

論文2002-39CI-5-5

GPS 트래킹 방식을 이용한 옥외용 증강현실 시스템 구현

(Realization of An Outdoor Augmented Reality System using GPS Tracking Method)

崔 兌 宗 * , 金 正 國 * , 許 雄 * , 張 秉 泰 **

(Tae-Jong Choi, JungKuk Kim, Woong Huh, and Byung-Tae Jang)

요 약

본 논문에서는 GPS를 사용하여 위치와 자세 트래킹 정보를 이용하는 옥외용 증강현실 시스템을 구현하였다. 본 시스템은 이동 운용국과 지상 운용국으로 구성하였고, 이동 운용국은 실시간 영상 획득 장치, GPS 트래킹 장치와 무선 데이터 송수신기로 구성하였다. 지상 운용국은 무선 송수신기, 가상 영상 발생 장치와 영상 합성 장치로 구성하였다. 영상 획득 장치가 부착된 이동 운용국의 위치와 자세를 측정하는 GPS 트래킹 장치는 TANS Vector와 RT-20으로 DGPS를 이용하도록 설계하였고, 무선 데이터 송수신기는 이동 운용국과 지상 운용국간의 데이터 전송을 위하여 이용하였다. 차량과 헬리콥터에 구현한 시스템을 장착하여 평가한 결과 건축 시뮬레이션과 방송, 여행지 안내, 무인정찰기, 유·무인 항공기에서의 항법 지원과 능동적인 정보수집, 재해 관찰 등과 같은 분야에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we describe an outdoor augmented reality system using GPS tracking for position and attitude information. The system consist of a remote mobile operation unit and a ground operation unit. The remote mobile operation unit includes a real-time image acquiring device, a GPS tracking device, and a wireless data transceiver; the ground operation unit includes a wireless transceiver, a virtual image generating device, and an image superimposing device. The GPS tracking device for measurement of position and attitude of the remote mobile operation unit was designed by TANS Vector and RT-20 for DGPS. The wireless data transceiver was for data transmission between the remote mobile operation unit and the ground operation unit. After the remote mobile operation unit was installed on a vehicle and a helicopter, the system was evaluated to verify its validity in actual applications. It was found that the implemented system could be used for obtaining real-time remote information such as construction simulation, tour guide, broadcasting, disaster observation, or military purpose.

Key Words : HCI(Human-Computer Interaction), VR(Virtual Reality), AR(Augmented Reality), DGPS(Differential GPS), VE(Virtual Environments)

* 正會員, 明知大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Myongji University)

** 正會員, 韓國電子通信研究院 컴퓨터소프트웨어연구
所 假想現實研究部

(Computer Virtual Reality Research, Computer &
Software Laboratory, ETRI)

接受日字:2000年11月1日, 수정완료일:2002年8月19日

I. 서 론

증강현실(Augmented Reality) 기술은 가상현실(Virtual Reality)에서 파생된 분야이다.^[1] 가상현실에서는 사용자가 컴퓨터에서 생성된 가상환경(Virtual Environments, VE)에 완전히 몰입하므로 외부 세계와는 완전히 차단되는 반면, 증강현실에서는 3차적의 공간상에서 움직이는 사용자의 시점에 따라 변화하는 현장 영상에 문자, 그래픽 모형 등으로 현장에 대한 설명이나 이해를 도와 줄 수 있는 비가시 정보를 실시간으로 생산, 정합하여 사용자에게 제공함으로써 사용자의 실세계 현상에 대한 이해와 인식력을 향상시키는 기술 분야이다.^[2] 또한 증강현실은 실세계를 가상세계로 완전히 대체하기보다는 실세계에 가상환경을 부가함으로써 정보에 대한 현실감을 향상 및 이해를 돕는 기술로, 향후 도래할 인간 중심의 서비스 사회에서의 핵심 사용자 인터페이스 기술로 많은 관심의 대상이 되고 있다.^[3]

증강현실에서는 사용자가 주시하고 있는 실제영상에 컴퓨터에 의해 생성된 가상환경을 정확하게 중첩하기 위하여 사용자의 위치 및 사용자가 주시하고 있는 방향을 측정하기 위한 고정밀의 트래킹(Tracking) 기술이 필요하다.

현재까지 연구된 증강현실 관련 기술은 주로 실내의 한정된 공간에서 사용 가능한 응용시스템에 대한 연구가 많이 진행되었다. 주요 연구 분야는 의료, 제조, 오락 등의 분야이며 연구 현황을 보면, 의료 분야는 증강현실이 처음 등장할 무렵부터 연구되고 있는 고유 응용 분야 중의 하나로, 수술 및 의료 교육용으로 활용하기 위한 연구가 진행 중이다. MRI(Magnetic Resonance Imaging), CT(Computed Tomography Scans), 초음파 등의 시스템을 이용하여 환자에 대한 3차원 데이터를 수집한 뒤, 의사가 환자를 수술할 때 환자의 환부에 수집된 정보를 중첩하여 표시해 줄 수 있다. 따라서 수술시 불필요한 절개를 막을 수 있으며, 보다 효과적인 수술이 가능하다. 또한, 미국의 샌트루 플로리다 대학에서 개발중인 것은 3차원 해부학 방법을 적용한 것으로 의사가 광학 투시형 HMD(head-mounted display)를 착용하고 환자의 다리에는 움직임을 측정할 수 있는 자기방식의 트래커를 부착시킨다. 의사는 환자의 다리가 움직일 때마다 실제 해부학적 움직임이 환

자의 다리 위의 영상에 정확히 일치되어 겹쳐지는 것을 볼 수 있게, 컴퓨터 시스템은 실시간으로 그래픽 모형으로 표현된 뼈의 변화된 위치와 모양을 렌더링하여 실제의 다리 위에 중첩하여 출력해 준다.

제조 분야에서는 복잡한 기계의 조립, 유지 보수에 필요한 정보를 HMD를 착용한 사용자가 실제 장비를 보면서 작업에 필요한 정보를 즉시 획득할 수 있는 장점이 있어 많은 연구가 진행되고 있다.

