

전력선 통신과 센서네트워크의 위치정보를 이용한 모니터링 기능 개발

권성기*, 이호철*, 이순이**, 이동명*

*동명대학교 컴퓨터공학과

**삼성영상보안주식회사

e-mail : nukkee82@naver.com

Development of Monitoring Function using Power Line Communication and Localization Data of Sensor Network

Seong Ki Kwon*, Ho Cheol Lee*, Soon Yi Lee**, Dong Myung Lee*

*Dept. of Computer Engineering, Tongmyong University

**Samsung Image Security Co. LTD.

요 약

본 논문은 센서네트워크 환경에 설치된 전력선통신 기반 영상 송수신 장치의 영상정보를 수신하는 기능과, CSS기반 SDS-TWR Ranging을 지원하는 센서모듈로부터 거리정보를 수신하여 제안하는 위치인식 알고리즘을 적용시키고 이동노드의 위치정보를 보여주는 모니터링 기능을 개발하였다. 전력선 통신 기반 영상 송수신 장치는 장소의 제약 없이 전기 플러그가 있는 곳이면 사용이 가능한 장점이 있고, 주변의 상황을 확인하기 어려운 센서모듈의 단점을 보완하였다. 그리고 제안한 위치인식 보정 알고리즘은 SDS-TWR의 위치인식 오차 116.8cm를 80.5cm로 위치인식의 성능을 향상시켰으며, 대부분의 위치인식 오차가 1m 내외로 보정함을 확인하였다. 본 논문에서 제시하는 모니터링 기능은 센서 네트워크 및 다양한 환경에서 적용이 가능하여 위치인식 시스템의 서비스 품질의 향상에 도움을 줄 것으로 판단된다.

1. 서론

최근 유비쿼터스의 개념은 넓은 범위로 U-City 서비스부터 소규모 홈네트워크까지 다양하게 적용되어 누구든지, 언제나, 어느 곳에서든지 유비쿼터스 응용서비스들의 사용이 가능하게 되었다. 그리고 유비쿼터스 응용서비스는 주로 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 환경에 센서모듈 및 각종 정보기기가 설치되어 센싱된 정보(온도, 습도, 오염정보, 위치 및 영상정보, 수위 측정 및 범람정보 등)를 가공하여 새로운 가치를 창출하고 있다. 특히 최근에는 이러한 서비스가 IT 융합 및 그린 IT등의 정책으로 산업발전에 큰 효과를 가져 올 것으로 예측하였다[1].

최근에는 물류, 군사, 문화 및 관광등 여러 분야에서 위치인식 응용서비스들에 대한 수요가 증가하였다. 위치를 인식하는 방법으로는 현재 센서 네트워크 환경에 설치된 센서로부터 센싱된 정보들을 이용하여 위치를 인식하는 방법과 카메라로부터 받은 영상 정보를 바탕으로 대략적인 위치를 파악하는 방법 등이 있다[2].

본 논문에서는 제안한 위치인식 보정 알고리즘과 카메라를 이용한 위치인식 기능을 모두 적용한 모니터링 기능을 구현하였다. 개발한 모니터링 기능은 전력선 통신을 이용한 IP 카메라의 영상 정보와 SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two Way Ranging)의 Ranging을 이용하는 센서모듈의 위치 정보를 출력하는 기능으로 구성된다.

2. 관련연구

카메라의 영상정보를 이용한 위치인식 기술은 응급 및 기타 상황이 일어 날 수 있는 동적환경을 기반으로 운영되고 있다. 그리고 현재 상황에 대한 모니터링이 항상 가능하다는 장점으로 인해 보안의 중요한 도구로 사용이 되어져 왔다. 최근에는 증강현실이라는 분야가 대두되었고, 그 외 많은 분야에서 응용되고 있다. 카메라의 영상정보를 이용한 위치인식 기술의 대표적인 예로는 실내 환경에서 사람의 위치를 인식하고 위치에 따라 사용이 가능한 정보를 제공하여 생활환경의 편리함을 제공하는 MS사의

Easy Living이 있다[3,4].

