

공항 내 이동체 위치 인식을 위한 그리드 센서 네트워크

류원상*, 양정규*, 노형환*, 서기원*, 김종철*, 정명섭*, 박준석*, 오하령*, 성영락*
국민대학교*

Grid Sensor Network for Vehicle Location Awareness in the Airport

Won Sang Ryu*, Jung Kyu Yang*, Hyoung Hwan Roh*, Ki Won Seo*, Jong Cheol Kim*,
Myoung Sub Jeong*, Jun Seok Park*, Ha Ryoung Oh* and Yeong Rak Seong*
Kookmin University*

Abstract - 본 논문에서는 그리드 센서 네트워크를 이용한 공항 내 이동체 위치 인식 방법을 제안한다. 그리드 센서 네트워크는 공항에 격자 형태로 다수의 센서를 설치하여 이동체의 위치를 인식하는 방법이다. 격자 형태로 설치된 센서들은 이동체에 부착된 센서로부터 이동체 식별 정보 및 위치 측정에 필요한 정보를 수신하고 중앙 서버로 전송한다. 중앙 서버에서는 수집된 정보들을 이용하여 이동체들의 위치를 계산하고 추적하게 된다. 본 논문에서는 현재 공항 내 이동체 위치 인식과 관련된 몇 가지 기술들에 대하여 살펴보고, 제안하고자 하는 그리드 센서 네트워크를 이용한 위치 인식 방법에 대하여 살펴본다.

1. 서 론

공항의 첨단화, 효율화 및 지능화에 대한 연구와 기술 개발을 통한 항공 선진화 사업은 국가적인 관점에서 매우 중요한 사업이다. 이를 위해서는 공항 내에 존재하는 항공기 및 차량 등의 이동체의 위치를 인식하는 기술이 필수적이다. 이 기술은 공항 내 존재하는 다수의 항공기 및 이동체간의 충돌 방지, 효율적인 교통 통제, 혹은 대테러 방지 등을 위해 반드시 필요한 기술이다. 또한 여객 및 화물 운송에 관한 외적 서비스뿐만 아니라 공항 내부적 기능 개선을 위한 시설 및 안전 관리를 위해서도 필요하다. 현재 전 세계적으로 공항 내 이동체 위치 인식과 관련된 기술을 연구하고 있으며, 국제적인 규모의 큰 공항에서는 이미 부분적으로 사용되고 있다.

공항 내 이동체 위치 인식 기술을 선진화하기 위해 몇 가지 고려해야 할 사항들이 있다. 첫 번째로 정확도를 높이기 위해 빠른 시간 간격으로 일정하게 정보를 업데이트하는 능력이 필요하다. 이동체의 이동 속도에 맞추어 위치를 표시하기 위해서는 가능한 빠른 주기로 정보를 업데이트 할 수 있어야 보다 정확한 위치 정보를 제공할 수 있기 때문이다. 그리고 다수의 공항 내 이동체를 수용할 수 있는 능력이 필요하다. 다수의 이동체를 모두 수용할 수 없다면, 사용하더라도 설치하지 못한 소수의 이동체들로 인한 사고의 가능성이 남기 때문이다. 이와 더불어 공항의 규모가 점점 커짐에 따라 시스템의 확장성 또한 중요한 고려 요소로 여겨지고 있다. 이밖에도 설치 가격 및 유지 보수비용의 저렴화도 중요한 고려 사항 중에 하나이다.

최근 ASDE[1] 시스템, 멀티레이레이션(Multilateration)[3] 응용 기술, GPS[5] 응용 기술, ISMAEL[7] 프로젝트 등 많은 공항 내 이동체 위치 인식 기술이 연구 및 개발되고 있다. 그러나 대부분의 상용화된 기술들은 이동체의 수용력 및 확장성에 한계가 있고, 고가의 장비이기 때문에 쉽게 적용하기 힘들다. 본 논문에서는 기존의 기술보다 정확하면서도 이동체의 수용력이 크고, 확장성이 쉬운 그리드 센서 네트워크(Grid Sensor Network)를 이용한 이동체 위치 인식 방법을 제안한다. 그리드 센서 네트워크란 공항에 센서를 격자 형태로 설치하고 이 센서들과 이동체에 부착된 센서들이 통신하여 이동체의 위치를 파악하는 방법이다. 본론에서는 국내의 공항 내 이동체 위치 인식을 위한 관련 기술들의 현황을 살펴보고, 그리드 센서 네트워크를 이용한 이동체 위치 인식 방법에 대하여 설명한다.

