

중심시점 일치 알고리즘 기반 원격제어 굴삭기의

파노라믹 입체 모니터링 시스템

Panoramic-Stereopic Monitoring System for Tele-Operating Excavator by Using Center-viewpoint Corresponding Algorithm

김 봉 석* · 박 창 우* · 진 세 응* · 이 종 배*

Kim Bong Seok · Park Chang Woo · Jun Se-woong · Lee Jong Bae

ABSTRACT

In this paper, we propose a system which can display panoramic-stereopic image for tele-operating excavator. the system was implemented by using center-viewpoint corresponding algorithm and image mosaic process. We could obtain remarkable result from the survey among the expert of excavator. We also design a control station with RF transfer module, H.264 codec module and suggested algorithm. Especially, our system shows a superb performance on cubic effect and presence sense of a field of excavating work.

Keywords: *stereopic camera, excavator, stereo conversion, image mosaic .*

1. 서 론

현재 건설 산업현장에서 나타나는 숙련공 부족현상, 안전상의 문제로 인한 노무 생산성 저하, 임금 상승으로 인한 채산성 악화, 품질의 균일성 및 안전성 확보의 어려움 등의 문제점이 있다. 특히 건설산업의 특성상 타 산업에 비해 안전사고의 위험이 항상 내재 되어있어 건설 산업의 경쟁력 약화의 중요한 요인으로 나타난다.

위험 혹은 유해한 작업환경에서 운용되는 토공장비의 경우 장비조종자가 위험에 노출되게 되므로 장비의 원격 조작화가 절실히 요구되고 있다. 이러한 종류의 작업으로는 매립지에서의 다짐 및 복토공사, 지뢰 및 폭탄 등의 폭발위험이 있는 장소에서의 토공작업, 다양한 복구 작업등이 있을 수 있다. 이러한 작업을 수행할 경우 토공장비를 원격지에서 정밀 제어할 수 있다면 조작자의 안전을 확보 할 수 있을 뿐 아니라 각종 안전 보조 장치를 통해 굴삭기 손상 예방이 가능하다.

최근 원자력 발전소 관리 로봇, 폭탄제거 로봇, 소방 로봇 등 위험지역에서의 작업을 수행하는데 있어서 로봇의 사용은 많은 연구가 진행 되어왔다. 그러나 로봇 센서의 한계로 인하여 사람이 직접 위험물 앞에서 작업을 하는 것과 비교하여 불 때 일의 효율과 로봇의 안전성 면에서 실용화 수준에 근접할 수 없었다.

이를 해결하고자 사람인지 감각중 큰부분을 차지하는 시각센서의 현실화부분에 원격지 조작시스템 연구가

* 전자부품연구원(KETI) Email: seize95, drcwpark, daniel, leejb@keti.re.kr

집중 되었고 그 해답으로 입체카메라를 이용한 입체 모니터링 시스템이 개발 되었다. 그러나 기존의 연구에 서는 작업 상황에 맞추어 중심시점이 동적으로 변하는 입체 영상을 실시간으로 제공하지 못하였고 이에 입 체영상을 통해 작업하는 작업자에게 피로와 두통을 유발하여 정상적인 원격지 조작을 수행할 수 없었다.

이를 극복하고자 우리는 2쌍의 스테레오 카메라기반에 중심시점 일치 알고리즘을 적용하여 조작자가 가지 는 넓은 시각과 고화질 영상을 확보하고 보다 인간 시각에 충실한 입체 영상 정보를 실시간으로 제공한다. 나아가 이를 활용한 원격 굴삭기의 원격 입체 조작 스테이션 시스템을 제안 하였으며 실험 및 설문문을 통하 여 중심시점 일치 알고리즘이 작업자에게 보다 편안한 입체 영상을 제공함을 입증하였다.

2. 중심시점 일치 알고리즘을 사용한 파노라믹 입체 시스템

영상이 충분히 외곽되지 않는 렌즈를 사용한 카메라는 카메라 초점 축을 기준으로 약 90정도의 시각을 가 진다. 그러나 사람이 약 179도의 시각을 가지는 것에 비하면 단일 카메라를 사용하였을 때 입체모니터를 시 청하는 조작자의 입장에서는 답답함을 느끼게 된다. 이를 해결하기 위하여 2쌍의 스테레오 카메라를 사용하 여 FOV(Field of View)를 확장시키고 중심시점 일치 알고리즘을 사용하여 입체영상에 대한 어지러움을 개 선한 입체 시스템을 제안한다.

