

GPS 수신불가지역 항법기술 개발동향

국방기술품질원 기술기획본부 기술정보센터

책임기술원/공학박사 김 정 국 · 위촉연구원 김 세 영



그림 1. GPS 수신불가지역

지난 20년 동안 모든 환경에서 항법능력을 향상시키기 위해 많은 항법기술개발이 시도되었다. 예전에는 차량처럼 단일, 독립형 체계의 항법이 주 목표였지만 지금은 차량 내 교통알림장치와 같이 다수의 상호의존체계의 동시 항법 인식을 주요 목표로 하고 있다. 이전에는 항법능력의 중요성이 부각되지 않았지만 지금은 항법이 하나의 인프라스트럭처로 점점 인식되고 있다. GPS 이전에 가능했던 다른 전 세계 항법 정확도가 약 1~2km인 것을 감안하면 5~10m 항법 정확도는 엄청나게 발전한 것이다. 이제는 많은 응용프로그램이 1m나 0.5m의 정확도(정밀 농업 등)를 필요로 한다. 전에는 비용, 성능, 크기

제한 때문에 비행기 같은 ‘대형 물체’ 만 위치 파악이 가능했다.

GPS의 단점은 그림 2에 잘 나와 있듯이 ‘항법 공백’에 있다. 그림에서 수평선은 도시/실내와 시골/개방 환경 간 연속을 보여주고 있다. 수직선은 지상에서 우주까지의 고도를 개략적으로 표시하고 있다.

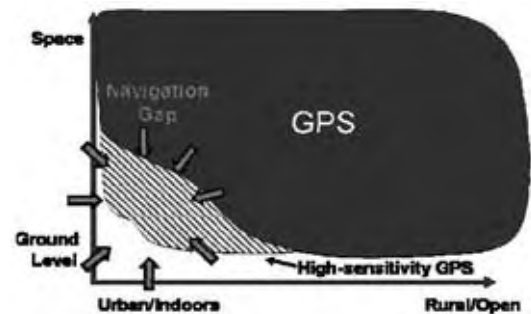


그림 2. 항법 공백

GPS는 이 2차원 교환 공간(파란색)의 상당 부분을 잘 커버하고 있지만 그래프의 왼쪽 하단 구석으로 갈수록 GPS 단독으로는 충분치 않다. 최근 고민감도 GPS의 성능개선으로 이런 공백을 줄이게 됐지만 아직도 GPS 가용도, 정확도, 신뢰도는 많은 응용프로그램 기준에 부합하지 않다. 그러나 대중들이 대부분의 시간을 보내는

곳은 도시/실내로 이곳에서 고(高) 정확도의 GPS 위치 서비스를 받기는 매우 힘들 것이다.

항법 요구조건을 볼 때 무한정 임무 기간 지원, 실시간 3D 위치성능 지원, 도시 환경과 거주 및 대부분의 상업 건물 내 위치확인 지원, 미확인 또는 거의 알려지지 않은 환경 내 작전 지원, 전력 차단 조건에서 위치확인 지원과 별도로 사용자 장비위치 초기화 시작 불필요, 개별 분리된 사용자 터미널 지원, 잠시 끊긴 항법기능 복구 가능, 저비용과 저중량, 작업을 위한 사용자 움직임 불필요, 전술 임무 요구조건에 만족하는 통합성, 정확도, 가용도, 지속도를 보유한 항법 체계를 개발하는 것이 이상적이다.

대체 항법

특수부대(SOF)는 GPS 위성에서 정확한 추적 정보를 수신하지 못하는 지역에서 작전을 수행하기도 하는데, 아군 신호가 작전지역을 통과하지 못하거나 적군이 전파를 방해하기 때문이다.

미 국방부 내 3개 기관이 수개월 동안 GPS 수신불가 문제 극복을 위해 몇 가지 프로그램에 착수했고, 해군 연구개발국(ONR)은 GPS 수신불가지역 항법에 관한 BAA(Broad Agency Announcement)를 제안했다.