게임 및 쇼핑 분야에서는 일본(Mixed Reality Systems Laboratory)에서 3명 이상이 참여할 수 있는 AR Guard 게임을 개발하고 있다. AR Guard 게임은 마그네틱 센서 및 CCD 카메라가 부착된 투시 HMD를 착용하고 손에 자기 센서를 부착하여 다른 게임 참여자를 보면서 컴퓨터 그래픽으로 만들어진 가상의 적을 없애는 게임이다.^[4]

또한, 일본 소니 컴퓨터 과학 연구소(SONY Computer Science Laboratory)에서는 쇼핑 지원 시스템으로서 상품에 대한 식별을 하는 것으로 무선 태그 리더(wireless tag reader)를 사용한다. 손의 위치와 방향을 인식하는데는 3차원 위치 및 방향 센서가 사용되고 있다. 상품 영상과 상품에 대한 정보를 합성하여 표출하는 시스템으로 정보의 출력은 휴대용 LCD를 이용하고 있고 음성 인터페이스를 지원한다

실외용 응용 시스템은 실외에서 CCD 카메라 또는 사용자의 시점을 트래킹 할 수 있는 센서 기술의 부족 등 여러 가지 이유로 인하여 아직까지 많은 연구가 진행되지 못하고 있으며, 실외의 제한된 환경에서 운영 가능한 시스템 개발만이 이루어지고 있다. 그러나 GPS 관련 기술의 발전으로 각종 기관에서 최근 실외용 환경에 문자 기반의 정보를 제공하는 시스템 및 옥외용 트래킹 시스템에 대한 연구를 수행하고 있다.

미국의 HRL 연구소에서는 남가주대학, 북 캐롤라이나 대학, Raytheon 사와 공동으로 GRID(Geospatial Registration of Information for Dismounted Soldiers)라는 휴대용 머리 부착형 AR 시스템을 개발하고 있다. GRID는 군사용 응용 시스템으로, 군인에게 자신의 위치, 적의 위치와 같은 정보를 제공하는 시스템이다.

Feiner는 콜롬비아 대학 캠퍼스 안내를 위한 Touring Machine을 개발하고 있다. 사용자의 위치는 GPS를 이용해 측정하며, 자기계(magnetometer)와 경사계(inclinometer)를 이용하여 방향 정보를 측위하는 착용형 컴퓨터(wearable computing) 형태의 Augmented

Reality 시스템이다. 사용자는 배낭, 투시용 HMD, 휴대용 표시기 및 스타일러스 등을 가지고 사용자가 주시하고 있는 건물에 대한 간략한 문자 기반의 정보를 제공하고 보다 자세한 정보는 사용자가 들고 있는 휴대용 컴퓨터와 무선 랜 기반의 web을 이용하여 그 자리에서 바로 찾아볼 수 있다.

일본의 WalkNavi 시스템은 보행자의 위치 및 거리 안내 증강현실 시스템으로서 위치를 트래킹하는데 GPS와 적외선 식별기를 이용하고 있다.

본 연구에서는 옥외용 증강현실 시스템에서 가장 중요시되는 트래킹 시스템을 현재의 트래커 기술 수준을 감안하고 초정밀한 트래커가 필요하지 않은 개방된 영역을 대상으로 한 원격지 지형 정보 인식용의 증강 현실 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템에 영상획득 장치를 이동체에 장착하여 옥외에서 3차원 지형 공간에 대한 실제영상을 획득하고, 시점의 위치와 자세를 트래킹할 수 있는 시스템을 GPS를 응용하여 구현하였으며, 영상과 트래킹 데이터를 무선을 이용하여 전송하고 실제 영상과 부가 정보를 동기화하여 증강현실 시스템의 사용자에게 필요한 정보를 제공하는 시스템이다.

이와 같은 목적을 달성하기 위하여 1) 3차원의 지형, 지물에 대한 영상을 획득하기 위해 무선 CCD 카메라를 이용하고, 2) 옥외용 트래킹 시스템에 각종 GPS장비를 사용하여 구성하였으며 3) 기지국에 이러한 각종

데이터를 송신하는 시스템을 구현하였고, 4) 기지국에서는 송신된 제반 데이터를 수신, 처리하여 최종 영상에 부가 정보를 합성하여 사용자에게 표출하는 시스템을 개발하였다. 이러한 모든 과정을 단위 시스템별로 통합하고, 옥외에서 실험하여 연구 결과를 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 옥외용 증강현실 시스템을 구성하고 있는 각 단위 시스템 및 통합 시스템에 관하여 설명하고, III장에서는 본 시스템을 이용하여 각각의 부분 실험 및 전체 시스템을 통합 실험하고 그 내용과 고찰을 논하였으며, 마지막으로 IV장에서는 결론을 맺는다.

II. 시스템 구성

증강현실시스템에서 실사와 가상환경을 합성하는 방법은 광학 방식과 비디오 방식으로 나누어진다. 광학 방식은 반투과성 광합 합성기를 이용하여 사용자는 실사와 광합 합성기에서 만들어진 가상환경을 합성하는 시스템이다. 비디오 방식은 카메라를 통해 실사를 획득하고 가상 환경에서 만들어진 영상을 비디오 합성기를 통해서 합성된 영상을 사용자에게 제공하는 방식이다. 연구된 시스템은 원격지의 실사를 획득하고 이에 부가 정보를 비디오 합성기로 합성하는 비디오 방식의 시스템이며, 시스템의 구성도는 그림 1과 같다.

