

## 혼합/증강 현실 기술 동향 : ISMAR 2010 참관기

발췌인 \_ 이주형 \_ ETRI 렌더링기술연구팀 \_ joohaeng@etri.re.kr

### 1. 들어가는 글

혼합/증강 현실은 컴퓨터 비전, 실시간 컴퓨터 그래픽스, 사용자 상호작용 기술이 결합한 흥미로운 기술 분야이다. 우리 학회에서도 사용자 상호작용 및 정보가시화 기법으로서 기존의 캐드캠 시스템과 접목하려는 연구들이 소개되고 있다. 특히, 최근 스마트폰의 보급과 모바일 컴퓨팅의 계산능력의 증가로 기술적 장벽이 낮아지면서 더욱 각광을 받고 있다. 특히 스마트폰의 킬러앱의 하나로 주목받고 있기도 하다.

올해 서울에서 제9회 IEEE 혼합/증강 현실 국제 심포지엄 (International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR) [1]이 10월 13일에서 16일에 걸쳐 개최되었다. 32개국에서 500여명이 참가하여 성황리에 치뤄졌다. 본고에서는 필자의 참관기를 정리하고 올해 발표된 흥미로운 연구들을 소개한다.

이번 심포지엄의 조직위원장은 KIST의 고희동 박사님과 고려대학교 김정현 교수님이 공동으로 수고해주셨다. 심포지엄은 과학/기술(S&T) 프로그램과 예술/미디어/인문학(AMH) 프로그램으로 크게 구성되어 있다. AMH에서는 미디어 아티스트들이 혼합/증강 현실 기술을 예술에 적용한 예와 기술이 갖는 문제점 등이 소개되고 있다. 특히 소개된 예술작품은 아트센터 나

비에서 직접 전시되기도 하였다.

이번 심포지엄의 과학/기술 프로그램에는 24개의 논문, 38개의 포스터가 발표되었고, 키노트 (UNC의 Henry Fuchs 교수 외), 데모, 튜토리얼, 워크샵, 트랙킹 경연 대회 등이 함께 진행되었다. 튜토리얼이 SIGGRAPH 수준으로 다양하거나 심도있게 진행되는 것 같지는 않았다.

논문의 채택율은 매우 수준 높은 편이어서, 25개국에서 제출된 107 개의 논문 중 22.4%가 구두 발표 정식 논문으로 채택되었고, 발표 논문으로는 채택되지 않은 우수한 논문들 중 24편이 포스터로 발표되었다. 순수 포스터로 제출된 26개의 논문 중 14편이 포스터로 선정되었다. 전반적으로 포스터의 내용도 매우 우수하고 흥미로운 편이다.

발표 논문 심사를 위해 제출하는 원고의 양은 4에서 10페이지인데, 재밌는 것은 논문의 내용과 더불어 원고의 분량도 평가에 고려한다는 점이다. (페이지 수가 적으면 발표 논문으로 채택될 확율이 낮아 짐.) 포스터는 두 페이지 초록으로 실리게 되어 공식적인 기록으로 남긴다. 하지만, 정식 논문으로 간주하지 않기 때문에 제출된 포스터의 내용을 발전시켜서 다음번 ISMAR 학회나 다른 저널/학술대회 제출하는 것이 적

극 권장되고 있다.

논문은 트래킹, 3차원 복원, 인터랙티브 모델링, 사용자 가이드, 현실/가상 사이의 상호작용, 혼합/증강 현실에서의 시각(perception)의 주제들로 구분되어 세션 별로 발표되었다. 세션은 싱글 트랙으로 구성되며 발표 수준도 매우 높은 편이다. 특히, 발표된 연구가 별도의 데모룸에서 시연할 수 있도록 유도하여, 현장감이 높고 연구자와의 질의 응답의 기회가 많은 편이다.

