

---

## 증강정보의 효과적인 가시화 기법 동향 및 요구사항

### A Short Survey and Requirement Analysis for Augmented Reality Visualization Techniques

김영원, Youngwon Ryan Kim\*, 안의재, Euijai Ahn\*\*, 김정현, Gerard Jounghyun Kim\*\*\*

---

**요약** 증강현실 기술은 현실 공간의 객체에 가상 정보를 연계 하고 공간적으로 정합 하여 보여 준다. 이러한 정보 가시화 형식은 그만의 특별한 유용성과 한계를 가지고 있고 또한 증강현실 기술에 따른 여러 가지 특별한 요구사항을 가질 수 있다. 본 논문에서는 증강현실이 가지는 고유의 특성에 따라 효과적인 증강정보가 가져야 할 세 가지 덕목, 즉 “자연스러움,” “가시성,” “지속성”을 제시 하고, 이들을 중심으로 기존의 증강정보 가시화 방법들을 살펴보고, 이 분야에서의 앞으로 나아가야 할 방향을 모색 해 본다.

**Abstract** Augmented reality (AR) adds on and displays synthetic information spatially registered to real world objects. As a particular and important type of information visualization technique, AR possesses unique advantages and limitations. In this paper, we put forth three requirements for an effective augmentation, namely, "naturalness," "visibility," and "persistence," and review notable augmentation techniques around these three perspectives. Based on the review and analysis, future directions for AR based information visualization techniques are proposed.

**핵심어** : *Augmented Reality, Augmentation, Information Visualization, Visibility, Readability, Requirements.*

---

본 연구는 행정자치부 국립과학수사연구원 과학수사 감정기법 연구 개발 사업에 의해 수행되었음. 또한 본 논문의 내용은 2014년 Korea Japan Mixed Reality Workshop에서 발표 된 내용을 (정식 학회지 게재논문은 아님) 기초로 하였음을 밝힌다.

\*주저자 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신학과 박사과정; e-mail: kimforever920@korea.ac.kr

\*\*공동저자 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신학과 박사과정; e-mail: saintpio@korea.ac.kr

\*\*\*교신저자 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신학과 박사과정; e-mail: gjkim@korea.ac.kr

■ 접수일 : 2015년 7월 10일 / 심사일 : 2015년 7월 21일 / 게재확정일 : 2015년 8월 26일

## 1. 서론

현대사회에서 데이터는 매우 다양한 형태로 사용자에게 제공 되고 가시화 된다. 효과적인 데이터 가시화는 사용자의 인지 능력을 도와주고 이를 통하여 숨겨져 있거나 잘 드러나지 않는 사실을 추론 할 수 있도록 도와주는 점에서 매우 중요하다[22]. 증강현실은 정보 가시화의 관점에서 대상 정보가 현실 공간의 객체와 이와 연계 된 가상객체를 모두 포함하는 특이점이 있으며, 이에 따라 그만의 유용성 및 요구사항을 가지고 있다. 그러나 증강현실이 (트래킹이나 물체인식등과 같은 관련 기술과 비교하여) 정보 가시화의 한 방법으로서 깊이 있게 그리고 통합적으로 논의 되거나 분석 된 것은 상대적으로 적다.



그림 1. 영화 터미네이터에서의 증강현실 정보 가시화의 예 (실세계 객체와 가상 객체가 연계 되어 보임) [20].

