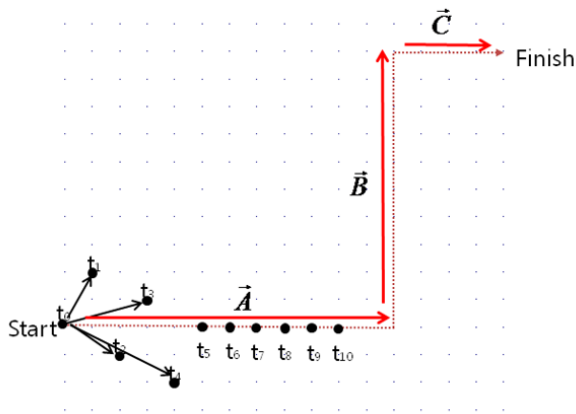


그림 3. 사용자 이동방향에 따른 위치보정

위 그림 3은 사용자의 이동방향에 대한 방향 벡터를 통해 오차를 가진 위치좌표에 대한 보정 방법을 나타낸다. 그림 3에서 굵은 점선의 화살표가 사용자의 이동 방향을 나타낸다면 처음 5초 동안 수신된 위치정보를 이용해 사용자가 이동하려는 목적지에 대한 방향벡터 \vec{A} 를 구하게 된다. 이렇게 구해진 방향 벡터를 기준으로 새롭게 수신된 오차를 가진 위치정보들은 방향 벡터 \vec{A} 와의 거리 비교를 통해 방향벡터 위로 보정한다. 이때, 1초를 주기로 사용자의 방향벡터 업데이트를 통하여 사용자의 방향전환에 대한 정보를 얻을 수 있다. 기존의 방향벡터와 새로운 방향벡터 사이의 사잇각 비교를 통하여 일정 각도 이상이 되면 기존 방향벡터 대신 새로 갱신된 방향벡터를 기준으로 삼아 위치좌표를 보정하게 된다.

$$\cos\theta = \frac{a \cdot b}{|a||b|} \quad (4)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{a \cdot b}{\sqrt{a \cdot a} \sqrt{b \cdot b}}\right) \quad (5)$$

두 벡터의 사잇각은 식 5를 통해 계산하고 Threshold value와 비교한다. 위 그림 3에서 기존의 방향 벡터 \vec{A} 와 새롭게 갱신된 방향 벡터 \vec{B} 의 사잇각이 일정 Threshold value 이상으로 벌어지게 되어 방향벡터 \vec{A} 를 새로운 방향벡터 \vec{B}

로 최신회 시켜준다. 이후 수신된 위치정보들은 새로운 방향 벡터 \vec{B} 를 기준으로 위치보정 하게 된다.

IV. 성능평가 및 분석

4.1 방향벡터를 이용한 위치보정 성능분석

GPS로부터 수신된 오차가 있는 위치좌표를 보정하기 위해 사용자의 방향벡터를 이용한 위치보정 후처리 기법을 수행하였다. 유동인구가 많고 높은 건물이 밀집되어 있는 도심에서의 위치보정을 목적으로 하여, 이를 모두 충족시키는 장소인 도심지역에서 차량주행실험을 수행하였다. 위치보정 후처리 기법의 성능 향상을 평가하기 위해서 GPS 만을 이용한 경우의 위치해와 비교하였다.