국내 발표자료는 광주과학기술원(GIST)에서 두 편의 논문을 발표하였고, ETRI, KIST, POSTECH, 이화여대, 고려대, KAIST, 홍익대 연구팀에서 포스터를 발표하였다.

## 2. 발표된 논문들

아래에서는 ISMAR 2010의 정규 세션에서 발표된 논문의 일부를 간략히 소개한다. (포스터 논문에도 흥미로운 논문들이 매우 많으나 지면 관계상 생략한다.)

### 2.1 AR에서 인식의 문제들

Knijff 등은 기존의 연구들을 분석하여 AR과 관련된 다양한 인식의 문제들을 새롭게 분류하여 제시하였다 [4]. 더불어 프로젝터 기반의 시스템과 디스플레이 기반의 시스템의 차이를 언급하였는 일반적으로 표면의 형태에 의해 프로젝션 이미지의 왜곡이 발생할 수 있는데, 이 점은 흥미로운 효과를 주기도 한다. 프로젝터의 크기에 따라 밝기, 대비, 해상도, FOV 등에 차이가 발생할 수 있는데, 응용에 맞는 선택이 필요하다.

AR에 입체 영상을 적용하려는 시도들이 많아지고 있다. 하지만, 스테레오 디스플레이를 위해 양안 영상을 사용하면서 여러가지 이유로 인해 시각적 불편함



Figure 1: Zollmann et al. [6].

이 발생할 수 있다. Blum 등은 이러한 문제를 해결할 수 있는 프로토타입을 제시한다 [5].

AR에서 많이 사용되는 x-ray 가시화 기법에서, Zollmann 등은 가림(occlusion) 정보의 부재로 발생할 수 있는 부자연스러움을 해결하기 위해, 가림정보를 자동생성하는 기법을 제시한다 [6]. 예를 들어, 지하에 매설된 하수도관에 대한 시각정보를 카메라로 찍은 도로영상에 오버레이시킬 때 도로표면의 가림정보보다 다른 매설물과의 관계들 이용할 수 있도록 활용할 수 있다.

Sandor 등은 x-ray 가시화 기법에서 시각적 중요도 기반으로 전경을 동적으로 변경하여 자연스럽게 영상을 제시하는 기법을 제시하고 있다 [7].

AR을 협업에 이용해야 하는 경우, HMD 장치의 특성상 상대방과 눈을 마주치고 복시적으로 의견을 교환하는 것이 불가능해서 문제가 발생할 수 있다는 주장이 있다. 하지만, Prytz 등은 사용자 연구를 통해 전문 작업 중심의 상황에서 눈 마주침의 부재가 큰 영향을 주지않는다는 결과를 제시한다. 이는 향후 HMD 기반의 AR 시스템 개발에 고려할만 하다 [8].

Gandy 등은 AR 시스템의 평가를 위한 테스트베드 구축에 대해서 실험적인 결과를 보였다. 특히, 잘 알려진 VR 기반 고소공포증 연구의 연구와 달리 AR에서는 frame rate에 의한 몰입감은 거의 영향을 주지 않

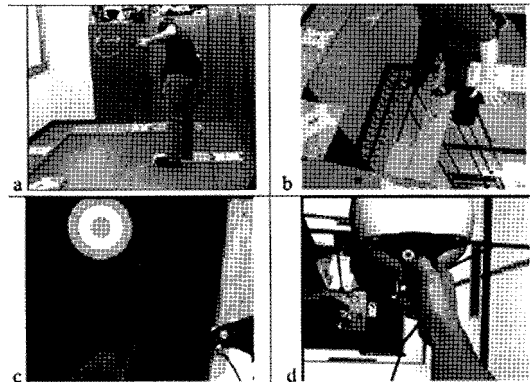


Figure 2: Gandy et al. [9].