Moere 와 Purchase에 의하면 일반적으로 정보 가시화 분야에서는 (1) 유용성 (Utility), (2) 안정성 (Soundness) (3) 미화성 (Attractiveness) 등의 세 가지 요구 사항이 있다고 한다 [11]. 유용성은 가시화 방법의 효과나 (예: 정보 전달력) 적정성, 기능, 성능 따위를 말하며, 안정성은 가시화 알고리즘의 일관성 및 신뢰도, 그리고 미화성은 시각적 미려함을 의미한다. Ware 도 정보가시화 방법은 인간의 인지적 능력을 고려하여 좀 더 중요한 정보가 잘 드러날 수 있도록 고안되어야 한다고 강조 하고 있다[23]. 이런 측면에서 방송 자막과 관련 된 정보 표시 가이드라인도 증강현실 기반 정보 가시화에 많은 관련이 있다고 할 수 있는데, 예를 들어 BBC 방송국에서는 화면 속에서 캡션의 위치, 색, 대비 그리고 가독성을 좋게 하기 위하여 텍스트의 의미적 그루핑등 여러 가지 가이드라인을 내부적으로 사용하고 있다[24]. 이러한 맥락에서 본 논문에서는 증강현실이 가지는 고유의 특성에 따라 효과적인 증강 정보가 가져야 할 덕목들을 제시 하고 이들을 중심으로 기존의 증강 정보 가시화 방법들을 살펴보도록 한다. 본 논문에서의 분석은 우선 대상 물체 인식과 공간 트래킹을 통하여 공간적으로 정합된 형태의 증강 정보 및 Video see-through 디스플레이를 이용한 정보화 방법에만 주로 중점을 두고 전개 되며, 일반 정보가시화의 세 가지 덕목 중 “유용성”만을 중심으로 분석을 하도록 한다. 이러한 분석과 증강현실 기술의 동향을 바탕으로 앞으로 증강현실 기반 정보 가시화 연구가 앞으로 나아가야 할 방향을 모색 해 보도록 한다.

## 2. 증강현실 기반 정보 가시화의 특징

### 2.1 증강현실 시스템만의 특성

증강현실 시스템은 인위적으로 만들어진 증강 정보를 실제의 3D 세계에 집어넣음으로써 만들어진다. 이에 따라 고려해야 할 첫 번째 특징적 사항으로는 증강의 배경을 제공하는 실제의 3D 세계는 동적일수 있다는 것이다. 즉 증강 대상의 객체가 움직이거나, 가려지거나, 주위 조명 조건이 바뀔 수 있다는 것이다. 또한 모든 그래픽 정보가 조작 가능한 기존의 정보 시각화 시스템과 달리 시각화 대상이 되는 실제 객체를 임의로 혹은 어떠한 목적으로 재배열하기 (예: 중요도에 따라 정렬) 어렵다는 점도 중요한 특징이다. 증강의 대상이 되는 객체들은 많은 경우 그들이 위치하고 있는 주위 공간과의 어떤 맥락 속에서 존재 하며 이러한 맥락 정보도 매우 중요하다는 것이다.

### 2.2 증강현실 가시화의 잠재적인 문제점

상기한 증강현실 정보 고유의 특성은 정보 가시화의 유용성에 여러 방향으로 영향을 끼칠 수 있다. 이 둘의 관계를 연관 지어 살펴보도록 한다. 먼저, 증강현실 시스템에서는 데이터를 실제 3D 세계에 삽입하여 보여주게 되므로 발생할 수 있는 문제들이 있는데, 그 예로는 결과물인 증강된 이미지가 자연스러워 보이지 않을 수 있다(즉 주위 실제 환경과 어울리지 않음). 증강 정보가 입체적으로 보이지 않는 경우, 물리적으로 불가능한 잘못된 곳에 있는 것처럼 보인다가거나, 행동 유도성 (Affordance)이나 비유 (Metaphor)가 적절하지 않을 수도 있다. 또한 증강정보가 대상 객체를 가리는 경우도 생기며, 증강된 정보가 이미 증강되어 있던 다른 정보를 가리는 경우도 발생할 수 있다.

다음으로 증강현실 시스템은 그 배경이 되는 실세계가 동적이므로 다음의 문제를 수반한다. 제공되는 정보의 대비가 낮거나 색상, 혹은 시야각을 잘못 선택했을 경우 증강 정보가 선명하게 보이지 않을 수 있으며 심지어 트래킹이나 인식 시스템의 일시적 한계로 사라지는 경우도 발생할 수 있다.

증강현실 시스템에서는 실제 세계에 존재하는 특정 위치에 고정된 대상 객체들을 변화시키거나 구조적으로 재배열 할 수 없고, 대부분의 정보들이 가지는 공간적인 맥락 때문에 여러 문제가 발생한다. 그 예로는 대상 객체가 밀집되어 있을 경우, 증강을 시키기 위한 가장 적합한 위치를 찾아내기가 어렵다. 또한 상황에 따라 정보가 매우 중요한 의미를 지니나 멀리 있고 작은 경우에는 증강 정보의 알맞은 크기를 결정하기가 쉽지 않다. 때로는 과도한 증강 정보가 도리어 주위 공간적 맥락을 가려 버리는 상황도 발생 할 수 있다. 표 1은 이러한 특성 및 잠재적 문제점들을 요약 하여 보여 주고 있다.