그림 1의 영상 입력장치에 부착된 트래킹 시스템은

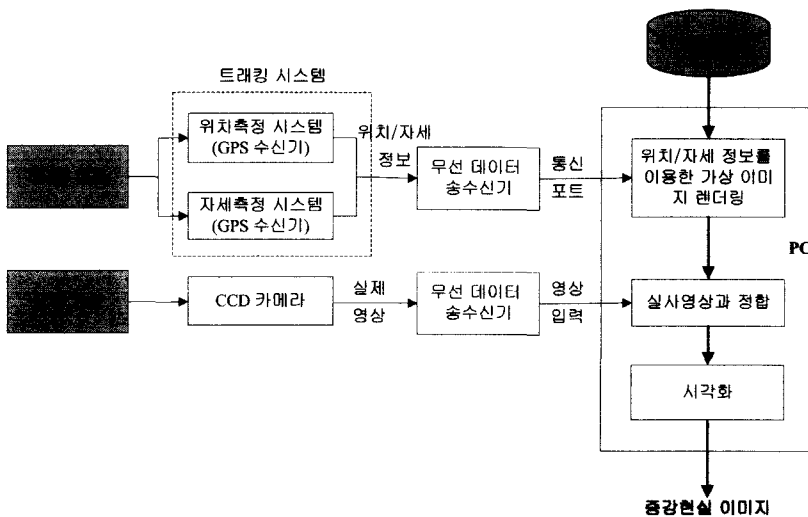


그림 1. 증강현실 구성도
Fig. 1. Block diagram of the Augmented Reality.

GPS위성과 DGPS 기준국으로부터의 신호를 이용하여 위치 및 자세 정보를 계산하여 지상운용국으로 전송한다. 또한, CCD 카메라로부터 받아들이는 실제영상은 무선으로 지상 운용국으로 전송한다. 지상운용 시스템에서는 입력되는 실상과 PC에서의 가상영상을 정합하여 사용자 모니터로 출력한다.

실제영상과 부가 정보의 영상합성 방법은 미리 지형에 대한 3D 모델링 데이터 베이스를 구축하며, 3D 모델링 데이터의 좌표계는 UTM(Universal Transpose Mercator) 좌표계를 사용한다. 카메라가 주시하고 있는 지역에 동조하는 가상영상은 컴퓨터 그래픽을 이용하여 실제 CCD 카메라의 위치와 자세값과 동일하게 가상 카메라의 위치와 자세값을 설정하여 3D 모델링 데이터를 2D로 프로젝션하여 생성한다.

1. DGPS(Differential GPS)

일반 트래킹 장비는 대부분이 실내용으로 개발된 것으로 옥외용에서 사용하기에는 제한성이 많아 넓은 지역을 측정할 수 없는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 항법용으로 많이 사용되는 시스템인 GPS를 이용하여 위치와 자세 트래킹 시스템을 구현하였다. 그러나 GPS는 민간 측위 서비스인 SPS(Standard Positioning Service)의 고의 잡음(SA)으로 인해 위치 오차가 약 100m에 이르고 있어, 증강현실 시스템에 그대로 사용하기에는 부적합하다. 이러한 거리오차를 줄이기 위하여 기준국의 신호를 함께 사용하는 DGPS (Differential GPS)를 도입하면 옥외용 트래킹을 구현할 수 있다.

DGPS는 정확한 위치를 알고 있는 기준국과 임의의 위치에 위치한 사용자가 같은 위성으로부터 신호를 받을 경우 두 수신기에서 측정된 측정값에는 각각의 고유오차와 공통오차를 갖게 되는 데 두 수신기의 측정값에 포함되어 있는 공통오차를 사용자의 측정값에서 제거한다면 사용자가 계산한 위치에는 공통오차의 영향에 의한 위치오차가 제거되고 각각의 고유오차에 의한 항만 남기 때문에 더욱 정확한 위치를 얻을 수 있다.

또한, 기준국의 정확한 위치를 알고 있으면, 기준국에서 측정된 의사거리와 위치에 포함되어 있는 오차를 알 수 있다. 따라서 이 오차를 사용자의 측정값이나 계산된 위치에 보정을 하게 된다면 서로간의 공통오차를 제거할 수 있다.

의사거리 영역의 보정은 의사거리 영역에서 오차를

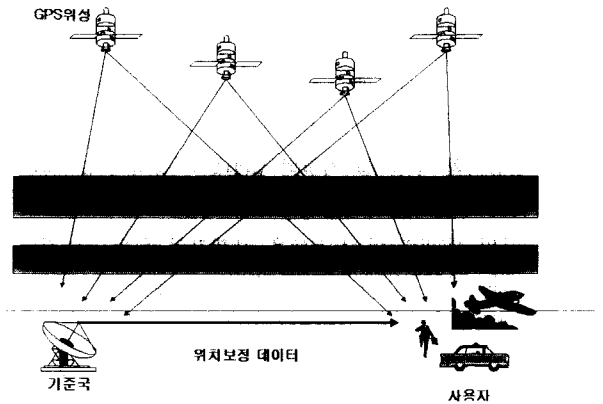


그림 2. DGPS 시스템 구성도
Fig. 2. Block diagram for the DGPS System.

보정한 후 사용자측에 맞게 항법 알고리즘을 적용하면 더욱 효과적으로 보정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 의사거리 영역에서의 보정 방법을 사용하였다.

DGPS를 구하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

기준국과 i 번째 위성까지의 의사거리 측정값은 아래 식 (1)과 같이 주어진다.

$$p^i_r = d^i_r + B^i_r - b^i_r + I^i_r + T^i_r + SA^i_r + \epsilon^i_r \quad (1)$$

여기서, 첨자 r : 기준국, p^i : 의사거리 측정값, d^i : 실제거리, B^i : 위성시계 바이어스, b : 수신기시계 바이어스, I^i : 전리층 지연오차, T^i : 대류권 지연오차, SA^i : SA에 의한 오차, ϵ : 측정잡음으로 나타낸다.