2. 국내외 공항 내 이동체 위치 인식 관련 기술 현황

지금까지 많은 공항 내 이동체 위치 인식 기술이 개발되었으며 일부 기술들은 현재 사용 중이다.

ASDE(Airport Surface Detection Equipment)[1] 시스템은 큰 규모의 공항에서 공항 지표면의 교통량을 감시하고 지상을 주행 중인 항공기와 이동체 등을 관제하기 위해 사용하는 레이더를 의미한다. 공항 지상만을 탐지하기 때문에 단거리, 고분해능의 성능을 요구한다. 현재 김포 공항에 설치되어 운용중이다. 이와 유사하게, FAA(Federal Aviation Administration)의 ASDE-X(Airport Surface Detection Equipment,

Mode X) 프로그램은 트랜스폰더 멀티레이레이션과 ADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)[2]로부터의 데이터를 결합하여 기존의 지상 항공관제 시스템보다 정확한 식별 정보와 위치 정보를 제공할 수 있다.

멀티레이레이션(Multilateration)[3] 응용 기술은 전파를 이용한 삼각 측량 위치 측정 방법을 의미한다. 트랜스미터에서 송출한 전파를 멀리 떨어진 리시버들이 받는 시간의 차이를 이용하여 3차원 위치 좌표를 파악한다. 이 기술은 세계 2차 대전 때부터 항공기의 위치를 파악하기 위한 기술로 이용되고 있다. 대부분의 멀티레이레이션 시스템은 공항의 A-SMGCS(Advanced Surface Movement Guidance and Control System)[4]의 일부분으로 장착된다.

GPS(Global Positioning System)[5] 응용 기술은 현재 완전하게 운용되고 있는 유일한 범지구위성항법 시스템이다. 무기 유도, 항법, 측량, 지도제작, 측지, 시각동기 등의 군용 및 민간용 목적으로 사용되고 있다. GPS에서는 중계도를 도는 24개 이상의 인공위성에서 발신하는 마이크로파를 GPS 수신기에서 수신하여 수신기의 위치백터를 결정한다. GPS 시스템은 멀리 떨어진 위성에서 신호를 수신하기 때문에 오차가 발생하는데, 이를 보정하기 위해 DGPS(Differential GPS)[6] 기술을 사용할 수 있다. DGPS는 GPS의 오차를 수정하기 위해 지상의 방송국에서 위성에서 수신한 신호로 확인한 위치와 실제 위치와의 차이를 전송하여 오차를 교정하는 기술이다.

ISMAEL(Intelligent Surveillance and Management Function for Airfield Application based on Low Cost Magnetic Field Detectors)[7] 프로젝트는 유럽의 여러 국가들이 공동으로 추진 중인 공항 내의 이동체 위치 인식 프로젝트이다. 핵심적인 내용은 자성체에 의해 지자가 미약하게나마 변동되는 것을 감지하는 센서를 개발하고, 이를 이용하여 항공기나 차량의 위치를 파악하는 것이다. 이 프로젝트에서는 저렴한 비용으로 위치 인식 기능을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 기상의 변화에 영향을 적고, 설치 환경 구축 및 업그레이드가 용이하며, 설치 가격이 저렴한 장점이 있다.

Sensis사에서 만든 VeeLo NextGen[8]은 Mode S 기반의 작고 가벼운 운반체 위치 인식기이다. VeeLo NextGen은 GPS 기술을 이용하여 이동체의 위치를 파악한 다음, 항공기의 통신 방식 중에 하나인 모드 S 확장 스쿼터(Mode S Extended Squitter) ADS-B 메시지 포맷으로 자신의 위치를 브로드캐스트 하는 장치이다. 그러므로 기존의 공항에 설치된 항공기 위치 파악 시스템에 쉽게 연동되어 사용할 수 있는 장점이 있는 반면, 사용하는 장치의 수가 늘어나면 항공기의 위치 파악을 위한 통신에 영향을 주는 단점도 있다.