“ONR은 GPS신호가 잡히지 않는 건물 안이나 동굴, 또는 소위 도시 협곡에서 작전을 많이 하는 해병대 사용을 목표로 프로그램을 개발하고 있다. GPS 수신은 일부 공중위성의 가시 여부에 따라 다르고, 고층 빌딩 길가에 있는 도시 내에서는 상당 부분의 하늘을 볼 수 없다. GPS 신호는 빌딩을 통과하지 못한다.”라고 ONR Code 30 Expeditionary Warfare and

Combating Terrorism 프로젝트 담당관 Nathan Smith가 말했다.

ONR 프로그램의 목적은 GPS 이외의 것을 사용하는 휴대용 장비를 개발해 해병대가 아군의 위치 파악에 사용하는 것이다.

ONR 제안에 따르면, “해병대원은 다수의 장비/해병대원과 함께 작전 수행 시 자신의 위치와 다른 대원들의 위치를 보고할 수 있는 경량의 장비를 휴대하게 된다. 각 장비는 부대원의 위치 파악을 위해 함께 운용된다.”고 한다.

“이렇게 되면 GPS에 부분 또는 임시 접속을 하더라도 아군 위치 확인을 지원할 수 있다. 처음에는 GPS를 이용해 정확한 위치를 설정하지만, 그 뒤 사격팀이 빌딩 다른 쪽으로 이동했다는 정보를 우리에게 줄 수 있는 특정 장비가 필요하다. 따라서 우리는 사격팀과 분대가 약 1km 내에서 이동 시 위치 정보를 공유할 수 있다.”고 Smith가 말했다.

ONR은 지하에 있는 아군 위치를 확인하는 일부 제한된 기능의 개발도 목표로 하고 있는데, 이는 대부분 지하에서 신호가 거의 통과되지 않기 때문이다. ONR의 목표는 지하 입구에서 약 100m 내 위치를 확인하는 것이다.

안보위협감소국(DTRA)도 SOF 시범 프로그램을 위해 GPS 수신불가 항법 및 매핑 제안 요청서(RFP)를 발행했다. DTRA 제안서는 GPS 불가 환경에서 병사 위치를 파악하는 데 필요한 데이터를 명시했다.

“이런 환경에서 병사는 정확한 좌표(위도, 경도, 고도)나 관련 3자유도(x(수평), y(수직), z(깊이)축) 정보를 통해 이동하면서 정확한 위치를 유지하며 임무를 수행하게 된다. 또한 각 병사 위치에 대한 지역정보를 정확하게 확인하고

3D 공간형상을 생성하는 기능도 필요하다.”고 RFP에 기술되어 있다.

DTRA는 GPS 수신불가 원거리 지역에서 장기간 최소의 오류로 정확하게 안내하고 지도를 작성할 수 있는 휴대용 항법체계에 대한 계약을 2건 체결했다.

DARPA는 2004년만 해도 소형 플랫폼(무인 또는 수중 차량)이나 병사 개인이 GPS 없이 아군을 추적하는 데 적합한 소형 관성측정 유닛을 통제할 수 있는 항법가능 통합 소형 자이로스코프 제작회사를 수소문했었다. 그림 3은 미 노드롭 그루먼사가 DARPA의 위치, 항법, 시차 프로그램 마이크로 기술을 위해 개발 중인 마이크로 핵 자기공명 자이로(NMRG: Nuclear Magnetic Resonance Gyro)다.

이런 관성유닛은 초기의 고정지역에서 차량이나 병사의 이동경로를 추적할 수 있다. 전 세계는 최근 DARPA Grand Challenge(험난한 지역에서 무인지상차량을 경쟁)에서 이러한 유닛들이 보여준 능력을 실감했다.



그림 3. 노드롭 그루먼사 micro-NMRG

관성 항법

2005 Grand Challenge는 10월에 미국

남서부에서 열렸다. 캐나다 온타리오의 Applanix 사는 지상 차량용 위치와 방위체계(POS LV: Position and Orientation System for Land Vehicle) 통합 관성/ GPS 체계는 2,3위를 차지한 카네기멜론 대학의 차량에 장착되었다.

“DARPA는 GPS에만 의존하는 사람들을 방해하기 위해 특정 경로에 무수한 인공 및 자연 장애물을 설치해 GPS 수신불가 환경을 조성했다. 일부 참가자는 실패했지만 1~4위 팀은 주행에 성공했는데, 4개 팀 모두 관성항법체계를 탑재했다.”고 Applanix사의 지상제품 이사 Louis Nastro가 말했다.