사용자와 i 번째 위성까지의 의사거리 측정치는 아래 식 (2)로 주어진다. 여기서 아래첨자 u 는 사용자를 나타낸다.

$$p^i_u = d^i_u + B^i - b_u + I^i_u + T^i_u + SA^i_u + \epsilon^i_u \quad (2)$$

기준국에서의 실제 거리와 기준국 시계오차를 계산한 후 이를 이용하여 의사거리 보정값을 계산하면 다음과 같다.

$$\delta p^i = p^i_r - d^i_r - B^i \quad (3)$$

이렇게 계산된 의사거리 보정값은 기준국과 사용자의 공통오차인 위성시계오차, SA에 의한 오차, 전리층 지연 오차, 대류권 지연 오차들로 이루어지게 되며 사

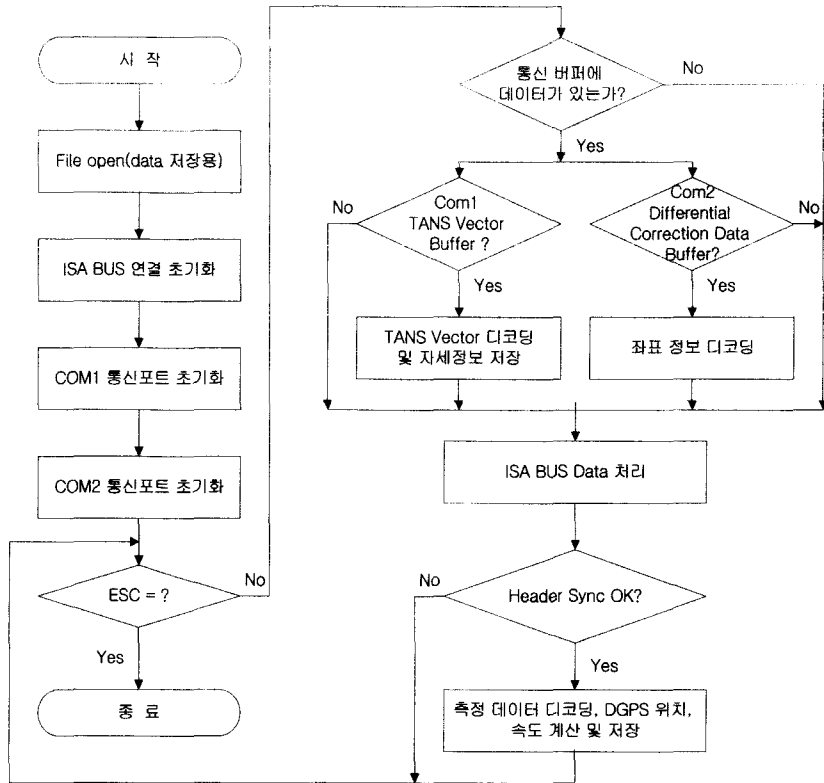


그림 3. DGPS의 처리과정
Fig. 3. Processing flow DGPS.

용자는 사용자의 의사거리 측정값에 포함되어 있는 공통오차를 위의 의사거리 보정치에 이용하여 제거할 수 있다. 따라서, 보정된 의사거리는 다음의 식으로 얻을 수 있다.

$$p^i_c = p^i_u - \delta p^i \quad (4)$$

기준국으로부터 의사거리 보정치를 전송 받아 DGPS 위치해를 구하기 위하여 사용한 알고리즘은 그림 3과 같다. 여기서 의사거리 보정치는 의사거리 보정 데이터로부터 얻은 PRC(Pseudo-range Correction)와 RRC(Range Rate Correction)로 계산되며, 이 값을 이용하여 실제적인 DGPS의 값을 계산해 낼 수 있다.

2. 트래킹 시스템 구현

트래킹 시스템은 이동체에 장착된 CCD 카메라의 위치와 자세정보를 제공하기 위해서 두 개의 GPS를 사용한다. 자세 트래킹에는 4개의 GPS 수신 안테나를 가지고 있는 TANS Vector^[5]를 사용하며, 마스터 안테나를 기준으로 yaw, roll, pitch 값을 최고 10Hz로 계산해

내는 기능이 있다.

TANS Vector는 두 개의 입출력(A,B)을 가지고 있다. 채널 B에서는 38400bps의 전송속도로 이동체의 위치와 자세 정보 뿐 아니라, GPS 위성의 상태, GPS 장비의 상태 등 많은 정보가 제공된다.

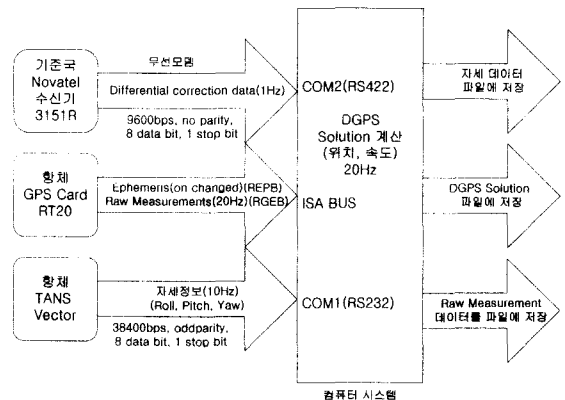


그림 4. 통신계통과 위치, 자세 데이터 처리
Fig. 4. Communication and position, altitude data processing.

그러나 증강현실 시스템에는 실사를 바탕으로 가상 영상을 생성하여 중첩하는 데 필요한 요소 정보 즉, 위치와 자세 정보만이 필요하므로 GPS와 무선 송수신기 사이에 불필요한 데이터를 제거한다. 컴퓨터는 이러한 필터의 역할을 통신포트에서 GPS 장비로부터 나오는 데이터를 TSIP (Trimble Serial Interface Protocol) 포맷으로 수신받아 위치와 자세 정보만을 필터링(filtering)하고 제 2의 포트에 출력한다.

TANS Vector는 위치값도 산출 가능하지만 위치값이 최대 1Hz로 산출되므로 차량이나 헬기과 같은 움직임이 빠른 이동체에 적용하기에는 어려움이 있다. 위치를 측정하기 위하여 RT-20을 추가로 사용하였다.