표 1. 증강정보의 특징 및 발생 가능한 잠재적 문제점

증강현실 정보의 특징	발생 가능한 잠재적 문제 (예시)	정보가시화 유용성 관련 덕목 (3장 참조)
실제 공간에 가상 객체를 삽입	증강 정보의 부자연스러움 - 평면적 - 물리적으로 불가능 - 다른 객체에 가려짐 - 조명 효과가 맞지 않음	자연스러움
동적인 환경	- 낮은 배경과의 대비 - 트래킹 조건이 변화하여 증강정보가 사라짐	가시성 지속성
재배열이 불가능한 실세계 객체	- 적절한 증강 위치를 찾기 어려움 - 증강 대상 객체에 대한 구조를 보여주기 어려움 - 증강정보의 적절한 크기 및 개수를 결정하기 어려움	가시성
실제 객체의 공간적 맥락 존재	- 증강정보가 주위 이웃 공간 맥락정보를 가림	가시성

### 3. 증강현실 가시화의 필요 덕목

이러한 관찰과 분석에 의거 하여 증강현실을 가시화에 있어서 최소한의 유용성을 확보하기 위한 필요한 중요 덕목을 (1) 자연스러움 (Naturalness), (2) 가시성(Visibility) 그리고 (3) 지속성 (Persistence) 의 세 가지로 분류하여 요약 제안 한다.

#### 3.1 자연스러움(Naturalness)

증강현실 가시화의 첫 번째 필요조건 중 자연스러움(Naturalness) 은 사용자가 증강 정보에 대해 이질감을 느껴서는 안 된다는 것을 의미한다. 예를 들어, 사용자가 어리둥절하게 느끼거나 기존에 이해하고 있던 실세계에 대한 인지 모델 (Mental Model) 과 너무 동떨어져서는 안 된다. 더불어 증강 정보는 3차원 공간에 물리적으로 적어도 그럴듯한 방식으로 (예: Naive physics) 등록 되고, 그에 맞는 깊이 cue를 제공해야 한다. 또한 증강 정보는 주위 환경의 조명 조건을 고려하여 최대한 실세계와 조화롭고 현실적으로 사용자에게 보여야 한다.

예를 들면, 증강 정보의 공간적인 정합 오류가 존재 할 때 사용자의 이해도라는 측면에서, 공간 정합을 아예 하지 않거나 이를 상쇄 할 수 있는 방법을 통하여 증강된 정보와 실세계 간의 괴리감을 최대한 덜 느낄 수 있도록 도와주는 방법을 생각 할 수 있다. 오류에 기인한 문제가 아닌, 사용자의 입장에서 증강 정보를 보았을 때 불확실하게 느낄 수 있는 부분을 명확하게 해주는 연구들도 진행되어 왔다[5]. 그림 2의 왼쪽의 증강된 녹색 사각형은 그 자체만으로는 이것이 공중에 떠있는 것인지, 벽에 붙어 있는 것인지 등의 정보를 명확하게 알기가 힘들다. 따라서 가운데와 오른쪽의 그림과 같이 그 배경의 투명도를 조절함으로써 사용자에게 깊이 정보를 인지할 수 있게 해주고, 정보를 명확하게 알 수 있게 해 준다.



그림 2. (왼쪽) 원래의 증강된 정보, (가운데, 오른쪽) 투명도의 조절로 명확해진 정보. [5].

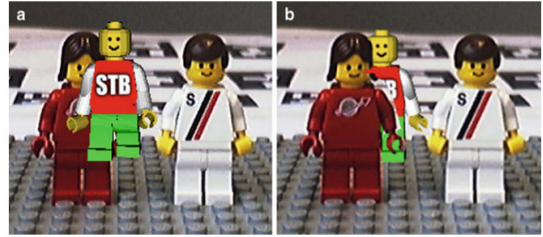


그림 3. (왼쪽) 깊이 정보 없이 잘못된 증강, (오른쪽) 깊이 정보를 이용한 올바른 증강 [25].