앞서 언급한 기존의 기술들은 대개 이동체 최대 인식 개수가 적어 설치하더라도 모든 이동체에 적용하지 못한다. 그리고 확장성이 매우 제한되어 있어서 위치 인식의 대상인 이동체를 추가하는 데에 어려움이 있다. 또한 아직 고가의 장비들을 구매하여야 하기 때문에 적용하기 어려운 문제점들이 있다.

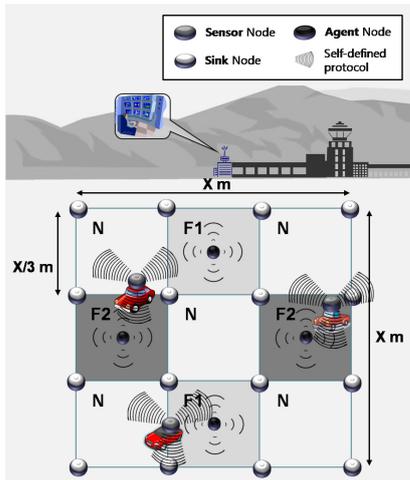
3. 그리드 센서 네트워크

3.1 그리드 센서 네트워크의 개념

최근 공항 내 항공기 및 이동체의 수가 증가함에 따라 저시정시 다수의 항공기 및 이동체간의 충돌 방지, 효율적인 교통 통제 등을 위해 공항 내 이동체 위치 인식 기술은 필수적이다. 현재 많은 곳에서 공항 내 이동체 위치 인식 기술이 연구 및 사용되고 있으나, 정확도, 수용력, 확장성, 고가의 설치비용 등의 문제점으로 인하여 다수의 공항에서 적용하지 못하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 공항 내 이동체 위치 인식을 위한 그리드 센서 네트워크를 제안한다. 그리드 센서 네트워크는 공항에 센서를 격자 형태로 설치하고 이 센서들을 이용하여 이동체의 위치를 파악하는 방법이다. 즉, 이동체에

부착된 센서가 격자 형태로 설치된 센서들에게 위치 측정을 위한 정보를 전송한다. 그러면 수신한 센서들은 중앙의 서버로 데이터를 전송하고, 중앙의 서버는 수집된 정보들을 토대로 계산하여 이동체의 위치를 인식하게 되는 것이다. 그리드 센서 네트워크에서 이동체의 위치를 파악하는 구체적인 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 본 연구에서는 세 개 이상의 센서들이 측정된 데이터를 이용한 삼각 측량 방식을 사용한다. 제한한 그리드 센서 네트워크에서 각 센서들 간의 통신 방식은 유선 통신과 무선 통신을 병행하여 사용한다. 즉, 이동체에 부착된 센서와 격자 형태로 설치된 센서들은 무선으로 통신하지만, 격자 형태로 설치되는 센서들과 중앙 서버와는 유선으로 통신한다. 유선을 사용하는 이유는 이동체에 부착된 센서들이 다수일 경우에 수용력을 높이고, 정확도를 위해 보다 빠른 주기로 정보를 업데이트하기 위함이다. 이 외에도 전원 공급의 용이성 및 센서의 소형화(기능의 단순화)의 장점이 있다.

[그림 1]은 그리드 센서 네트워크의 기본 개념도를 나타낸다. 그리드 센서 네트워크는 싱크 노드(sink node), 에이전트 노드(agent node), 센서 노드(sensor node)로 구성된다. 센서 노드는 이동체에 장착되는 노드이고, 싱크 노드, 에이전트 노드는 공항 내 표면에 설치되는 노드이다. 싱크 노드에 의해서 만들어진 각각의 격자들을 셀(cell)이라고 한다. 한 셀의 네 귀퉁이에는 각각 하나씩의 싱크 노드가 존재하며, 셀 내에 하나 건너 하나씩 에이전트 노드가 중앙에 위치한다. 에이전트 노드는 각 셀 내에서 센서 노드가 싱크 노드로 신호를 전송할 때 사용할 주파수에 관한 정보를 센서 노드에게 전송하는 역할을 한다. 그리고 싱크 노드는 센서 노드로부터 센서 노드의 식별 정보 및 위치 측도를 위한 정보를 수신하는 역할을 한다. 마지막으로 센서 노드는 에이전트 노드로부터 해당 셀에서 사용할 주파수에 관한 정보를 수신하고, 해당 주파수로 센서 노드 고유의 식별 정보와 위치 측도를 위한 정보를 인접 싱크 노드로 전송하는 역할을 한다.