RT-20은 PC에 설치하는 카드형으로 GPS신호를 받아들이는 수신기 역할을 한다. 이는 DGPS 위성과의 거리와 위치정보 및 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services)보정값을 받아들인다. 여기에서는 RT-20에서 수신된 수신정보중 REPB, RGEBS신호를 ISA BUS를 통하여 20Hz의 신호로서 받아들인다.^[6]

DGPS 프로그램은 RT-20 수신기로부터 20Hz의 Raw Measurement 데이터를 받고 기준국으로부터 1Hz로 전송받은 RTCM 데이터를 이용하여 이동체의 위치를 0.05초마다 구한다.^[7] RT-20수신기로부터 Ephemeris 정보와 Raw measurements를 받고 RTCM data에서 의사거리 보정치를 얻어서 계산된다. RT-20 수신기는 Ephemeris 데이터가 변할 때마다 새로운 Ephemeris 데이터를 보내주고 Raw measurement는 20Hz로 계속해서 보내준다. Raw measurement가 들어오면 해당 위치에 대한 Ephemeris로부터 위성의 위치, 위성시간 바이어스를 구하고 RTCM 데이터를 이용하여 의사거리를 보정한 후 위치해를 구하도록 되어 있다.^[8]

3. 무선 데이터 송수신 장치

무선 데이터 송수신 장치는 카메라가 위치해 있는 이동체로부터 정보를 전송하기 위하여 기준국으로부터 송신되는 GPS 보정신호를 9,600bps의 속도로 받아들이는 무선 데이터 수신부와 산업용 PC에서 출력되는 카메라의 위치와 자세 신호를 지상으로 전송하는 38,600bps의 무선 데이터 송신부, 그리고 CCD 카메라를 이용하여 획득한 영상을 지상으로 전송하는 1.8GHz 대의 무선영상송신장치부로 구성된다. DGPS 기준국에서 DGPS 오차 보정 신호를 송출하면, 이동기지국에

탑재된 무선 송수신기에서 수신하여 GPS 장비로 데이터를 넘겨주며, 산업용 PC에서 출력된 위치 및 자세 데이터를 지상의 무선 수신기로 송신하게 된다. 장치의 구성은 그림 4와 같다.

4. 가상영상 처리 기술

가상영상 처리 기술을 구현하기 위하여 실시간성을 만족하면서 고화질의 영상을 만드는데 유용한 TGS Open Inventor를 이용했다.

1) 3차원 모델링 데이터 및 부가정보 데이터베이스 구축

가상영상 생성을 위한 기본 데이터로서, 실세계의 지형 및 지리 정보 등의 부가 정보를 3차원 모델링 데이터와 결합하여 데이터베이스로 구축한다. 3차원 모델링 데이터는 실영상에 가상 건물과 같은 그래픽 정보를 제공함으로써 조감 시스템과 같은 응용에 활용될 수 있고, 지형 및 지리의 부가 정보는 관찰 지역에 대한 지명이나 연력 등 이용자에게 그 지형·지리를 이해하는데 도움이 되는 정보를 데이터베이스로 구축하고 제공함으로써, 실영상에 대한 이해도를 높이는데 활용된다.

3차원 모델링 데이터는 보통 3D Studio나 AutoCAD 등 널리 사용되는 모델링 툴을 이용하여 생성한 후, 파일형식 변환기(file format converter)를 이용하여 인벤터 파일형식(*.iv)이나 VRML 파일형식(*.wrl)으로 변환하여 사용하였다. 3차원 그래픽 모델러들에 의해 생성된 데이터는 각각의 단위에 의해 데이터값이 결정되므로 그대로 결합하면 서로의 단위가 맞지 않아 이상한 결과를 얻게 된다. 따라서, 동일한 표준 단위로 통일하여야 하는데 본 연구에서는 실환경을 대상으로 하므로 표준 단위인 미터(m)를 사용하여 동일한 기준으로 변환하였고, 모든 모델링 데이터 값을 통합하는 경우는 지도 작성에 주로 사용되는 UTM 좌표값을 기준으로 하여 실제 환경과의 통합을 가능케 하였다.

등고선 데이터는 실세계 환경의 지형구조를 알 수 있는 것으로, 이를 삼각형화를 한 후 가상 모델링 데이터의 배치 테스트 등에 활용되었다. 모델링 데이터의 배치 테스트를 위해, 등고선 상의 3차원 점들을 해석하여 입체로 생성할 수 있는 삼각형화 과정이 필요하다. 3차원 동일 높이의 점들을 연결한 등고선 데이터는 정규 격자를 기본으로 분류하여 격자상의 가중평균값으로 이용하였고, 정규 격자 범위상에 나타나지 않는 경

우는 이웃 데이터를 이용하였다. 위와 같이 삼각형화된 데이터는 조감 시스템과 같이 주로 주변 지형관련 정보가 필요한 경우에 사용된다.^[9]

2) 모델링 정보 구성 및 실제 배치를 위한 좌표계 변환

모델링 데이터 변환은 임의의 단위로 모델링된 가상 오브젝트(여기서는 가상 건물)를 실제계의 길이 표준 단위인 미터 단위로 해석하여 실제계 환경에 적합하도록 데이터 값을 바꾸어 주는 것을 말한다.

모델링 데이터 변환에 있어 고려해야 할 사항은 모델링 데이터의 크기와 위치 및 방향이다. 실제 환경과 어울리는 크기로 모델링 데이터를 scaling 하여야 하고, 실제 배치하고자 하는 위치 및 방향으로 데이터를 바꾸어 주어야 한다.

본 연구에서는 데이터를 가시화하는 단계에서 변환 행렬을 적용하여 가시화하는 방법을 사용했다. 현재 데이터 위치 기준으로 사용한 것은 모델링 데이터의 bounding box의 최소값이다. 이용한 모델링 데이터 형식은 VRML(*.wrl) 파일 형식이나 인벤토리(*.iv) 파일 형식이며, 다른 형식으로 생성된 모델링 데이터는 생성한 데이터 모델링 소프트웨어에서 제공하는 VRML 변환 옵션을 이용하여 VRML 파일로 주로 변환하여 사용했다.

5. 영상정합 처리 기술

증강현실 기술은 실영상과 컴퓨터로 생성한 가상영상을 서로 합성하여 제공하는 기술로서, 본 연구에서는 크로마-키(chroma-key)를 이용하여 실영상과 가상영상을 정합하였다. CCD 카메라로 캡처한 실영상을 배경으로 두고, 컴퓨터에서 생성한 가상영상을 그 위에서 겹쳐 놓는 방식이다. 이때 컴퓨터로 생성한 가상영상의 배경 부분은 투명하게 만들어 CCD 카메라로 캡처한 실영상이 보이도록 하였다. 이러한 절차를 통해 사용자는 실영상과 가상영상을 동시에 볼 수 있으며, 이 작업은 PC Vision Pro라는 오버레이 보드를 이용하여 구현하였다.

