

옥외용 증강현실 시스템을 위한 영상정합기술 구현

김주완, 변기중, 이동춘, 장병태
한국전자통신연구원
e-mail : juwan@etri.re.kr

A Study on Registration Techniques for Outdoor Augmented Reality System

Ju-Wan Kim, Ki-Jong Byun, Dong-Chun Lee, Byung-Tae Jang
VR Center, Electronics & Telecommunications Research Institute

요 약

증강현실은 사용자가 보고 있는 실세계의 영상과 컴퓨터가 생성한 가상의 영상이 실시간으로 합성된 영상을 제공하여 사용자에게 실세계에 대한 이해 및 현실감을 높여 줄 수 있는 기술로서 국방, 의료, 교육, 건축설계, 게임, 방송 등 여러 응용 분야에서 연구가 진행 중이거나 활용 중에 있다. 증강현실에서 실세계의 대상 물체들과 관련된 부가 정보의 실시간 정합 기술은 매우 중요하다. 본 논문은 옥외 실험 환경에서 실시간 정합을 위해 지역 및 전역 트래커의 오차에 대한 보정방법과 지역 및 전역 트래커의 데이터를 이용한 실세계 영상 및 부가 정보 영상의 시점 계산 방법을 소개한다.

1. 서론

증강현실 기술은 현재 국방, 의료[4], 교육, 건축설계, 게임, 방송 등 여러 응용 분야에서 연구가 진행 중이거나 활용 중에 있다. 예를 들어, 야간이나 악천후 시에 항공기의 이착륙을 지원을 위해 미국의 보잉사에서 개발 중인 FLILO[5], 대학 캠퍼스 안내 시스템으로 미국 콜럼비아 대학에서 개발 중인 MARS - Mobile Augmented Reality Systems[6], 그리고 Symah Vision의 증강현실을 이용한 방송 시스템 등이 있다 [7].

증강현실이란 사용자가 보는 실세계 영상에 3D 가상 정보들을 실시간으로 정합하여 제공하여 사용자에게 실세계에 대한 현실감 향상 및 이해를 돕는 기술이다[1]. 가상현실(Virtual Reality)에서 파생된 기술분야이지만 가상현실이 사용자가 완전히 몰입되는 가상세계를 제공하는데 비하여, 증강현실은 사용자가 보는 실세계의 영상을 기반으로 가상 객체들을 함께 제공하는 차이점이 있다.

증강현실은 일반적으로 영상 정합, 상호작용, 그리고 실시간의 3 가지의 특징을 가지고 있다. 영상 정합은 사용자가 보는 실세계 영상에서 대상 물체와 관련

된 가상 부가 정보가 같은 위치에 존재함을 의미한다. 상호작용은 증강현실 시스템과 사용자 사이에 상호작용이 있어야 함을 의미한다. 예를 들어, 사용자가 보는 실세계 영상은 사용자의 위치 또는 주시 방향이 바뀔 때 따라 변하고 정합되는 영상도 이 변화에 대응하여야 한다. 마지막으로 실시간은 영상 정합과 상호작용이 실시간으로 일어나야 함을 의미한다. 증강현실에서는 위의 특징과 같이 영상의 정합이 사용자의 위치 및 자세의 변화에 대응하며 실시간으로 이루어져야 한다. 이를 위해서 사용자의 정확한 위치/자세에 대한 실시간 측위는 사용자의 시점과 일치하는 가상 영상의 생성 및 합성을 위해 매우 중요하다.