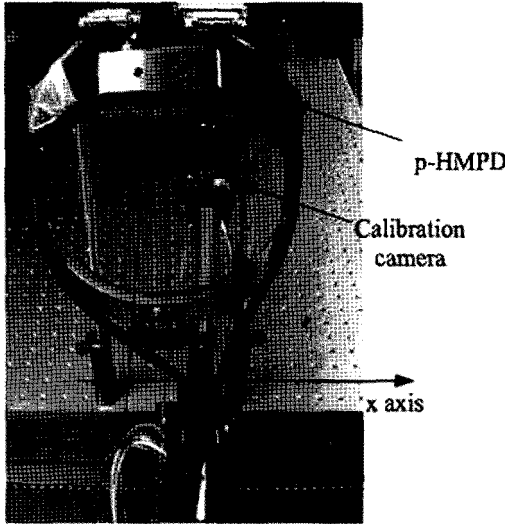


Figure 3: Zhang and Hua [9].

는다는 것을 보였고 그 외에도 많은 정량적/정성적 실험을 통해 AR 시스템의 평가의 지표를 제시하였다 [9].

HMD의 밝기 문제등을 해결하기 위해 제시된 새로운 장치가 HMPD (head-mounted projection display) 이다. 이 장치에서는 역반사(retro-reflective) 스크린의 위치가 가상의 물체의 깊이 정보를 결정하는데, Zhang 과 Hua는 이 스크린의 위치를 조정하여 사용자가 느끼는 깊이감에 대한 실험 결과를 제시하였다 [10]. 특히, 가상 물체의 깊이 인식에 대한 오류가 발생하는 자점이 있는데, 이 부근에서 스크린의 위치가 매우 중요하다고 지적하고 있다.

Ye 등은 테이블탑에서 다중사용자에게 입체영상을 제공하는 디스플레이 및 상호작용 방법을 소개하였다



Figure 4: Ye et al. [11].

[11]. (이번 행사에서 키노트 연설을 한 UNC의 Fuchs 교수의 연구팀의 연구 결과물이기도 하다.) 제시된 방법은 RHD(random hole display) 기법을 기반으로 하고 있다. LCD 내의 화소와 구멍들 사이의 위치관계를 사용자의 시점을 추적하여 실시간에 계산하고, 한 디스플레이에 다시점의 영상을 혼합하여 디스플레이 하게 되면 다중사용자가 동시에 서로 다른 시점에서 입체 영상을 얻을 수 있는 매우 흥미로운 기법이다. 데모에서는 네 사람이 동시에 테이블탑에서 자신의 시점에 맞는 영상을 볼 수 있었으며, 시점의 증가에 의한 성능 저하는 큰편이 아니었다.

## 2.2 트래킹

트래킹 에러는 주로 물체의 기하학적 중심을 기준으로 결정되는 코베리언스 행렬로 표현된다. 이는 주로 기하학적 중심에서 최소의 회전 에러가 정의된다는 가정에서 출발하고 있는데, Pustka 등은 실제 최소 에러가 반드시 기하학적 중심에 위치하는 것은 아니라는 사실을 보인다 [12].

Dame 등은 정합을 평가하는 메트릭으로 공유정보 (MI, mutual information)를 이용하는 직접 트래킹 방법을 소개한다 [13]. 공유정보는 신호들이 공유하는 정보의 양을 평가하는 메트릭으로 의료 응용에서 많이 사용되고 있다. 특히 기존의 기법들에 비해 조명의 변화, 부분 가림 등에 영향을 덜받고 강건한 정합이 가능하다는 특징이 있는데, 이 연구에서는 이를 객체의 추적에 적용하기 위한 새로운 최적화 기법을 소개한다. 데모에서 기존 기법에 비해 매우 빠르고 안정적인

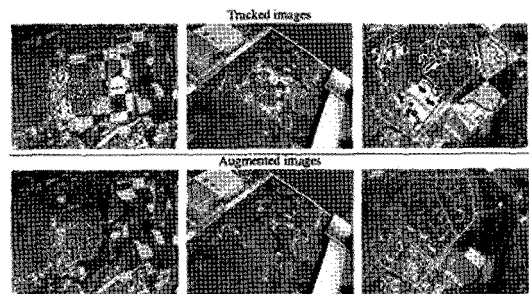


Figure 5: Dame et al. [13].