CCD 카메라로부터 입력되는 실영상과 GPS의 데이터를 입력받아 가상영상을 만드는 과정에는 상호간에 시간차이가 발생된다. 따라서 실영상과 가상영상이 준비되는 즉시 영상 합성을 실시하게 되면 서로간의 생성 시간차에 의해 동기가 맞지 않게 된다. 상대적으로 생성 시간이 빠른 실영상을 가상영상이 준비될 때까지

지연시켜 동시에 출력하는 방법을 사용하였으며, 그림 5는 이러한 과정을 나타내고 있다.

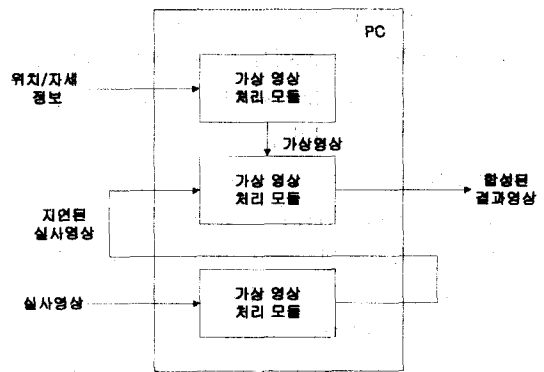


그림 5. 실영상 지연 및 영상 정합 처리
Fig. 5. Real image delay and image matching processing.

CCD 카메라로부터 입력되는 영상은 무선 데이터 송신장치를 통하여 기지국으로 전송하고, 이 정보는 FastImage 보드로 입력된다. FastImage 보드에서는 GPS에서 입력된 위치와 자세 정보를 이용하여 영상 관련 부가정보에 해당되는 가상영상을 만들 동안 실영상의 출력을 지연시킨 다음, 오버레이 보드인 PC Vision Pro로 입력하여 생성된 가상영상과 합성하였다.

III. 실험 및 고찰

1. 단위 실험

위치 및 자세 실험에서는 정적인 상태에서 신출되는 위치와 자세값을 측정할 결과 위치 오차는 20m 정도이며, 자세의 오차는 dir 0.3 deg(rms)이다. 위치 측정은 DGPS를 사용하지 않은 상태이며, 초당 1번의 위치값만을 산출하므로 자동차나 무선조정 헬기등과 같이 고속으로 이동하는 상태에서 이 값을 쓰기에는 부적절하다.

자세 측정값에 대한 결과는 현재 시스템의 안테나의 기저선(Baseline)이 80cm 밖에 되지 않기 때문에 얼마간의 오차가 발생하는 상태이며, 안테나가 자동차나 헬기에 장착되므로 안정적인 운항 및 이착륙시 발생할 수 있는 돌발사고로부터 안테나를 보호하기 위하여 현재 안테나의 기저라인을 1m 이상되도록 설치하기가 어려움이 있다.

GPS 실험은 컴퓨터에서 안테나에 수신된 원 데이터와 기준국으로부터 수신된 DGPS 보정 신호를 이용하여 위치 측정값을 계산하였으며, 컴퓨터에서 DGPS를 이용한 위치 측정에 약 0.5초의 시간이 소요되었으며 오차는 10m (RMS) 이내로 일반적인 DGPS 장비를 사용하는 것과 비슷한 성능을 보였으며, 자동차나 헬기와 같은 고속이동체에 탑재된 CCD 카메라의 위치를 측정하기에는 적합하였다.

위치 측정은 최대 20Hz로 가능하나 현재 탑재된 486 PC의 처리 능력이 이를 모두 수용하기에는 어려우며, 위치 10Hz, 자세 10Hz의 위치 자세 측정을 하여 38,600bps로 이 값을 지상으로 전송한다.

영상 신호 송신에 사용하는 반송 주파수가 1.2Ghz의 고주파이므로, 지향성이 높아 송신측 안테나와 수신측 안테나의 위치 부정합시에는 노이즈가 발생하고 있으나, 근거리에서는 사용이 가능하였다. 단위 시스템의 구성도는 그림 6과 같다.

2. 통합실험

통합 실험은 2가지 형태로 분리하여 실험하였다. 먼저 자동차에 각 단위 시스템을 설치하여 자동차가 이동할 때 자동차의 현재 이동 위치와 도로의 상태에 따른 고도의 추적 성능을 실험하였고, 다음으로 R/C 헬리콥터에 제작된 단위 시스템을 통합하여 공중을 항행

하면서 현재 시점의 위치 및 고도와 지상의 건물등을 촬영하여 그 영상 및 위치, 고도와의 정합상태에 대한 성능실험을 하였다.

실험을 위하여 기준국에 GPS 수신기와 무선송신기를 설치하였으며 GPS 수신기로부터 의사거리 측정값과 반송파 위상 측정값을 측정한 다음 반송파 위상을 이용하여 의사거리 보정값을 생성하였다. 생성된 의사거리 보정값은 무선 송신기를 통해 차량에 전송되고 차량 주행실험은 주행 시 실시간으로 데이터를 처리하는 동시에 기준국과 차량에서 데이터를 파일로 저장한 다음 후처리로 반송파 위상을 이용하여 주행궤적에 대한 정밀 위치를 측정하였다. 그리고 주행구간은 기준국에서 약 200m 정도 떨어진 구간에서 약 100m 구간을 2회 왕복하는 실험을 수행하였다.

그림 7은 차량 실험을 하기위한 시스템 통합 모습이고, 그림 8은 실시간으로 구한 DGPS 평면 궤적과 반송파 위상을 이용하여 계산한 DGPS 성능 평가의 기준 궤적을 나타낸다. 그림 8에서 실선은 실제의 궤적이고 연한 선은 실험에서 얻어진 궤적이다. 그림 9와 10은 고도 및 위치를 나타낸다.