본 연구는 자동차를 운행하는 조종사에게 실세계 영상과 각종 항법관련 부가정보를 정합하여 제공하는 차량 항법용 증강현실 시스템의 기반 기술을 프로토타입의 구축을 통하여 개발하는 것이다. 차량을 이용한 옥외 환경에서의 영상 정합은 정확한 위치/자세의 측위에 있어서 실내환경보다 어려움이 있다[3]. 따라서 본 논문은 영상정합을 위하여 지구상의 카메라 절대 위치에 대한 보정 방법, 영상 정합을 위한 변수 산출 방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

본 논문은 2장에서 증강현실 시스템의 구성 방식과 3장에서 프로토타입 시스템의 개략에 대해 설명하고, 4장에서 트래커의 보정 방법을 기술하고, 5장에서 정합을 위한 변수 산출 방법을 기술한다. 마지막으로 6장과 7장에서 실험 결과, 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 증강현실 시스템 구성 방식

증강현실 시스템을 구성하는 방법은 사용자가 바라보는 실세계 영상과 컴퓨터에서 생성한 가상 영상을 합성하는 방법에 따라 광학 합성 방식과 비디오 합성 방식으로 나눌 수 있다[1].

광학 합성 방식은 가상현실에서 사용되는 일반 HMD와는 약간 다른 see-through HMD를 사용하여 사용자에게 최종적으로 정보를 제공한다. 그림 1은 see-through HMD를 이용한 광학 합성 방식의 증강현실 시스템 개념도이다.

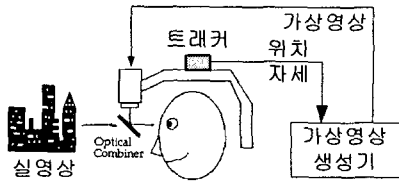


그림 1. 광학 합성 방식

이 방식에서는 see-through HMD에 부착된 트래커(tracker)로 사용자의 위치/자세를 측정하고, 이를 이용하여 가상 영상생성 모듈에서 사용자가 주시하는 실세계 영상에 동조하는 가상영상을 생성한다. 생성된 가상영상은 see-through HMD 내에 존재하는 디스플레이 장치를 통해 출력되고, 사용자는 광학합성기를 통해 실세계를 보면서 광학합성기에 투사된 가상정보를 동시에 볼 수 있다. 따라서, see-through HMD를 착용한 사용자는 안경을 쓴 것과 같이 직접 실세계를 볼 수 있으며, 사용자가 움직일 때마다 가상영상도 함께 움직이는 것을 볼 수 있게 된다. 광학 합성 방식은 합성기를 통하여 직접 실세계를 보기 때문에 빠른 움직임에 대해서도 실세계 영상이 단절되거나 깜빡이는 현상이 없지만 옥외환경과 같이 투과되는 빛의 양이 많을 때에 가상영상이 명확히 보이지 않을 수 있는 단점이 있다.

비디오 합성 방식은 그림 2에서 보는 바와 같이 비디오 카메라와 같은 영상 획득 장치를 이용하여 실세계 영상을 획득하고, 영상 획득 장치와 일체형으로 부착된 트래커의 위치/자세 데이터를 이용하여 이 실세계 영상에 동조하는 가상영상을 생성한다. 이렇게 생성된 영상들은 비디오 합성기에 의해 합성되고 일반 HMD 또는 모니터를 이용하여 사용자에게 표출된다.

비디오 합성 방식은 실세계 영상과 컴퓨터에서 생성한 가상영상이라는 독립된 영상 스트림(stream)을 합성해야 하므로, 광학 합성과는 달리 비디오 합성기와 같은 부가 장비가 필요하지만 옥외환경에서도 실세계 영상과 가상영상을 모두 명확히 볼 수 있는 장

점이 있다.

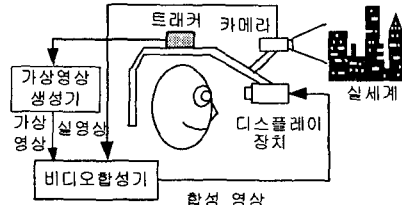


그림 2. 비디오 합성 방식

본 연구에서는 옥외환경에서 차량을 이용하여 정합 실험을 하였으므로 비디오 합성방식이 채택되었다.

3. 차량 항법용 증강현실 프로토타입 시스템의 개략

본 연구에서 증강현실을 이용한 차량 항법 프로토타입 시스템은 주행 시에 차량 내부에 있는 CCD 카메라를 통하여 원하는 실세계의 영상을 촬영하게 된다. 그리고 CCD 카메라에 부착된 센서의 위치/자세 측위를 위해 전역 트래커와 지역 트래커가 이용된다.