결과를 볼 수 있었다. 주목할만한 연구라고 생각된다.

현실의 인공적인 환경은 주로 평면으로 구성된 경우가 많은데, 이러한 특징을 이용하여 모바일 기기를 통해 간편하게 AR을 구현할 수 있는 기법이 소개되었다. Lee 등은 기존 연구에서 제시된 패치 복원 방법과 최근 스마트폰에 장착된 가속도 센서의 정보를 이용하여 복잡한 3차원 복원없이 위치를 추적하고, 영상 인식을 위해 스마트폰에 장착된 GPU를 이용하여 평균 패치 불러 계산을 가속하게 된다 [14]. 3차원 정보가 상대적으로 적은 편이어서 단순한 물체에 대해서도 트래킹이 더 안정적인 모습이 아쉽다.

실제 사물의 특별한 형상을 인식하여 성합하는데 특화된 AR연구도 많이 진행되고 있는데, Martedi 등의 연구는 접는 수 있는 지도를 대상으로 하여, 지도의 접혀진 선을 찾아서 내부 평면들을 별도로 트래킹하고 그 평면에 지도에 관련된 건물 형상등을 증강시키는 기법을 소개하였다 [15]. 독특한 주제라고 생각되지만, 일반적으로 접는 지도는 훨씬 구기이 많고, 곡면을 이루는 경우도 있기 때문에, 제시된 기법이 당장 적용가능하다고는 볼 수 없을 것 같다. 데모 세션에서 실제 조작을 해보니 어색함을 느낄 수 있었다.

실제 산업 현장에서 사용되는 AR 트래킹 시스템은 연구용 프로토타입과는 다른 특별한 요구 사항을 갖는다. 즉 장비 자체의 복잡성으로 시스템 전체의 정밀

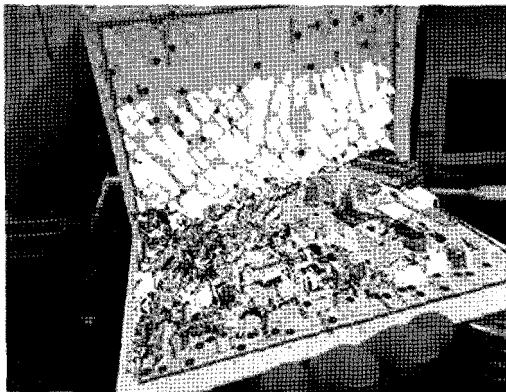


Figure 6: Martedi et al. [15].

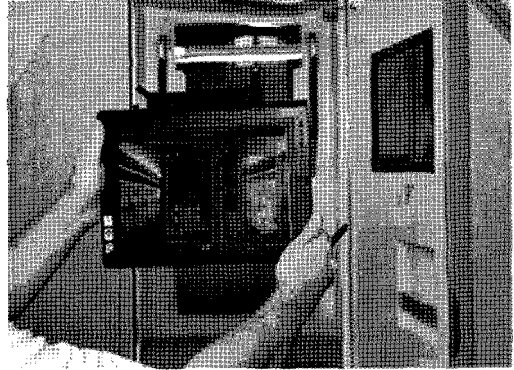
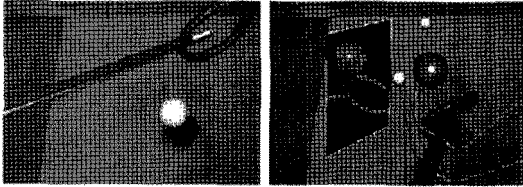


Figure 7: Keitler et al. [16].