센서를 이용한 위치인식 기술 중 CSS의 SDS-TWR은 RF(Radio Frequency)를 TOF(Time of Flight) 방식으로 송수신하여 두 개 노드사이의 거리를 구하는 방법이다. CSS 기술이 응용된 국내 개발 대표 사례로는 CSS Active RFID 시스템을 사용하여 하이패스 및 실시간 도로 교통정보를 제공하는 텔레매틱스 서비스가 있다. 그 외에 다양한 분야에서 CSS에서 SDS-TWR을 적용한 기술이 최근 다양한 분야에서 진행되고 있으나, 실험환경에 따라 매우 다양한 오차(0~8m)가 발생하였고, 실제 위치인식에 적용하기 위해서는 보정 알고리즘의 개발이 필요하다[5].

SDS-TWR Ranging 오차를 보정하는 방법은 국내외에서 다양하게 제시되고 있다. 대표적인 예로는 Kalman Filter 방법과 Fingerprint 방법이 있으며 이를 응용한 방법까지 다양하게 보정 방법이 제시되고 있다[6].

3. 모니터링 기능 설계 및 구현

3.1 모니터링 기능 설계 고려사항

전력선통신 기반 영상 송수신 장치와 센서모듈을 사용하여 위치인식 모니터링 기능을 개발하기 위한 설계 고려사항은 다음과 같다.

첫째, 센서모듈에서 측정된 위치인식 정보에는 이동노드 주변 상황에 대한 정보가 없다. 이에 따라 위치인식 정보를 더 확장시키기 위하여 전력선통신 기반의 영상 송수신장치를 추가하여 대략적인 이동노드의 위치와 주변 상황의 정보를 수신하도록 고려한다.

둘째, 영상 송수신 장치는 전력선 통신을 이용하는데 일반 통신망 보다 더 광범위하게 설치되어 있는 기존의 전력선 인프라를 이용하여 통신을 할 수 있다는 점을 고려한다.

셋째, SDS-TWR의 위치인식을 보정하기 위해 제안하는 위치인식 보정 알고리즘은 4개 고정노드의 위치가 정사각형 및 직사각형 형태에서 적용이 가능하기 때문에 이 경우를 대상으로 SDS-TWR의 거리 값을 보정함으로써 위치인식 보정의 성능 효율을 극대화하도록 고려한다.

3.2 시스템 구성

전력선통신 기반 영상 송수신 장치의 영상정보와

센서모듈의 위치 정보 송수신을 위해 구성된 시스템 구성도는 [그림 1]과 같다. 전체 시스템은 싱크노드 1개, 이동노드 1개, 고정노드 4개, 그리고 전력선통신 기반 영상 송수신 장치 1개로 구성된다.

전력선통신 기반 영상 송수신 장치는 전력선 케이블을 통해서 송신부와 수신부를 연결하였고, 송신부 쪽 영상 송수신장치는 IP 카메라를 사용하였다.

이처럼 모니터링 시스템은 전력선을 이용하는 영상 송수신 장치와 센서모듈을 이용하여 실시간으로 영상 정보와 위치 정보를 송수신 한다.



[그림 1] 시스템 구성도

3.3 위치인식 보정 알고리즘

본 논문에서는 균등거리비율(Algorithm for localization using the concept of Equivalent Distance Rate : *AEDR*) 개념과 도수분포 개념을 적용한 위치인식 보정 알고리즘(Compensation Algorithm using Frequency Distribution and Equivalent Distance Rate : *CAFE*)을 제안한다.

*AEDR*의 개념은 SDS-TWR에 의하여 측정된 4개의 고정노드와 이동노드 사이의 Ranging 값을 바탕으로 대각선상에 위치한 고정노드의 Ranging 제곱의 합에 대한 비율 원리를 적용시킨 보정 알고리즘이다[7].