전역 트래커는 지구상의 차량 절대 위치/자세를 측위하기 위해 GPS가 사용되고 지역 트래커는 차량 내부에서 CCD 카메라에 부착되어 있는 센서의 위치/자세를 측위하기 위해 Local Tracker가 사용된다. 그러나 전역 트래커와 지역 트래커의 측위 데이터는 많은 오차를 포함하고 있기 때문에 트래커 보정 모듈에 의해 보정된다.

증강현실 영상생성 모듈은 실세계의 영상에 정합될 가상 항법 정보 영상을 생성하는데, 이 영상은 전역/지역 트래커의 위치/자세 데이터를 정합 변수에 대입하여 구한 CCD 카메라의 위치/자세를 기준으로 생성한다. 이렇게 생성된 가상 항법 정보 영상은 영상합성 모듈에 의해 실세계 영상과 합성되어 조종사에게 제공된다. 그림 3은 본 시스템의 구성도이다.

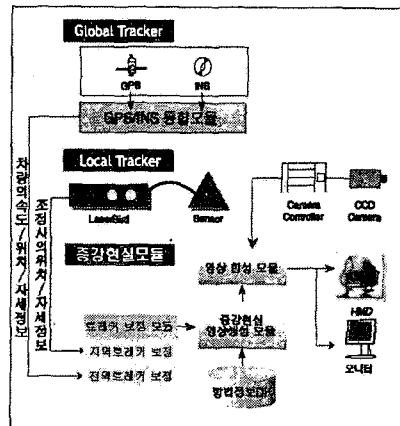


그림 3. 시스템 구조도

4. 트래커 보정

가상 항법 정보 영상을 생성하기 위하여, 영상 획득

특 시 사용된 트래커의 정확한 위치와 자세 데이터가 요구된다. 이에 영상 획득 시 사용된 트래커에서 발생하는 위치와 자세의 오류를 보정하기 위한 방법을 다음 절에서 제시한다.

4.1 지역 트래커의 보정

본 연구에서 지역트래커로 사용된 Ascension 사의 Laserbird 은 그림 4 와 그림 5 과 같이 센서를 Z 축으로 600mm 이동하였을 때 X 축으로 45mm 그리고 Y 축으로 70mm 정도의 오차가 발생하는데 이러한 오차를 줄이기 위해 멀티샘플링(Multisampling) 방법을 이용하였다.

멀티샘플링 방법은 지역 트래커의 센서가 차량 내부의 제한된 공간 안에서 움직이는 특징을 이용한 것으로서, 제한된 공간의 범위를 미리 정의하고 이 범위 내에서 센서 위치를 미리 샘플링 작업을 수행한다. 이때 센서의 실제 위치는 특별히 제작된 실험환경을 이용하여 측정하였다. 미리 정의된 범위 내에서 센서를 각 축으로 50mm 씩 움직이며 실제 센서의 위치와 트래커가 제공하는 위치를 기록한다. 실시간 정합 시, 지역 트래커 모듈이 제공하는 센서의 위치와 가장 접근하는 샘플과, 이 샘플과 X, Y, Z 축에 대하여 가장 근접한 샘플 3 개를 찾아서 이 샘플들에 대해 Linear Interpolation 을 적용하여 예상 되는 센서의 실제 위치를 계산한다.

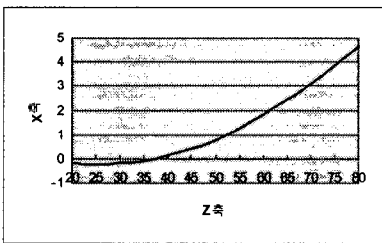


그림 4. Z 축 값의 변화에 따른 X 축 값의 변화

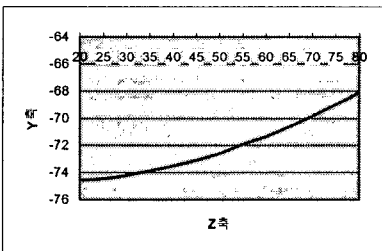


그림 5. Z 축 값의 변화에 따른 Y 축 값의 변화

그림 7 은 멀티샘플링 방법을 이용하여 지역 트래커를 보정한 후 실내 정합 실험을 한 결과로서 비교적 정확한 정합 결과를 얻었다.