“2015년까지 미군의 1/3이 특수임무를 위해 무인 플랫폼을 운용해야 한다. 우리는 언제든지 특수작전부대의 임무를 자동화할 수 있으며, 이들의 안전을 확보하는 것이 관건이다. 특수 대원은 고급 인재다. 특수부대는 기존에 수행 완료한 일부 임무를 분석하면서 무인차량을 이용한 정찰 주기능의 최적성과 달성을 위한 노력을 기울이고 있다.”고 Nastro 이사는 덧붙였다.

Applanix사 관성항법체계는 GPS 수신불가 시 변화와 속도 비율 정보를 제공하기 위해 가속도계와 자이로스코프에 의존한다. 측정된 6자유도(6DoF)는 정확한 동작요소를 제공할 수 있다. GPS를 부분 또는 전부를 이용하면 초기 항법 추정치를 확인해서 오류 확산을 막을 수 있다.

GPS 수신이 전혀 불가능할 경우에도 거리 측정 장비는 관성항법체계 오류를 하나씩 확인할 수 있다고 Nastro 이사가 덧붙였다. 예컨대, Grand Challenge에서 카네기멜론대 차량은 선회 시마다 펄스를 측정하고 데이터를 복합 컴퓨터체제로 보내는 바퀴장착 암호기를 사용했다. Applanix사는 GPS 수신불가지역에서

주로 감시용으로 쓰이는 휴대용 관성항법 배낭을 제작했다.

투과도계법과 고도계법

소프트웨어 알고리즘은 GPS 수신불가 환경에서 여러 센서를 통합 운용하여 GPS 수신 정보 대신 생성되는 데이터의 정확성을 높여준다. L-3 Communications사의 자회사인 IEC사는 이러한 알고리즘을 항법 성공의 열쇠로 보고 이에 주력하고 있다.

IEC는 항법 전문회사로서 고도계, 도플러 속도계, 몇몇 투과도계(透過度計) 응용제품 등의 장비를 이용한 수많은 센서 기술을 연구하고 있다고 IEC 첨단기술부문 Steve Rounds 선임 이사가 말했다.

“수많은 센서가 있지만 우리가 추구하는 기능은 네트워크 환경에서 모든 항법 데이터를 실제로 통합하는 것이다. 즉, 다수의 병사들이 있는 환경에서 모두가 조금씩 항법 데이터를 가지고 있고, 우리는 그 데이터를 통합해서 네트워크 상의 모든 병사에게 정확한 항법 정보를 제공하는 것이다.”라고 Rounds 선임이사는 설명 했다.

고도계는 고도 측정이 가능하고, 항법 성공에 필요한 축 3개 중 1개를 제공한다. 자기계(磁氣計)나 디지털 나침반을 통합한 투과도계는 추측 항법 솔루션을 제공해서 특정의 고정위치에서 움직이는 방향과 거리를 결정할 수 있다. 또한 병사는 무선통신 주파수 범위 측정을 통해 다른 병사와 상대적인 자신의 위치를 탐지할 수 있다.

이들 중 일부 솔루션은 GPS 위성 한두 개에 접속해 효과적으로 작동하며, GPS 데이터에 접속 불가일 때도 솔루션 지원이 가능하다고

Rounds 이사가 말했다.

추측 항법

GPS 수신불가 항법은 중요성 때문에 해당 기능은 다수의 대형 체계에 기본적으로 통합돼 왔다. 육군이 사용하는 LandWarrior 체계에 스위스의 Vectronix AG사가 제작한 ‘추측 항법’ 체계를 통합하여 병사들이 휴대한다.

Vectronix사의 Jos Van Seeters OEM모듈 사업개발이사는 “미 육군이 사용하고 있는 유닛은 당사 추측 항법 나침반(DRC)이다. 병사는 DRC로 GPS 수신불가 환경에서 위치지역 정보를 확인할 수 있다. DRC는 가장 기본적인 형태로 나침반과 가속도계를 기반으로 하고 있다. 나침반은 방향을 제시하고 가속도계는 이동 거리를 보여줘 이전 지점에서 새로운 지점까지 측정할 수 있다.”고 말했다.