도수분포 개념은 통계집단의 분포를 나타내는 방법으로 본 논문에는 다음과 같이 적용된다. 먼저, [그림 1]의 전체 20개 구역중 하나의 구역을 선택한다. 선택한 구역에서 Ranging을 총 10회 측정을 하고 각각의 위치좌표를 계산한다. 두 번째, 10회 측정된 위치좌표가 전체 20개의 구역 중 어느 구역에서 측정되었는지 확인한다. 세 번째, 위치좌표가 가장 많이 측정된 구역을 판별하고, 판별된 구역 내에 포함된 위치좌표의 x, y값을 평균한다. 마지막으로 평균한 위치좌표를 포함하고 있는 구역에 이동노드가 존재한다는 것을 알려준다.

4. 실험 및 결과분석

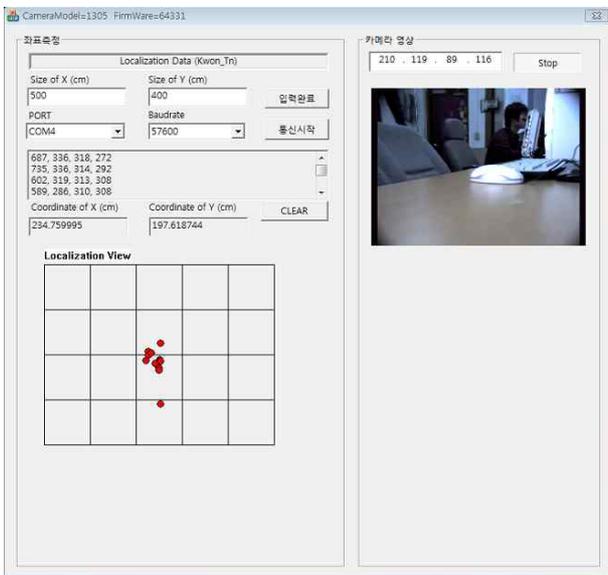
4.1 실험방법

실험은 LOS 전파환경인 교내 건물 복도에서 [그림 1]과 같이 시스템을 구성하여 위치 정보를 측정하였다. 그리고 전체 10m*8m 영역을 2m 간격으로 총 20등분하여 구역으로 나눈 뒤 구역별로 이동노드의 위치를 10번씩 측정하였다. 전력선통신 기반 영상 송수신 장치는 [그림 1]에서 고정노드 C가 설치된 곳에 위치하여 영상 정보를 송수신 한다.

4.2 실험결과 분석

4.2.1 모니터링 기능 구현 결과

전력선통신 기반 영상 송수신 장치로부터 받은 영상 정보와 센서모듈의 Ranging 값을 이용하여 위치 정보를 보여주는 모니터링 시스템은 [그림 2]와 같다.

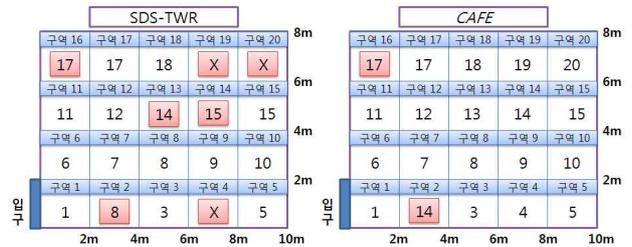


[그림 2] 모니터링 시스템

모니터링 시스템은 전력선통신 기반 영상 송수신 장치의 영상 정보를 통해 현재 이동노드의 대략적인 위치와 주변 상황을 보여주는 기능이 있다. 또한 센서모듈을 통해 이동노드가 위치한 정확한 위치를 나타내는 기능도 있다. 특히 영상 정보는 센서네트워크 환경에서 주변의 상황을 감지하기 어려운 센서모듈의 특징을 보완할 수 있으며, 전력선통신을 사용하는 영상 송수신 장치는 일반가정이나 사무실에서 전화선이나 인터넷망을 사용하지 않고도 전기 플러그만 꽂아 사용할 수 있다.