DGPS 성능평가는 반송파 위상을 이용하여 다음의 알고리즘을 적용하여 계산하였다. 반송파 위상의 변화량, 즉 $\Delta\phi(t_i, t_{i-1})$ 은 사이클슬립에 덜 민감하므로, 우선 아래 식 (5)와 같이 t_i 에서의 코드 의사거리 측정값

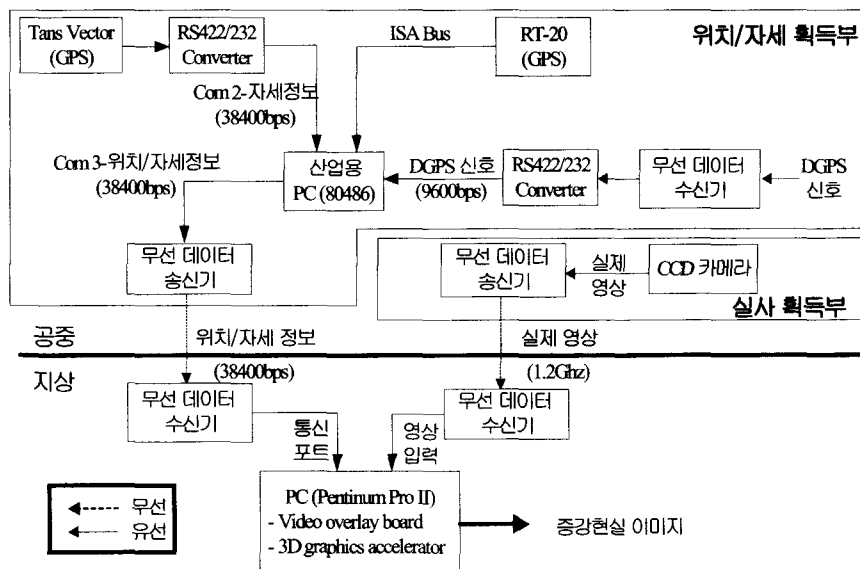


그림 6. 단위 시스템의 구성도
Fig. 6. Block diagram of the unit system.

에서 t_1 에서부터 t_i 까지의 반송파 위상의 변화량을 본다.



그림 7. 차량을 이용한 실험
Fig. 7. Experiment with moving car.

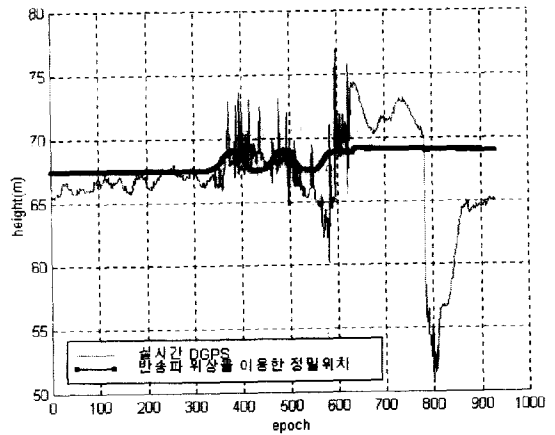


그림 10. 차량의 고도 궤적
Fig. 10. Moving car altitude trajectory.

$$R(t_i)_i = R(t_i) - \Delta \Phi(t_i, t_1), \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (5)$$

그리고 t_i 에서부터 t_i 까지의 평균값을 구한다.

$$R(t_i)_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R(t_i)_i \quad (6)$$

$$R(t_i)_{mi} = \frac{n-1}{n} R(t_i)_{m(i-1)} + \frac{1}{n} R(t_i)_i$$

$$\text{if } n \leq K, \quad n = n \quad (7)$$

$$\text{if } n > K, \quad n = K$$

여기서, K 는 평활화 상수이다. 그리고 t_i 에서의 평활화된 의사거리는 아래 식(8)과 같이 계산할 수 있다.

$$R(t_i)_{sm} = R(t_i)_{mi} + \Delta \Phi(t_i, t_1) \quad (8)$$

이 알고리즘을 이용함으로써 측정오차가 포함되어 있는 n 개의 코드 의사거리를 평균화하고 코드 의사거리에 포함되어 있는 측정오차를 줄일 수 있다.

차량을 이용한 주행 실험 결과는 표 1과 같다. 오차 값은 실시간 DGPS를 이용해 나타난 값과 반송파 위상을 이용한 계산값과의 차이를 의미한다.

그림 11은 R/C 헬기의 다리부분에 각 단위 시스템을 통합한 모습이며, 그림 12는 실제영상에 미리 제작한 가상영상 및 부가정보를 합성한 화면이다.

본 연구에서 개발된 증강현실 시스템은 자동차를 이용한 실험에서는 자동차가 이동한 이동궤도 및 도로의 사정에 따른 고도의 상태가 비교적 정확하게 측정되었으며, R/C 헬기를 조정하여 운항함으로써 CCD 카메라

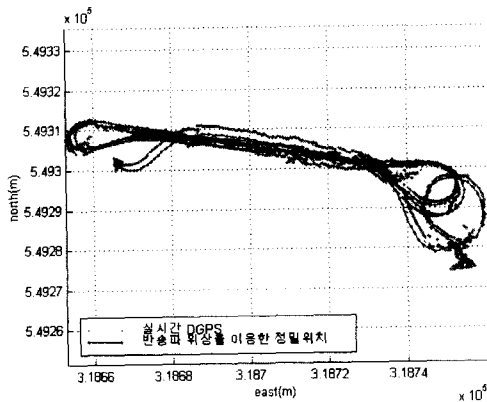


그림 8. 차량의 평면 궤적
Fig. 8. Plane trajectory by car.

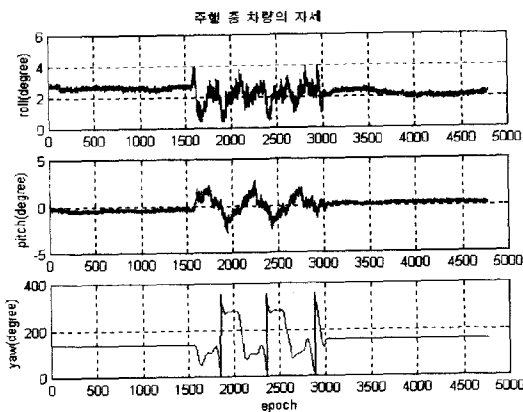


그림 9. 차량의 자세 변화
Fig. 9. Moving car transformation position.