2.1. 파노라믹 입체 시스템

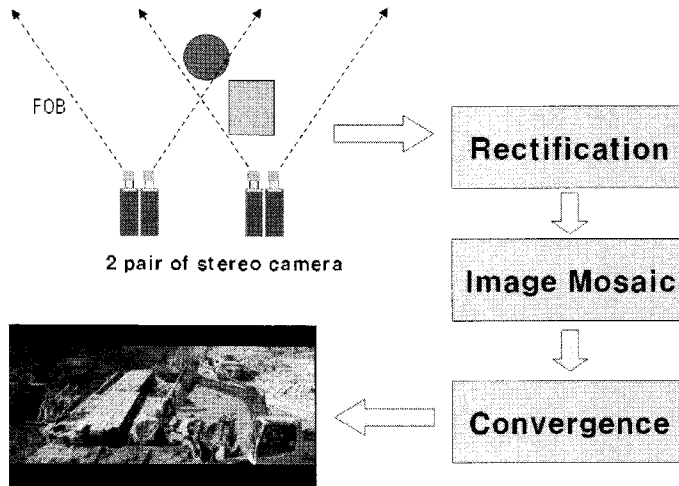


그림 1 파노라믹 입체 시스템 개관

카메라 파라미터가 서로다른 영상을 정합시키기 위해서 우선 카메라 파라미터를 구해야 한다. 이에 우리 는 Tsai의 알고리즘을 사용하여 카메라의 내부 및 외부 파라미터를 구하였으며 4개의 카메라중 1번 카메라 에 의 에피폴라 라인을 기준으로 각 영상을 정형화(Rectification)하였다. 이렇게 정형화된 4개의 이미지기반 으로 각각의 스테레오 카메라의 왼쪽영상과 오른쪽 영상을 식 1번에 의해 정합(Image Mosaic)하였다.

$$P = s(B_l M_{1(\text{rectified})} + B_r C_{l2} M_{2(\text{rectified})} + B_t I) \quad (1)$$

여기서 P 는 정합된 결과물로 생성되는 파노라마 이미지 행렬 B_l, B_r 는 각각 왼쪽 영상과 오른쪽 영상의 해상도 정보와 픽셀 위치 정보를 가지고 있는 기저행렬, $M_{1(rectified)}, M_{2(rectified)}$ 는 각각 1번 스테레오 카메라의 와 2번 스테레오 카메라의 정형화 된 영상, I 는 영상 보상(Interpolation) 행렬.

2.2. 파노라마 입체 시스템에서의 중심시점 일치 알고리즘 적용

앞에서 획득한 좌우 파노라마 영상을 입체 모니터링 하기위해서 입체 영상 수렴 과정이 필요하다. 이는 카메라 파라미터와 사람의 시차를 적절히 수렴 시키는데 과정이라고 할 수 있는데 관찰 대상의 물체가 카메라로부터 움직일 경우 초점이 움직여 카메라 파라미터 자체가 바뀌게 된다. 이를 보정하려면 복잡한 알고리즘의 동적 카메라 보정 과정이 필요하고 이를 수행하기 위해서는 별도의 카메라 캘리브레이션용 지그와 정교한 카메라 베이스라인 제어 장치가 필요하게 되어 비용 증가의 요인이 된다.

이를 극복하기 위하여 사람의 중심시점을 기준으로 입체 영상 수렴을 수행하게 되면 사람 인지 특성상 중심시점에 시차가 고정이 되고 실제로 사람이 느끼게되는 입체 현장감은 높아지게 된다.

아래 그림 2와 같이 2대의 카메라가 있을 경우 왼쪽과 오른쪽 영상 프로젝션 데이터 일차원 히스토그램의 캐스케이딩된 값을 Cepstrum을 통해 분류하고 이를 통해 실제 시스템의 카메라 중심시점의 양안 시차를 구하게 된다. 이를 이용하여 항상 특정 사람의 개인 시차와 비교 피드백을 통하여 자연스러운 입체 카메라의 컨버전스를 구현할 수 있다.