4.2.2 CAFE 및 SDS-TWR의 위치인식 성능 평가

교내 건물 복도에서 측정된 SDS-TWR과 CAFE의 위치인식 정확도 성능 결과는 [그림 3]과 같다. [그림 3]은 총 20개 구역에서 Ranging이 측정된 후 위치가 인식된 구역 번호를 나타낸 것이다. 음영으로 표시된 곳은 측정된 위치가 Ranging 오차로 인해 다른 구역으로 인식된 결과이며, "X"로 표시된 곳은 전체 10m*8m 영역을 벗어난 결과를 나타낸 것이다.



[그림 3] 위치인식 정확도 성능 결과

먼저, SDS-TWR의 위치인식 정확도 성능 결과로는 전체 20개의 구역 중 13개 구역에서 올바른 위치인식 결과가 측정되었고, 7개 구역에서 다른 구역으로 인식하거나 실험 영역을 벗어나는 결과가 측정되었다.

CAFE의 위치인식 정확도 성능 결과로는 전체 20개 구역 중 18개 구역에서 올바른 위치인식 결과가 측정되었고, 2개 구역에서 다른 구역으로 인식하는 결과가 측정되었다. 이 결과는 SDS-TWR을 이용하여 위치인식이 잘못 측정된 7개 구역 중에서 5개 구역이 CAFE 위치인식 보정 알고리즘의 적용으로 인해 올바른 위치인식 결과로 보정된 결과이다.

다음으로 전체 20개 구역에서 측정된 SDS-TWR과 CAFE의 위치인식 오차크기는 [표 1]과 같다.

[표 1] 구역별 위치인식 오차 크기 비교

(단위 : cm)

SDS-TWR					AEDR				
구역16	구역17	구역18	구역19	구역20	구역16	구역17	구역18	구역19	구역20
115.0	26.7	6.1	309.3	591.0	115.3	42.3	12.9	63.1	44.0
구역11	구역12	구역13	구역14	구역15	구역11	구역12	구역13	구역14	구역15
32.5	65.8	108.2	118.2	33.2	34.1	64.3	99.7	102.2	41.4
구역6	구역7	구역8	구역9	구역10	구역6	구역7	구역8	구역9	구역10
19.1	44.3	41.9	62.9	43.8	8.6	53.9	39.9	59.3	43.5
구역1	구역2	구역3	구역4	구역5	구역1	구역2	구역3	구역4	구역5
82.8	290.1	41.6	217.3	85.7	82.8	571.1	43.1	50.3	38.5

SDS-TWR의 위치인식 오차는 전체 20개 구역 중 13개 구역에서 1m 이내의 비교적 작은 위치인식 오차가 측정되었다. 그리고 1m 이상의 위치인식 오차가 발생한 7개 구역에서는 부정확한 위치인식 결과가 측정되었으며, 특히 구역 2번, 4번, 19번, 20번은 위치인식 오차가 2m 이상으로 크게 측정된 것을 확인할 수 있다. 그러나 제안하는 CAFE 위치인식 보정 알고리즘의 적용으로 전체 20개 구역 중 11개 구역에서 위치인식 오차가 보정 되었다. 특히 구역 4번, 19번, 20번에서는 2m 이상의 위치인식 오차를 1m 이내로 보정함을 확인할 수 있는데, 이러한 결과는 위치인식 보정 후 위치인식 성능이 대부분 1m 이내의 오차로 보정이 되면서 안정적인 위치인식 성능을 나타내는 특징이라고 할 수 있다.

SDS-TWR과 제안하는 CAFE 위치인식 보정 알고리즘의 전체 20개 영역에 대한 위치인식 오차 평균은 [표 2]와 같다. CAFE 위치인식 보정 알고리즘은 SDS-TWR에서 측정된 116.8cm의 위치인식 오차를 80.5cm로 보정하였고, 이는 위치인식의 성능을 약 31.1%정도 향상시킨 결과이다.