4.2 전역 트래커의 보정

본 연구에서 사용한 전역 트래커는 노바텔 회사의

GPS 로써 수신되는 데이터의 정확도는 위경도에 있어 8m, 고도의 경우 15m 의 오차가 발생한다. GPS 수신 데이터의 이러한 오차는 GPS 기기들에 따라 그 오차 범위가 다르지만 일반적으로 위경도보다 고도의 오차가 더 크며 그 오차는 5m 에서 20m 에 이른다. 본 시스템에서는 GPS 수신데이터의 이러한 오차를 줄이기 위해서 맵매칭 방법을 사용하였다

맵매칭이란 운전자가 DGPS 를 이용하여 도로정보를 상세히 측량하고 GPS 수신 모듈에서는 이렇게 측량된 데이터를 참조하여 수신된 GPS 데이터를 보정하게 된다. 이러한 맵매칭의 방법은 운전자가 DGPS 를 이용하여 미리 측량된 도로를 따라 운전한다면 실사와 3D 영상이 비교적 정확히 정합 된다.

5. 정합 변수 산출

4 장에서와 같이 보정된 트래커의 데이터는 가상 항법 정보 영상의 생성 때 필요한 CCD 카메라의 시점 계산을 위해 사용된다. 그러나 센서는 카메라와 일체형으로 부착되어 있으며 지역 트래커는 센서의 위치/자세 정보를 제공하고, 이것은 카메라의 위치/자세 값과는 다르다. 그렇지만 센서가 카메라에 고정되어 부착되고 나면 센서와 카메라의 위치/자세정보의 차이 값은 항상 일정한 상수 값을 가지므로 정확한 카메라의 위치/자세 정보를 계산하기 위해서는 카메라에 센서를 부착하고 난 다음 이 상수 값의 계산이 선행되어야 한다. 또한 CCD 카메라의 실제계 영상의 FOV(Field Of View)와 가상 항법 정보의 FOV 가 일치하여야 정확한 정합이 이루어짐으로 CCD 카메라의 FOV 측정도 필요하다.

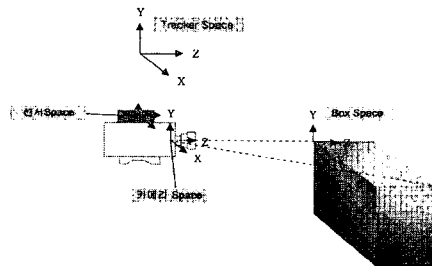


그림 6. Offset 을 위한 배치

먼저 센서와 카메라 사이의 위치/자세 Offset 을 구하기 위하여 그림 6 과 같이 센서, CCD 카메라, 그리고 박스를 배치한다. t 는 트래커 스페이스, s 는 센서 스페이스, c 는 카메라 스페이스, 그리고 b 는 박스 스페이스 일 때, 카메라 스페이스에서 트래커 스페이스까지의 자세 Offset 을 Quaternion 으로 나타내면 다음과 같이 표현된다[2].

$$Q_{tc} = Q_{ts} \cdot Q_{sc}$$

여기서 Q_{ts} 는 트래커에서 나오는 자세 데이터이고 Q_{sc} 는 다음과 같다.

$$Q_{sc} = Q_{st} \cdot Q_{ic} = Q_{st} \cdot Q_{ib} = Q_{is}^{-1} \cdot Q_{ib}$$

박스 스페이스와 카메라 스페이스가 일치하도록 배치되어 있고 Q_{ib} 는 사전에 알 수 있으므로 Q_{sc} 를 구할 수 있고, 따라서 Q_{ic} 를 구할 수 있다.

s 가 센서의 원점이고 c 가 카메라의 원점 일 때, 카메라의 원점과 센서의 원점 사이의 위치 Offset 벡터는 다음과 같이 표현된다.

$$\vec{cs} = \vec{p} - \vec{c}$$

\vec{cs} 는 트래커 스페이스에 의해 구해진 벡터임으로 카메라 스페이스로의 변환이 필요하고 Q_{ct} 를 이용하여 변환한다. Q_{ct} 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Q_{ct} = Q_{cs} \cdot Q_{st} = Q_{cs}^{-1} \cdot Q_{st}^{-1}$$

카메라의 Field Of View(FOV)는 카메라를 박스로부터 미리 정해진 거리에서 박스의 정면을 보도록 위치시키고 FOVx와 FOVy를 계산한다.