도가 쉽게 기술될 수 없고, 다른 장비나 기존 프로세스 간섭이 발생하지 않도록 유연해야 하며, 품질 담당자가 현장에서 어려없이 사용가능해야 한다. 이러한 복잡한 조건을 고려한다면 현장 실험위주로 장치를 평가하는 방식은 비용이나 적용범위에서 문제가 있다. Keitler 등은 산업 수준의 AR 트래킹 인프라의 디자인, 검증, 현장 적용, 운용 및 관리를 아우르는 새로운 방법론을 제시하고 있다 [16]. 특히, 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 사용하여 일반적인 경우를 다룰 수 있도록 하였고, 실제 IR 기반의 트래킹 시스템과 정밀한 측정 시스템을 이용하여 제안된 방법의 우수성을 설명한다. 매우 진지한 연구로 생각되며 CAD/CAM 분야 적용할 부분이 많은 것 같다.

### 2.3 사용자 가이드

AR로 증강시키는 정보는 실시간 컴퓨터 그래픽스로 새롭게 생성하는 것이 일반적이다. Goto 등은 AR을 고려하지 않고 만들어진 기존의 2D 영상들을 활용하는 방법을 제시하고 있다 [17]. 비디오 촬영시의 카메라와 AR 사용자의 시점이 일치하지 않기 때문에, 이를 해결하는 방법이 이 연구의 핵심이다. 그 외에도 비디오 정보를 효과적으로 증강시키기위해 투명도, 윤곽선 기법, 인터랙티브 메뉴 등을 함께 적용한다.



(a) Start button (b) Target ball and the Virtual Mirror  
Figure 8: Bichlmeich et al. [18].

최소절개 수술에서는 내시경의 활용이 필수적이다. 의료 AR에서 이를 시뮬레이션하고 훈련에 이용하려는 시도가 많다. 특히 장치 조작의 정밀도를 높이고 정해진 경로를 따라 움직일 수 있도록 하는 것이 중요하다. Bichlmeier 등은 이를 위해 수술부위와 장치에 대한 추가적인 시점을 제공하는 것이 효과적이라고 가정하여, 가상의 거울을 tangible interface 형식으로 도입하였다 [18]. 31명의 실험 참가자를 통해 이 기법을 평가한 결과, 기존의 방법에 비해 정밀도가 많이 향상되었다고 한다.

## 2.4 현실과 가상의 상호작용

가상 객체와 실제 객체들이 혼합될 때, 전역조명에 의한 다양한 빛의 효과를 적절히 표현해 주어야 자연스런 혼합 현실의 느낌을 줄 수 있다. 예를들어 그림 9에서 실제 조명을 가상의 객체에 비추었을 때, 가상의 객체에서 발생한 녹색의 쉐더 블리딩이 실제 주전



Figure 9: Knecht et. al. [19].

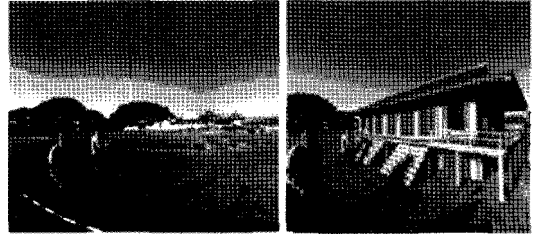


Figure 10: Lu et al. [20].

자의 표면에 발생하게 된다. 또한, 가상의 객체의 그림자가 실제 표면에 표현된다. 이를 위해서는 적절한 전역조명 기법을 실시간에 처리하는 것이 필요한데, Knecht 등은 instant radiosity와 differential rendering 기법을 이용한 새로운 방법을 제시하여 이를 어느정도 달성하였다 [19]. 시연을 통해서도 매우 좋은 효과를 확인할 수 있었다.