[표 2] 전체 위치인식 오차 평균

구 분	SDS-TWR	CAFE
오 차	116.8 cm	80.5 cm

CAFE 위치인식 보정 알고리즘의 적용으로 구역 2에서는 위치인식 오차가 오히려 증가하였는데, 분석한 결과는 다음과 같다.

고정노드 4개의 Ranging 값 중에 전체 실험 영역의 크기보다 큰 위치인식 오차가 2개가 있다. 이 때 Ranging 값이 크게 보정이 되어야 할 노드의 Ranging 값은 작게 보정이 되고, Ranging 값이 작게 보정 되어야할 노드의 Ranging 값은 크게 보정이 되었기 때문에 위치인식 오차가 오히려 증가하게 되었다.

5. 결론

본 논문은 전력선통신 기반 영상 송수신 장치를 통해 이동노드의 대략적인 위치를 보여주는 기능과 SDS-TWR의 위치인식 오차를 보정하는 알고리즘을 제안하여 위치인식 성능이 향상된 위치인식 모니터링 기능을 개발하였다.

전력선통신 기반 영상 송수신 장치는 장소의 제약 없이 전기 플러그가 있는 어느 곳이든지 사용가능한 장점이 있다. 또한 센서네트워크에서 이동노드의 대략적인 위치 정보와 주변 상황을 확인할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점은 주변 상황을 확인할 수 없는 센서모듈의 단점을 보완하는 것으로 센서모듈의 기능을 더 확장해서 사용할 수 있도록 해준다.

본 논문에서 제안하는 위치인식 보정 알고리즘은 SDS-TWR보다 위치인식 성능이 약 33.1%정도 우수하게 측정되었다 그리고 전체 20개 구역 중 19개 구역에서 위치인식 오차를 1m 내외로 보정함에 따라 위치인식 성능을 안정화 시켰다.

그러나 제안하는 위치인식 보정 알고리즘을 적용한 후에 위치인식 성능 결과가 오히려 악화된 문제점도 발생됨에 따라 이를 해결하여 보다 정확하고 안정된 위치인식 성능을 가진 알고리즘이 필요하다.

참고문헌

- [1] 송영준, 김동우, 신동진, 안재형, “저전력 기반의 USN 단말 위치 인식 및 모니터링 시스템”, 전자공학회논문지, 제45권, CI편 제6호, pp. 11-17, 11월, 2008.
- [2] 임명환, 박용재, “RFID/USN 서비스 시장 전망 및 적용 사례 분석”, 한국전자과학회지, 제19권, 제6호, pp. 3-12, 11월, 2008.
- [3] 김종배, “영상인식 기반의 위치기반서비스를 위한 실내위치인식 시스템”, 한국공간정보시스템학회논문지, 제10권, 제2호, pp. 49-62, 6월, 2008.
- [4] Krumm et al., “Multi-camera Multi-person Tracking for Easy Living”, Proc. 3rd IEEE Int. Workshop Visual Surveillance, pp. 3-10, 2000.
- [5] 한국전파진흥협회 기술지원팀, “Wireless LAN 최신 기술동향(IEEE802.11n, CSS, Passive Scanning 중심)”, 한국전파진흥협회, SPECTRUM 이슈 리포트 제 15호, pp. 1-14, 9월, 2009.
- [6] 전현식, 우성현, 조상도, 나종인, 김기환, 박현주, “IEEE 802.15.4a 기반의 환경 적응형 위치 추적 시스템에 관한 연구”, 한국통신학회논문지, Vol.31 No. 5A, pp. 526-536, 2006.
- [7] 권성기, 이동명, “균등거리비율을 적용한 위치인식 보정 알고리즘 설계 및 성능분석”, 한국산학기술학회논문지, 제11권 제4호, pp. 1248-1253, 4월, 2010.