를 이용하여 원하는 방향에서의 실사영상을 확인할 수 있었으며 그 화면에 사용자가 원하는 문자 및 영상정보를 정합하여 볼 수 있었다.

표 1. 차량을 이용한 주행 시험 결과
Table 1. The experiment results using car.

구분		오차
자세	Roll	0.1009도
	Pitch	0.1086도
	Heading	0.1292도
위치	East	1.413m
	North	2.4072m
	Height	2.9129m



그림 11. R/C헬기의 시스템 통합 모습
Fig. 11. System integration on R/C helicopter.



그림 12. 증강된 결과 영상
Fig. 12. The Augmented results image.

IV. 결 론

증강현실은 인간과 컴퓨터의 상호작용 분야에서 새

로운 패러다임을 제공하고 있다. 특히 현재의 가상현실은 특정한 가상 환경을 컴퓨터로 구축하고 사용자가 이 가상세계에 몰입하여 적응함으로써 실제환경에 익숙하게 하는 인간과 컴퓨터의 상호작용을 실현하는 것에 비하여 증강현실은 컴퓨터에서 생성한 가상 환경과 실제 환경 중첩하여 제공함으로써 현실 세계의 현상에 대한 이해를 높일 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 옥외에서 사용할 수 있는 증강현실 시스템의 원격지 영상 획득 및 카메라 위치 및 자세 시스템을 구현하였다. 지금까지 연구되고 있는 대부분의 증강현실 관련 기술이 실내에서 고정밀의 트래킹 기술에 초점을 맞추고 있는 반면, 본 시스템은 옥외에서 원격 이동 시스템과 GPS를 이용하여 카메라의 위치와 자세를 측정하므로 실내에서 사용되는 트래킹 방법에 비하여 정밀도가 떨어지는 단점이 있으나, 무인정찰기, 항법지원 시스템과 같은 옥외용 증강현실 응용분야의 트래킹 기술로 사용하는 것이 가능하다는 것을 실험을 통하여 입증하였다.

미국과 일본 등 선진국에서는 증강현실이 지닌 가능성에 대한 인식을 가지고 방송, 의료, 국방 등 다양한 분야에서 활발한 연구가 진행되고 있으나 국내에서는 연구가 미약한 상태이므로 더욱 많은 노력이 필요하다. 향후에는 현재 시스템의 안정화 작업 및 보다 고정밀의 위치와 자세 정보를 얻을 수 있는 기술 개발에 대한 노력을 하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] P. Milgram and F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays", *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E77-D, No. 12, pp. 1321~1329, 1994.
- [2] 김주완, 김해동, "증강현실 기술", *소프트웨어 기술동향*, 제 2 권, 제 2 호, pp. 107~131, 1998.6
- [3] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", In *Presence: Teleoperation and Virtual Environments*, Vol. 6, No. 4, pp. 355~385, Aug 1997.
- [4] S. Feiner, B. Macintyre, and D. Seligmann, Knowledge-based augmented reality, *Comm. ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 53~61, 1997.

- [5] TANS Vector specification and user's manual, Trimble Navigation Limited, 1996.
- [6] GPS/GIS 연구센터, "97 GPS Workshop Tutorial, 1997
- [7] RTCM, "RTCM Recommended Standards For Differential NAVSTAR GPS Service Version 2.1", Radio Technical Commission For Maritime Service, January 3, 1994.
- [8] S. Henray, B. Macintyre, D. Seligmann, "Knowledge Based Augmented Reality", Comm ACM, Vol. 30, No. 7, pp. 132~139, July, 1993.
- [9] R. Eric, D. Breen, K. Ahlers, C. Crampton, M. Turcetyan, R. Whitaker, and D. Greer, Annotation Real World Objects Using Augmented Reality, Proceedings of Computer Graphica International '95, pp. 357~370, 1995.

저 자 소 개



崔 兌 宗(正會員)

1997년 2월 : 동신대학교 정보통신 공학과(공학사). 1999년 8월 : 명지대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 2000년 3월 ~ 현재 : 명지대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학. <주관심분야 : 장애인 인터페이스, 의용신호처리, 가상현실>

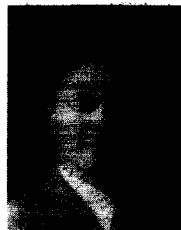
스, 의용신호처리, 가상현실>



許 雄(正會員)

1951년 2월 8일생. 1973년 2월 인하대학교 전자공학과(공학사). 1975년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과(석사). 1985년 2월 인하대학교 대학원 전자공학과(박사). 1989년 8월~1990년 7월 일본 동경대학 객원조교수. 1979년 3월 청주대학교 전자과 전임강사. 1980년 9월~현재, 명지대학교 전자과 교수. <주관심분야 : 의용계측, 의용신호처리>

원조교수. 1979년 3월 청주대학교 전자과 전임강사. 1980년 9월~현재, 명지대학교 전자과 교수. <주관심분야 : 의용계측, 의용신호처리>



金 正 國(正會員)

1960년 4월 5일생, 1982년 명지대학교 전자공학과(공학사). 1984년 명지대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1993년 University of Illinois at Chicago, Bioengineering (공학박사). 1984-1985: Beam Telecommuni-

cation, Inc. (미국 Chicago 소재) Project Engineer, 1986~1993년 University of Illinois at Chicago, 연구 및 교육조교. 1994~1999년 Guidant Corp. (미국 St. Paul 소재), Senior Research Scientist. 1999년~현재, 명지대학교 전자공학과 조교수. <주관심분야: 전자 의료 시스템 설계, 의용 신호 처리 및 인식>



張 鉉 泰(正會員)

1989년 : 서울대 자연대학 대기과학 학사. 1994년 : 충남대학교 전산과학 석사. 2001년 : 충남대학교 컴퓨터과학 박사. 1989~1997년 : 시스템공학연구소 선임연구원. 1997~현재 : 한국전자통신연구원 컴퓨터소

프트웨어연구소 가상현실연구부 증강현실연구팀 팀장 (책임연구원). <주관심분야: 가상현실, 컴퓨터 게임, 휴먼 인터페이스 등 >