야외의 열린 공간에서 실제 사물들과 그 그림자 및 동적인 조명 상황의 변화 등을 고려해서 가상 객체를 배치해야 하는 AR 응용이 있을 수 있다. 건축 시뮬레이션 등이 대표적인 예일 것이다. Lu 등은 이를 위해 전경을 효과적으로 분리하고 spherical 비전 카메라를 이용하여 그림자를 효과적으로 다룰 수 있는 새로운 방법을 제시한다 [20]. 제시된 방법은 Virtual Asuka라는 AR기반 문화재 복원 프로젝트에 사용되었다.

## 2.5 트래킹과 3차원 복원

Gruber 등의 연구는 AR에 필요한 다양한 실험 데이터의 표준을 제시했다는 점에서 매우 주목할 만하다 [21]. 제시된 모델은 일곱가지의 유명한 건축물들

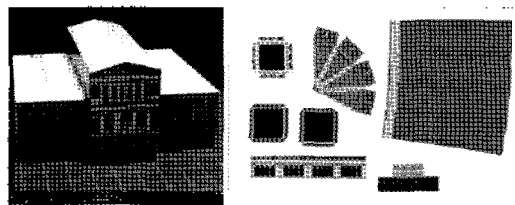


Figure 11: Gruber et al. [21].

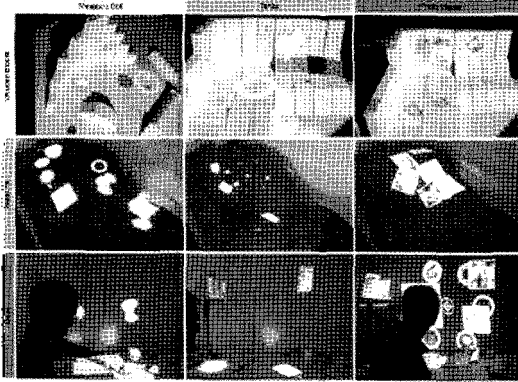


Figure 12: Jones et al. [22].

에 대한 구경 스케치 기반 모델, 이를 종이로 만들 수 있는 설계도가 제공된다. 종이 모델은 텍스처가 없는 것도 함께 제공되어서 프로젝터로 텍스처를 프로젝션하여 테스트할 수 있다. 더불어, 로봇 앞에 카메라를 부착하여 촬영한 비니오를 제공하여 다른 연구의 측정 결과를 검증할 수 있도록 하였고 이 때 사용된 표준 조명값도 제공하고 있다. 앞으로 활발한 이용과 확장이 예상된다.

Jones 등의 연구는 사용자가 임의로 만든 작은 홀리 공간에 SAR[3] 기법을 이용하여 정보와 컨텐츠를 투영하고 IR 스타일러스를 이용하여 가상과 실제의 객체와 상호작용할 수 있는 기법을 소개하고 있다 [22]. 실험에서 물리공간은 스티로폼, 구겨진 형집, 책상으로 구성되어 있고 이에 대한 기하 정보를 프로젝터-카메라 쌍을 이용한 구조광 측정법으로 얻게 된다. 동적으로 물체가 추가되는 것이 가능하다면 더욱 흥미로운 응용을 만들 수 있을 것 같다.

Karlerkar 등의 연구는 실외의 AR에서 필요한 위치 계산, 트래킹, 매핑을 강건하게 수행할 수 있는 기법을 소개한다 [23]. 위치계산을 정밀하게 하기 위해서 GPS와 관성센서 외에 모델기반 선무엇 매칭을 사용하며, 정밀한 트래킹을 위해서는 프레임과 모델의 특징을 활용한다. 다양한 장면에 대한 실험 및 동적인 조

명 조건 등을 고려하지는 않았지만, 실외 AR 시스템에 필수적인 중요 요소를 골고루 고려한 진지한 연구라고 생각된다. 내모를 통해 보여진 트래킹의 성능은 매우 안정적이다.