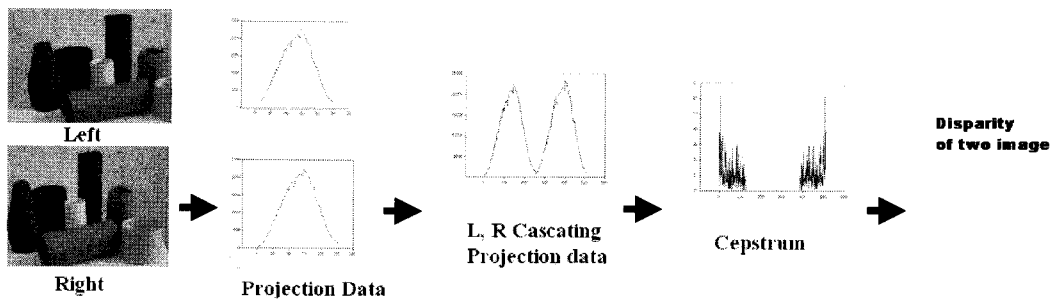


그림 2. 중심시점 양안 시차 추출과정

3. 굴삭기 원격 모니터링 시스템의 적용

본 연구에서 제안하는 알고리즘을 이용하여 실험을 하기 위하여 실제 작업환경에 적용하는 시스템을 설계할 필요가 있었다. 그림 3은 실험을 위해 제안되는 굴삭기 원격 모니터링 시스템의 개요이다. 2세트의 스테레오 카메라로 얻어지는 4채널의 고화질 영상은 화질의 보존을 위하여 4채널 무선 전송 시스템에 의하여 각각 H.264프로토콜로 코딩되어 전송된다. 이때 굴삭기는 이동이 자유로와야 함으로 다중방향 안테나(Omnidirectional Antenna)를 장착하여야 한다. 수신측에서는 이를 다시 디코딩한 후, 제안되는 알고리즘을 통하여 파노라마 입체 영상을 컨버전스 하여 조작용에서 굴삭기 시점의 입체 영상으로 재생된다.

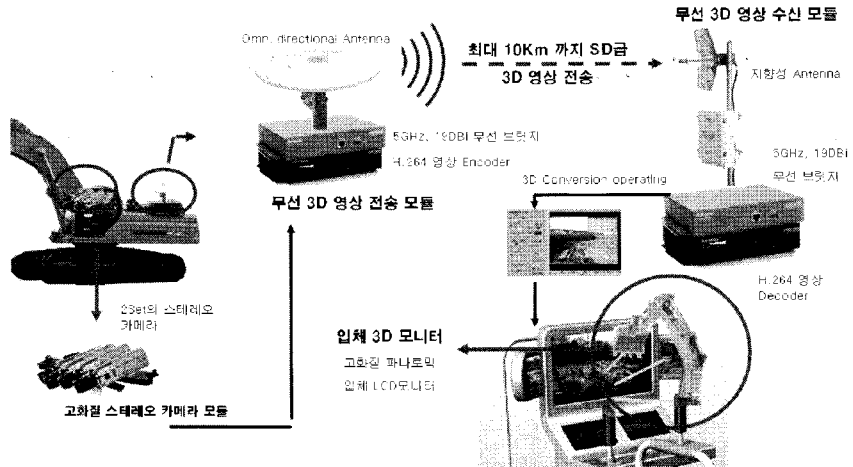


그림 3. 굴삭기 원격 모니터링 시스템의 적용

4. 실험 및 결과

입체 모니터링 시스템 연구 결과의 효용성은 다분히 주관적인 요소가 반영된다. 굴삭기 작업자 27명을 대상으로 설문조사를 한 결과 표 1.과 같이 실험결과를 도출 할 수 있었다.

표 1. 입체모니터링 시스템 시청 후 설문결과

실험 시스템	어지러움	화질	입체감	현장감	10분후피로감
제안되는 알고리즘이 적용된 입체 시스템	4명	66%	27명	26명	8명
기존의 입체 시스템(HD급 방송용)	23명	71%	12명	3명	27명

5. 결론

설문조사결과, 제안된 알고리즘을 사용한 입체 모니터링 시스템은 대부분의 조작자의 경우에 어지러움과 피로를 덜 느끼는 것으로 나타났다. 특히 중심시점 일치 알고리즘을 통한 입체감과 8:3 파노라믹뷰에 의한 현장감이 뛰어나 실제 원격조작 굴삭기를 조종함에 있어 보다 효율적인 작업을 진행할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단융합건설기술개발사업의 연구비 지원(과제번호#: 06첨단융합C01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 백승호 (2003) 양안식 입체카메라의 주시각 제어방법, 호남대학교
 V3I. www.v3i.co.kr
 R. Tsai (1987) A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV camera and lenses, IEEE Journal of Robotics and automation.