<그림 1> 그리드 센서 네트워크의 개념도

전체적인 동작을 간단히 살펴보면, 한 셀에 진입하는 센서 노드는 미리 정해진 주파수를 통하여 에이전트 노드로부터 그 셀에서 싱크 노드와의 통신에 사용할 다른 주파수를 결정 받게 된다. 현재 자신의 위치에서 사용할 주파수가 결정된 센서 노드는 그 주파수로 자신의 정보를 브로드캐스트 한다. 그러면, 인접한 싱크 노드들이 그 정보를 수신하고, 각 싱크 노드들은 측정된 신호와 센서 노드에 관한 식별 정보를 중앙 서버로 전송한다. 서버는 3개 이상의 싱크 노드들로부터 측정된 데이터를 수집하고, 그 데이터들을 바탕으로 삼각 측량 방식을 사용하여 이동체의 위치를 계산하게 된다.

3.2 그리드 센서 네트워크에서 통신 주파수 할당 및 셀 분할

본 논문에서 제안하는 그리드 센서 네트워크에서는 f_1, f_2, f_3 의 세 가지 주파수를 사용한다. 그 중 f_3 주파수는 각 셀에서 사용할 주파수에 관한 정보를 에이전트 노드가 센서 노드에게 알려줄 때 사용하고, 나머지 f_1, f_2 주파수는 이동체의 위치를 인식하기 위한 정보를 센서 노드가 싱크 노드로 전송할 때 사용한다. 즉, 센서 노드는 f_3 주파수를 통하여 해당 셀에서 f_1 혹은 f_2 중에 사용하게 될 주파수에 관한 정보를 수신하고, 그 주파수를 통하여 싱크 노드로 정보를 전송한다. 일반적으로 [그림 1]과 같이 9개의 셀로 나눌 경우 셀 간의 충돌을 방지하기 위해서 9개의 주파수를 사용할 수 있다. 하지만, 넓은 대역의 주파수를 사용할 경우 법적 문제, 비용 문제, 주파수 사용에 따른 제약 등 여러 가지 문제점이 발생한다. 또한 하나의 싱크 노드가 접하는 셀의 개수가 4개이므로 수신해야 하는 주파수 대역이 4가지가 되고 싱크 노드의 소형화(간소화)가 힘들어진다. 그러므로 본 논문에서는 최소한의 주파수 대역을

사용하여 셀 간의 충돌 문제를 줄이기 위해 f_1, f_2, f_3 의 세 가지 주파수 대역을 사용한다.

그리드 센서 네트워크에서 셀 분할은 중요한 항목 중에 하나이다. 각 셀의 크기 및 셀 내에서의 사용 주파수 결정, 통신 방식 등의 결정은 충돌 없는 원활한 통신의 밑거름이 된다. 본 논문에서 제안하는 그리드 센서 네트워크는 [그림 1]과 같이 셀을 분할한다. F_1, F_2, N 은 각각 하나의 셀을 나타내며, 기본적인 형태는 격자 형태로 설계하였다. 하지만, 셀의 크기 및 형태는 설치 환경에 따라 부분적으로 변동이 가능하다. F_1, F_2 영역에서 사용하는 주파수는 각각 f_1, f_2 로 고정하여 사용하며, N 영역에서는 f_1, f_2 두 가지 모두 사용할 수 있다. 다시 말하면, F_1 과 F_2 셀 내에서는 센서 노드와 싱크 노드가 통신할 때 사용하는 주파수를 각각 f_1 과 f_2 로 고정하고, f_3 주파수는 에이전트 노드가 센서 노드에게 해당 셀에서 사용할 주파수에 관한 정보를 전송할 때 사용한다. 그리고 N 셀 내에서는 사용하는 주파수가 고정되어 있지 않고 인접 셀의 에이전트 노드가 미치는 신호의 강도에 따라 f_1 과 f_2 두 가지 중에 선택하여 사용한다. 즉, N 셀 안의 센서 노드는 이동체의 위치에 따라 인접 F_1 셀 안의 에이전트 노드의 영향을 많이 받으면 f_1 주파수를, 인접 F_2 셀 안의 에이전트 노드의 영향을 많이 받으면 f_2 주파수를 사용하게 된다. 만약, 두 신호의 세기가 같은 영역에 있다면 통신을 할 수 없지만, 이는 발생하지 않는다고 가정한다.