카메라 트래킹과 이를 이용한 3차원 복원으로 이루어지는 monocular SLAM은 일반적으로 비선형 최적화 기법으로 계산되기 때문에 계산량이 많아 실시간 응용에는 적합하지 않다. Sánchez 등은 그래픽스 가속기(GPU)에서 본테카플로 시뮬레이션 기반의 병렬 처리를 통해 실시간 성능을 보이는 새로운 기법을 소개한다 [24]. 특히 본테카플로 시뮬레이션의 특성상 특약값이나 노이즈에 강건한 특징이 있다. 모바일 AR에 적용되기 위해서는 모바일 GPU의 성능에 맞는 지 실험이 필요할 것 같다.

### 3. 맺음말

이상에서 ISMAR 2010에서 발표된 연구들을 중심으로 혼합/증강현실의 최근 연구동향을 소개하였다. 혼합/증강현실 기술은 융합기술의 성적이 크고 응용분야가 많은 만큼, 우리 학회 여러분들께서도 많은 관심을 갖고 살펴보시기를 당부드린다. 참고로 ISMAR 2011은 스위스 바젤에서 개최된다고 하니 [2] 내년도 논문 발표와 출장 계획을 세우시는데 참고하시기 바란다.

### 참고문헌

1. 9th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), October 13 - 16, 2010, Seoul, Korea. <http://www.ISMAR10.org>
2. 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), October 26 - 29, 2011, Basel, Switzerland. <http://www.ismar2011.idk.ch/>
3. O. Bimber and R. Raskar, Spatial Augmented Reality, 2005, AK Peters.
4. Kruijff et al., Perceptual Issues in Augmented Reality Revisited, ISMAR 2010.
5. Blum et al., The effect of out-of-focus blur on visual dis-

- comfort when using stereo displays, ISMAR 2010
6. Zollmann et al., Image-based Ghostings for Single Layer Occlusions in Augmented Reality, ISMAR 2010
  7. Sandor et al., An Augmented Reality X-Ray System Based on Visual Saliency, ISMAR 2010
  8. Prytz et al., The Importance of Eye-contact for Collaboration in AR Systems, ISMAR 2010
  9. Gandy et al., Experiences with an AR Evaluation Test Bed: Presence, Performance, and Physiological Measurement
  10. Zhang and Hua, Effects of a Retroreflective Screen on Depth Perception in a Head-mounted Projection Display
  11. Ye et al., A Practical Multi-viewer Tabletop Autostereoscopic Display
  12. Pustka et al., Determining the Point of Minimum Error for 6DOF Pose Uncertainty Representation, ISMAR 2010.
  13. Dame et al., Accurate Real-time Tracking Using Mutual Information, ISMAR 2010.
  14. Lee et al., Point-and-Shoot for Ubiquitous Tagging on Mobile Phones, ISMAR 2010.
  15. Martedi et al., Foldable Augmented Maps, ISMAR 2010.
  16. Keitler et al., Management of Tracking for Industrial AR Setups, ISMAR 2010.
  17. Goto et al., Task Support System by Displaying Instructional Video onto AR Workspace , ISMAR 2010
  18. Bichlmeir et al., Evaluation of the Virtual Mirror as a Navigational Aid for Augmented Reality Driven Minimally Invasive Procedures, ISMAR 2010
  19. Knecht et al., Differential Instant Radiosity for Mixed Reality , ISMAR 2010
  20. Lu et al., Foreground and Shadow Occlusion Handling for Outdoor Augmented Reality , ISMAR 2010
  21. Gruber et al., The City of Sights: Design, Construction, and Measurement of an Augmented Reality Stage Set , ISMAR 2010
  22. Jones et al., Build Your World and Play In It: Interacting with Surface Particles on Complex Objects , ISMAR 2010
  23. Karlekar et al., Positioning, Tracking and Mapping for Outdoor Augmentation , ISMAR 2010
  24. Sánchez et al., Towards Real Time 3D Tracking and Reconstruction on a GPU Using, ISMAR 2010