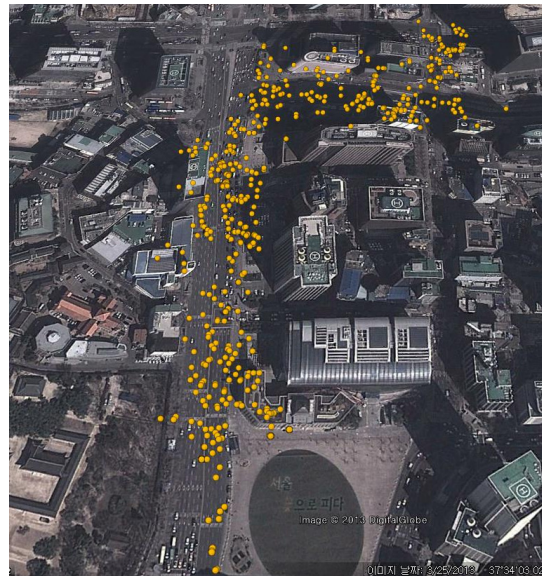


그림 4. GPS 단독 항법 결과

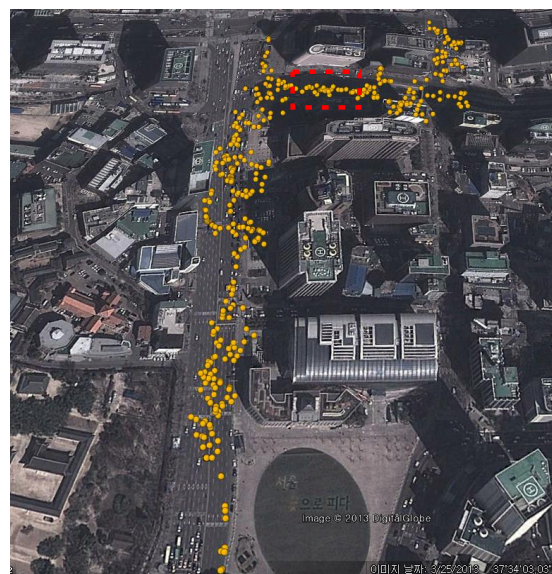


그림 5. 방향벡터를 이용한 후처리 결과

그림 4는 GPS 위성만을 이용해 수신된 위치정보를 나타낸 것으로 방향벡터를 이용한 후처리 기법이 적용된 그림 5의 위치정보보다 더 큰 오차범위를 가짐을 알 수 있다. 모든 위치정보들이 방향벡터 위로 정확히 보정되지는 않았지만 방향벡터와 오차를 가진 위치정보와의 거리 계산을 통해 분산되어 있던 위치좌표들이 위치보정을 통해 밀집되는 현상을 볼 수 있다. 특히, 그림 5의 표시부분은 오차범위 10m 이내의 위치보정의 결과를 나타내 위치정확도가 약 61%정도 크게 향상되었음을 나타내었다. 시간에 따른 위치벡터 갱신의 신뢰도는 위성배치에 대한 영향인 DOP(Dilution of precision)의 변화를 통해서 분석 가능하며, 측정치 오차에 대한 영향은 Novatel SPAN의 항법해를 기준 값으로 이용하였다.

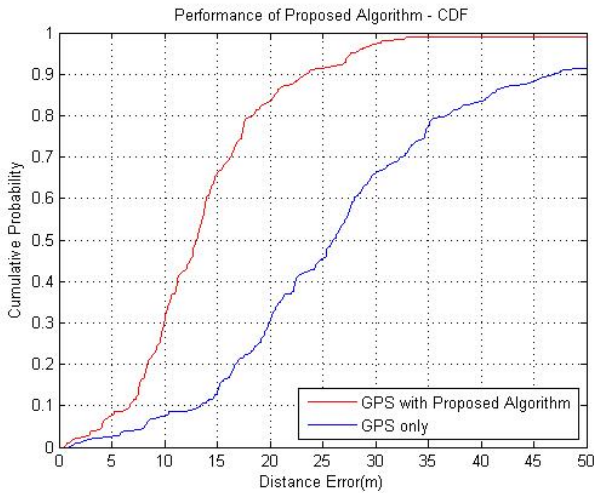


그림 6. 후처리 알고리즘의 성능 비교

표 1. 평균 정확도 비교

	GPS with Proposed Algorithm	GPS only
Average Error	14.7 m	25.8 m

그림 6의 CDF(Cumulative Distribution Function) 그래프는 후처리 기법을 적용하기 전과후의 성능을 비교하고 있다. 후처리 알고리즘 적용시 GPS 단독 측위 대비 평균 11.1m (43%) 정확도 개선을 나타내었다. 또한, 85% 범위에서 위치 오차 20m 성능을 나타내었다.

V. 결론

본 연구에서는 방향벡터를 이용해 후처리 알고리즘을 개발하고 실제 데이터를 이용하여 성능을 분석하였다. 성능은 사용자 위치에 대한 평균 거리 오차 측정을 기준으로 분석하였다. 방향벡터를 이용한 후처리 알고리즘 적용 결과 평균

정확도가 11.1m 향상되었으며, 낮은 PDOP를 갖는 위치좌표가 많을수록 평균 정확도 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 위성정보의 반사와 굴절이 많은 도심지역에서 차량주행실험을 통해 위치좌표를 수집하고 후처리 알고리즘을 적용하였다. 사용자가 방향을 바꿀 때 후처리 알고리즘의 위치정확도가 떨어졌으며, 이는 위치정보의 기준이 되는 방향벡터의 갱신과 연관이 있으므로 이를 이용하여 적절한 방향벡터 갱신의 기준이 되는 두 벡터 사잇각의 임계치를 찾는 방법이 더 연구되어야 한다.

참고 문헌

- [1] C. M. Wang, Z. M. Wang and L. Z. Zhu, "Problems and Methods in the Location-Based Services," Geomatics & spatial information technology, vol. 32, pp. 124-127, June. 2007.
- [2] H. Qi and J. B. Moore, "Direct Kalman filtering approach for GPS/INS integration," IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol. 38, no. 2, pp. 687-693, Apr. 2002.
- [3] J. Ge, G. Li, S. Deng, "Research of location prediction for location-based services", Application Research of Computers, vol. 25, no. 12, Dec. 2008.
- [4] A. Ward, A. Jones, and A. Hopper, "A new location technique for the active office," IEEE Personal Communications., vol. 4, no. 5, pp. 42 - 47, Oct. 1997.
- [5] J. B. Lundberg "Alternative algorithms for the GPS static positioning solution," Appl. Math. Comput., vol. 119, no. 1, pp. 21-34, Mar. 2001.

저자

박 영 식(Young Sik Park)



- 2013년 2월 : 광운대학교 전파공학과 졸업
- 2013년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : 위치공학, 가시광 통신, 협력통신

황 유 민(Yu Min Hwang)

준회원



- 2012년 2월 : 광운대학교 전파공학과 졸업
- 2012년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : 가시광 통신, 협력통신, 인지기능통신

김진영(Jin Young Kim)

총신회원



- 1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 2001년 2월 : SK텔레콤 네트워크연구소 책임연구원
- 2001년 3월~현재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

<관심분야> : 디지털통신, 가시광통신, UWB, 부호화, 인지무선통신, 4G 이동통신