3차원 입체성을 표현하기 위해서 깊이 정보를 고려하여 렌더링 하는 방법이 있다[9, 25]. 그림 3의 왼쪽의 경우 깊이 정보가 고려되지 않아 증강된 정보가 기존에 존재하는 실제 객체를 가리게 되고, 이에 따라 사용자는 이 정보가 잘못되었음을 느끼게 되므로 오른쪽과 같이 공간적인 맥락을 고려하여 증강 정보를 배치해야 한다. 물론 이러한 증강정보 렌더링을 하기 위해서는 어떤 방식으로든 실제 환경의 깊이 정보가 획득 되어야 한다. 이 이외에도 그림자, 색, 움직임, Cutting plane [12]등의 심리적 3D cue들을 이용하여 입체감을 표현 할 수도 있다.

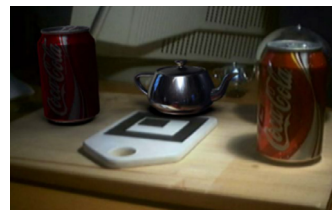


그림 4. 조명 조건을 추측 하여 실사와 비슷하게, 자연스럽게 증강 렌더링 된 주전자 [18].

이 외에도 증강정보가 주변 물체들과의 괴리감이 최대한 없도록 증강되는 공간의 조명 환경을 고려하여 렌더링 되는 연구 또한 진행되어 왔다[18]. 즉 그림자, 광원, 반사 등을 통해 주변 환경을 파악하고, 사용자의 입장에서 가장 이질감이 없도록 증강정보를 조절하는 것이 목적이다[그림 4].

#### 3.2 정보 가시성 (Visibility)

다음 필요조건인 정보 가시성은 (Visibility), 증강 정보가 잘 드러나고, 특히 다른 많은 증강정보가 있거나 복잡한 배경이 있



을 때 상대적으로 잘 보이고 인지 될 수 있어야 한다는 것이다. 여기서 유의 할 점은 증강 정보는 증강 대상의 객체 혹은 그 주위의 공간적 맥락 까지 다 포함 할 수 있는 것이다. 즉 증강현실 정보 가시화 시스템이 고려해야 하는 주요한 세 가지 정보는 (1) 증강 정보 (Augmentation), (2) 대상 객체 (Target object), 그리고 (3) 주변 상황(Neighboring context), 가 그것인데, 가시성을 최대화하기 위해서는 이 세 가지 종류의 정보 간의 트레이드오프가 (Trade-off) 발생할 수 있으며, 그에 따라 가장 효과적인 균형을 찾아내는 것이 중요하다.

증강 정보를 잘 드러나게 표현 하는 여러 가지 방법이 제안 되어 왔다. Ahn et al. 은 동적인 배경 대비 증강정보의 Saliency를 측정하고 밝기 대비를 동적으로 실시간에 조절 하여 가시성을 확보 하는 연구를 하였다[그림 5] [1]. Sandor et al. 및 Zollman et al. 등도 증강정보 및 대상객체의 Salient 한 영역분석을 통하여 증강 및 대상 객체의 특징이 모두 잘 드러날 수 있는 알고리즘을 개발 하였다[25] [그림 6].



그림 5. 변화 하는 배경에 대한 증강정보의 대비 개선 [1].

대상 물체를 강조 하는 다양한 증강 방법도 많이 소개 되어 왔다. 대표적인 예는 대상 객체의 가장자리를 강조 하여 증강한 다던지 대상 물체의 움직임을 와이어프레임 애니메이션으로 보여주는 방법, 말풍선이나 가상 포인터 등을 이용하여 대상 객체의 특정 부분을 지칭 하는 방법, 너무나 많은 말풍선을 필터링 하여 최소화하고 증강 대상의 물체의 가시성을 확보하는 방법 등이 있을 수 있다[2,8,9,10,15,19].

주변 상황의 가시화의 경우 예를 들면 대상 물체를 드러나게 하는 방법과 비슷하게 너무나 많은 증강 정보나 태그들을 조직화 하여 보여줌으로서 주변의 맥락이 잘 보일 수 있게 하는 방법[4]. 현재 눈에 보이지 않는 것들을 한눈에 알아보기 쉽게 하기 위하여 공간을 왜곡시켜 정보를 표현 하는 방법[17], 혹은 작업 환경에 맞추어 불필요한 부분은 거꾸로 보이지 않도록 Diminished Reality를 적용 하는 방법들을 예시로 생각 할 수 있다[7].