DRC는 그림 4와 같이 소형으로 휴대용 LandWarrior 수트(보병용으로 설계) 등의 체계 통합용으로 개발됐다. DRC 모듈 면적은 8.064cm²



그림 4. LandWarrior 수트

이고 두께는 1.27cm다.

Vectronix사의 더욱 첨단화된 핵심 항법 모듈(CNM: Core Navigation Module)은 나침반이 일종의 자기(磁氣) 방해로 인해 불능이 될 때 방향 결정을 지원하는 자이로를 DRC에 추가한 형태다. 가벼운 자기 방해는 나침반을 금속 함유와 전력발생 탱크 또는 다른 대형장비 옆에 놓을 경우 발생할 수 있다. CNM은 한 면의 면적이 6.45cm²인 입방체로 초소형이며, GPS 수신가능 환경에서 정보입력기능도 제공한다.

사진측량 항법

미 Vexcel사는 사진으로 양적 측정에 의한 사진측량 업계의 선두주자로 “어떤 카메라든지 렌즈의 왜곡현상이 일부 있다. 따라서 이들 이미지를 측정하려면 먼저 렌즈 왜곡현상을 해결해야 한다. 그 다음, 이미지를 일종의 양적 참조 프레임에 연동시켜야 한다.”고 Vexcel사의 Bill Gale 마케팅이사가 말했다.

과거에 항공기는 매핑 목적으로 도시를 비행하고 1, 2천 프레임의 스냅 사진을 찍었다. 사진을 펼쳐보면 왜곡현상 때문에 정렬이 안 됐는데 Vexcel사의 UltraCam용 소프트웨어로 이 문제가 해결됐다.

Vexcel사는 GPS 수신불가 환경에서 병사들이 사진측량으로 자신의 위치를 측정할 수 있는 솔루션 개발을 계획하고 있다. “우리의 기본계획은 이미지 데이터를 이용하고 적합한 설계기술과 지식으로 사진을 측정해서 사용자가 지형 참조를 시작할 때 이미지에서 고도와 방향 정보를 추출하는 것이었다. 즉, 사용자가 GPS 수신지역에 있다가 수신불가지역으로 나오면 일정 시간 동안

항법정보 보급을 위해 그 이미지를 이용할 수 있는 것이다.”고 Gale 이사는 설명했다.

“Vexcel사는 UltraCam 사진측량 매핑 카메라를 항공과 근거리용으로 사용해 오고 있으며 우리는 연속 이미지를 기반으로 방향과 속도 등의 측정 서비스를 제공할 수 있다.”고 Gale 이사가 언급했다.

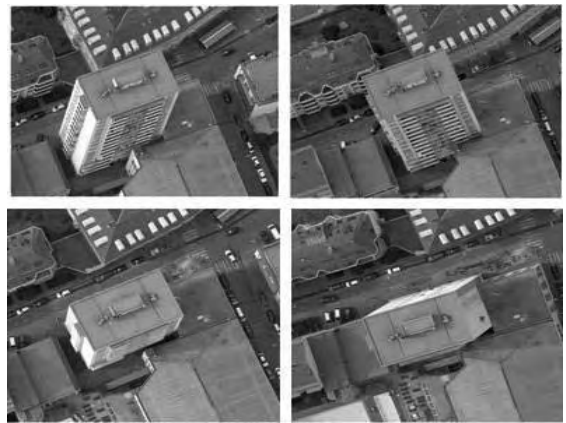


그림 5. MultiRay 사진측량 샘플

UltraCam은 전 세계에서 사용 가능한 대형 항공 카메라 3대 중 하나다. Vexcel사는 사진측량 이미지를 정렬하는 소프트웨어 자동화를 추진하고 있다. 아직까지는 도시지역 매핑 등의 서비스를 제공하기 위해 사진측량 전문가들이 이미지 수천 개를 맞추어야 하지만 새로운 소프트웨어는 자동화 프로세스로 사진측량기술을 발전시킬 것이다.

“이렇게 되면 GPS 수신불가 항법이 필요한 경우, 예를 들어 UAV 공중사진측량 자동화 프로세스로 이를 가능케 하는 것”이라고 Gale 이사는 말했다.

참고자료

NATO RTO-EN-SET-116(2009년 5월)
www.special-operations-technology.com
(2008년 6, 7월)