그림 7는 지역 트래커의 보정 이후, 변수를 적용한 실내 정합의 결과이다.

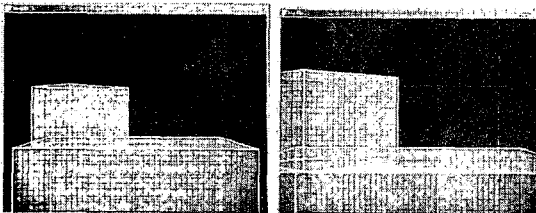


그림 7. 실내정합 실험 결과

6. 실험 결과

본 연구에서 실사영상과 가상 영상 합성의 정확도는 카메라의 시점 위치의 정확도에 의해 결정된다. 그리고 이러한 카메라의 시점 위치는 전역 트래커 시스템과 지역 트래커 시스템에 의해 결정된다. 전역 트래커 시스템에서는 맵매칭 방법을 사용하여 차량의 위치/자세 오차를 최대 2 미터/0.5 도 이내로 낮출 수 있었고 지역 트래커 시스템에서 위치/자세 오차를 약 2mm/0.5도로 낮출 수 있었다.

그러나 이러한 보정후의 오차도 카메라의 위치정보에 영향을 주게 되어 합성된 결과 영상의 정확도를 낮출 수 있다. 하지만, 본 연구는 주로 큰 건물 또는 단지 위주의 영상정합을 수행하였기 때문에 그림 8과 같이 계산의 오차는 영상정합에 커다란 영향을 미치지 못하였다.

7. 결론

본 논문에서는 증강현실을 위한 실세계 영상과 가상 환경 정보의 실시간 정합을 위해 멀티샘플링과 맵매칭 기법을 이용하여 위치/자세 측위 데이터의 정확도를 높였고 정합 변수를 이용하여 카메라 초점의 위치/자세 데이터를 계산하였다.

향후 연구 과제로서 본 논문의 결과를 이용한 헬리콥터 항법용 증강현실 소프트웨어 개발을 계획 중이

며, 가상 항법 정보를 위한 증강현실 DB와 위치/자세 측위 데이터의 정밀도 향상이 연구될 것이다.



그림 8. 영상 정합 결과 화면

참고문헌

- [1] R. Azuma, A Survey of Augmented Reality, Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, No. 4, pp.355-385, August, 1997
- [2] R.Azuma, "Predictive Tracking for Augmented Reality. Ph.D. dissertation, UNC Chapel Hill Department of Computer Science technical report TR95-007," Feb., 1995
- [3] Bajura, M., Neumann, U., Dynamic Registration Correction in Augmented Reality Systems, IEEE VRAIS 1995 proceedings, 1995, 189-196.
- [4] Bajura, M., Fuchs, H., Ohbuchi, R. Merging Virtual Reality with the Real World: Seeing Ultra-sound Imagery within the Patient, Computer Graphics (Proceedings of Siggraph), 1992, 203-210.
- [5] Jeff Guell(1999), Flying Infrared for Low Level Operations (FIFLO): System Description & Capabilities, 0-7803-5749-3,1999.
- [6] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, and T. Webster, A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment., ISWC '97 (First Int. Symp. on Wearable Computers), October 13-14, 1997, Cambridge, MA. Also as: Personal Technologies, 1(4), 1997, pp. 208-217
- [7] S. Feiner, B. MacIntyre, and D. Seligmann, Knowledge-based augmented reality, Comm. ACM, 36(7), 1993, 53-62.