그림 6. 증강 대상 물체 및 증강 정보의 특징을 모두 보존 하면서 대상 물체 및 증강 정보를 겹쳐서 가시화 한 방법 [16] (위), [25] (아래).

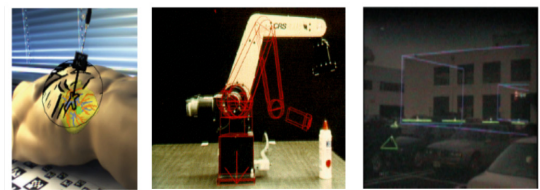
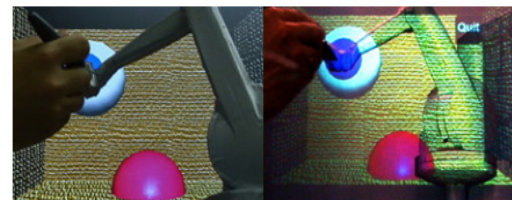


그림 7. 증강 대상 객체를 강조 한 방법 들 [2] (왼쪽), [10] (가운데), [8] (오른쪽).



(a) 주변 배경을 왜곡하여 한정된 시야각 내에서 가시화 [17].



(b) Diminished reality를 통하여 방해 객체를 제거 하고 주변 맥락을 잘 보여주는 경우 [7].

그림 8. 주변 공간적 맥락을 보여주기 위한 증강 가시화 방법의 예들.

### 3.3 지속성 (Persistence)

마지막 필요조건인 지속성 (Persistence), 증강되는 정보가 한 번 특정한 형태로 디스플레이 되고 나면, 의미 있는 이유가 아니고서는 해당 정보가 변하거나 사라져서는 안 된다는 것을 의미한다. 예를 들어 흔들리는 헤드 마운트 디스플레이에서 증강되어 보이고 있는 정보도 안정적으로 갑자기 사라지거나 하지 않고 지속적으로 보여야 하며[3], 증강되고 있던 정보가 참조하고 있던 마커가 일시적으로 보이지 않는다고 해도 증강 정보가 사라져서는 안 된다[13,21,22]. 또한 증강정보가 나타나

는 공간의 특성을 고려한 연구들 역시 증강정보 가시화의 안정성에 기여하는 연구의 일환으로, 증강정보가 일반적인 2D 평면이 아닌, 고르지 못하고 울퉁불퉁한 3D 모델에 증강을 통해 텍스처를 입히는 연구가 진행되었으며[14], 2D 평면에 증강이 되더라도 그 평면이 특이한 색깔이나 패턴을 가지고 있는 평면일 경우 증강정보의 색상을 변화시켜 그에 맞도록 그림 10과 같이 보여주는 연구가 존재한다[6]. 다만 이러한 방법들은 주로 가시화 자체 보다는 악조건 속에서 강건한 대상 물체 인식이나 트래킹에 연구 내용에 의존적이다.

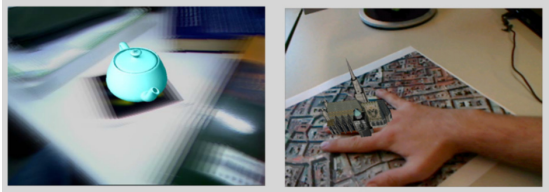


그림 9. 지속적 증강을 가능하게 하는 Blurring 에 강인한 트래킹 (왼쪽) 및 마커 일부 가림에 강인한 인식 및 트래킹 방법 [13] (왼쪽), [22] (오른쪽).



그림 10. 패턴과 색깔을 지닌 특이한 평면에 증강정보를 표현할 때의 보정 과정 [6].

#### 4. 결론

본 논문에서는 증강현실 시스템만이 갖는 특성과 이에 따른 문제점들을 파악 하고, 이로부터 증강 정보 가시화를 위한 필요 조건 등을 제시 하고 관련 주요 연구들을 이러한 관점에서 살펴 보았다. 정보가시화의 “유용성”은 결국 정보 전달력의 문제이며 이를 향상 하기 위해서는 인간의 인지적 및 감각적 능력을 실제 환경의 동적인 조건 속에서 고려 되어야 한다. 많은 관련 연구들 중 본 논문에서 제시 된 세 가지 세부 필요 항목들을 모두 동시에 만족 시키는 연구는 그리 많지 않으며, 또한 그것이 과연 가능 한 지 의문을 남는다. 특히 “(인지적) 자연스러움” 과 “(감각적) 가시성 확보”라는 두 필요 항목은 어떤 관점에서는 서로 상충 하고 있다. 특정 정보를 더 인공적으로 드러