4. 결 론

최근 공항 내 이용자 수의 증가에 따라 항공 선진화 사업이 전 세계적으로 부각되고 있다. 이에 따라 공항 내 이용자들의 편의와 공항 내 이동체들의 안전 및 효율적인 운영을 위해서는 공항 내 이동체 위치 인식 기술의 필요성이 증가하고 있다. 현재 일부 국제적인 규모의 큰 공항에서 위치 인식 기술을 사용하고 있다. 하지만, 현재 사용되고 있는 기술들은 모두 외국의 회사들에서 개발한 기술들이고 정확도, 수용력, 고가의 설치비용, 유지 보수비용 등의 문제점들 때문에 모든 공항에 적용되기 힘들다. 그리고 항공 선진국 진입을 목표로 공항의 첨단화, 효율화 및 지능화를 위한 공항 내 위치 인식 시스템의 연구와 기술 개발로 인해 국가 경쟁력이 강화될 수 있다.

본 논문에서는 공항 내 이동체 위치 인식을 위한 방법으로 그리드 센서 네트워크를 제안한다. 제한한 그리드 센서 네트워크는 격자 형태로 다수의 싱크 노드를 설치하여 이동체에 부착된 센서의 위치를 인식하는 시스템이다. 본 논문에서는 f_1, f_2, f_3 의 세 개의 주파수를 사용하고, 셀을 F_1, F_2, N 영역으로 나누어 그리드 센서 네트워크를 구성하였다. 주파수는 충돌을 회피하기 위한 최소한의 주파수 대역으로 구성하기 위해 3개의 주파수를 사용하였으며, 셀의 형태는 격자 형태로 설계하였지만 시뮬레이션 및 설치 환경 분석을 통하여 추후 변경될 수 있다. 그리드 센서 네트워크는 싱크 노드들의 밀도에 따라 위치 오차의 범위가 달라질 수 있지만, 기존의 다른 위치 인식 기술보다 정밀한 측정이 가능할 것으로 예상된다. 향후 본 논문에서 제안한 그리드 센서 네트워크를 모델링 및 시뮬레이션 하여 검증용 하고, 실제 환경과 유사한 테스트 환경을 구축하여 제안한 그리드 센서 네트워크를 구현 및 보완이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 항공선진화사업의 연구비지원(36-2007-C-공항)에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] C. E. Schwab, D.P. Rost. "Airport Surface Detection Equipment". Proceedings of the IEEE, hb. 2, February 1985.
- [2] ADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast) International Civil Aviation Organization, "Automatic Dependent Surveillance-Broadcast(ADS-B) Study and Implementation Task Force", March 2003
- [3] "Multilateration takes off in Europe", www.eurocontrol.int/epr/gallery/content/public/docs/skyway_autumn_2005/p32.pdf
- [4] International Civil Aviation Organization, "Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems(A-SMGCS) Manual", Doc 9830 AN/452
- [5] "Essentials of Satellite Navigation", www.u-blox.com/technology/GPS-X-02007.pdf
- [6] "GPS GUIDE for beginners", www.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf
- [7] ISMAEL(Intelligent Surveillance and Management Function for Airfield Application based on Low Cost Magnetic Field Detectors), www.ismael-project.net
- [8] "VeeLo NextGen", www.sensis.com