낼수록 그 정보가 주위 공간과의 시각적 어울림과 자연스러움은 더욱 떨어질 가능성이 높다. 다른 한편으로는 증강정보, 대상 물체, 주변 환경의 가시성을 한 순간 모두 확보 할 수 있는 방법도 매우 어려워 보인다. 게다가 증강현실 디스플레이는 많은 경우 그 크기가 작거나 임시적일 가능성이 높기 때문에 각각의 제시 된 항목에 특화된 정보 “뷰”를 필요에 따라 전환 하는 방식이 더 나올 수도 있다.

본 논문이 증강정보가시화에 관련 된 최근까지 발표 된 모든 논문을 모두 조사 하지는 못했지만, 앞으로의 방향을 짚어 본다 면, 아직 아래의 이슈들에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각 되어 진다. 아래 제안 되는 몇 가지의 미래 연구 방향은 주로 사용자의 개입/인터랙션이나 인지/감각 모델에 기반 한 균형 있는 유용성 확보에 초점을 두고 있다.

- 다양한 증강 정보의 “뷰”를 운용하고 효과적으로 전환 하는 방법 및 가시화 파라미터 조정 방법
- 증강 정보 가시화의 유용성 평가를 위한 세 가지 제시 된 필요 항목들에 대한 정량 지수
- 사용자의 인지 능력이나 Mental model, 대상 객체, 주위 공간적 맥락을 고려한 증강 정보 위치 선정 방법
- 물리적으로 자연스럽고 실제 객체와 인터랙션이 가능한 증강정보의 가시화 방법
- 디스플레이 종류에 따른 인간공학적 고려점 및 적정 가시화 방법 (예: Optical see-through 디스플레이)
- 멀티모달 방법으로 정보의 Perceptualization 및 전체적 유용성 향상 방법

#### 사사

이 논문은 2013년 미래창조과학부의 재원으로 SW융합기술 고도화 사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다(S1002-13-1005).

#### 참고문헌

- [1] Ahn, E., Lee, S. and Kim, G. J. Real time adjustment of contrast saliency for improved information visibility in mobile augmented reality, (in preparation), 2015.
- [2] Avery, B., Sandor, C. and Thomas, B. H. Improving spatial perception for augmented reality x-ray vision, Proc. of IEEE VR, pp. 79~82, 2009.
- [3] Azuma, R., Hoff, B., Neely III, H. and Sarfaty, R. A motion-stabilized outdoor augmented reality system, Proc. of IEEE VR, pp. 252~259. IEEE, 1999.
- [4] Choi, J., Jang, B. and Kim, G. J. Organizing and

- presenting geo-spatial tags in location-based augmented reality. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 15, No. 6, Springer, pp. 641~647, 2011.
- [5] Furmanski, C., Azuma, R. and Daily, M. Augmented-reality visualizations guided by cognition: Perceptual heuristics for combining visible and obscured information. *Proc. of IEEE ISMAR*, pp. 215~320, 2002.
- [6] Grundhofer, A. and Bimber, O. Real-time adaptive radiometric compensation. *Proc. of IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 14, No. 1, pp. 97~108, 2008.
- [7] Inami, M., Kawakami, N., Sekiguchi, D., Yanagida, Y., Maeda, T. and Tachi, S. Visuo-haptic display using head-mounted projector. *Proc. of IEEE VR*, pp. 233~240, 2000.
- [8] Julier, S., Lanzagorta, M., Baillet, Y., Rosenblum, L., Feiner, S., Hollerer, T. and Sestito, S. Information filtering for mobile augmented reality. *Proc. of IEEE/ACM ISAR*, pp. 3~11, 2000.
- [9] Kalkofen, D., Sandor, C., White, S. and Schmalstieg, D. Visualization techniques for augmented reality. Springer New York, pp. 65~98, 2011.
- [10] Milgram, P., Zhai, S., Drascic, D. and Grodski, J. J.. Applications of augmented reality for human-robot communication. *Proc. of IEEE IROS*, Vol. 3, pp. 1467~1472, 1993.
- [11] Moore, A. V. and Purchase, H. On the role of design in information visualization. *Information Visualization*, Vol. 10, No. 3, pp. 356~371, 2011.
- [12] Navab, N., Traub, J., Sielhorst, T., Feuerstein, M. and Bichlmeier, C. Action- and workflow-driven augmented reality for computer-aided medical procedures. *Proc. of IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 27, No. 5, pp. 10~14, 2007.
- [13] Park, Y., Lepetit, V. and Woo, W. ESM-Blur: Handling & rendering blur in 3D tracking and augmentation. *Proc. of IEEE ISMAR*, pp. 163~166, 2009.
- [14] Raskar, R., Welch, G., Low, K. L. and Bandyopadhyay, D. Shader lamps: Animating real objects with image-based illumination. Springer Vienna, pp. 89~102, 2001.
- [15] Rose, E., Breen, D., Ahlers, K. H., Crampton, C., Tuceryan, M., Whitaker, R. and Greer, D. Annotating real-world objects using augmented reality. *Proc. of CG International Conference*, pp. 357~370, 1995.
- [16] Sandor, C., Cunningham, A., Dey, A. and Mattila, V. V. An augmented reality x-ray system based on visual saliency. *Proc. of IEEE ISMAR*, pp. 27~36, 2010.
- [17] Sandor, C., Dey, A., Cunningham, A., Barbier, S., Eck, U., Urquhar, D. and Rhee, S. Egocentric space-distorting visualizations for rapid environment exploration in mobile mixed reality. *Proc. of IEEE VR*, pp. 47~50, 2010.
- [18] Supan, P., Stuppacher, I. and Haller, M. Image Based Shadowing in Real-Time Augmented Reality. *IJVR*, Vol. 5, No. 3, pp. 1~7, 2006.
- [19] Tatzgern, M., Kalkofen, D., Grasset, R. and Schmalstieg, D. Hedgehog labeling: View management techniques for external labels in 3D space. *Proc. of IEEE VR*, pp. 27~32, 2014.
- [20] The Terminator [https://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Terminator](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Terminator)
- [21] Toyoura, M., Aruga, H., Turk, M. and Mao, X. Detecting markers in blurred and defocused images. *Proc. of IEEE CW*, pp. 183~190, 2013.
- [22] Wagner, D., Langlotz, T. and Schmalstieg, D. Robust and unobtrusive marker tracking on mobile phones. *Proc. of IEEE ISMAR*, pp. 121~124, 2008.
- [23] Ware, C. *Information visualization: perception for design*. Elsevier, 2012.
- [24] Williams, G. F. Online subtitling editorial guidelines v 1.1. Technical Report. [http://www.bbc.co.uk/guidelines/futuremedia/accessibility/subtitling\\_guides/online\\_sub\\_editorial\\_guidelines\\_vs1\\_1.pdf](http://www.bbc.co.uk/guidelines/futuremedia/accessibility/subtitling_guides/online_sub_editorial_guidelines_vs1_1.pdf), 2009.
- [25] Zollmann, S., Kalkofen, D., Mendez, E. and Reitmayr, G. Image-based ghostings for single layer occlusions in augmented reality. *Proc. of IEEE ISAMR*, pp. 19~26, 2010.



#### 김영원

2012년 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 졸업(공학사). 2012년 3월~현재 고려대학교 정보대학 컴퓨터학과 석박사통합과정. 관심분야: 모바일 상호작용, 증강현실.



#### 안의재

1999년 홍익대학교 전자·전기제어공학과 졸업(공학사). 2001년 포항공과대학교 정보통신대학 정보통신학과 졸업(공학석사). 2001년~2011년 (주)에스에이티 책임연구원. 2007년 3월~현재 고려대학교 정보통신대학 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정. 관심분야는 가상/혼합 현실, 모바일 상호작용, 정보 가시화 분야임.



**김정현**

1987년 Carnegie Mellon University 컴퓨터공학 학사. 1989/94년 Univ. of Southern California 컴퓨터공학 석/박사. 1996년 ~ 2006년 포항공과대학 컴퓨터공학과 교수. 2006년 ~ 현재 고려대학교 정보대학 컴퓨터학과 교수. 연구 분야는 가상/혼합현실, 인간컴퓨터 상호작용, 컴퓨터음악임.