

논문 2010-47CI-3-7

증강 현실 에이전트를 위한 지각 주의 모델링

(Modelling Perceptual Attention for Augmented Reality Agents)

오 세 진*, 우 운 택**

(Sejin Oh and Woontack Woo)

요 약

컴퓨터를 통해 생성된 콘텐츠를 현실 공간에서 자연스럽게 경험할 수 있도록 하는 증강 현실 기술의 등장으로 사용자가 존재하는 실제 공간에서 사용자와 공존하며 사용자 및 실제 객체와 직접적으로 상호작용이 가능한 증강 현실 에이전트에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 가상 및 실제 객체가 혼재하는 공간에서 증강 현실 에이전트로 하여금 주변에 존재하는 가상 및 실제 객체를 효율적으로 인지할 수 있도록 하는 지각 주의 모델을 제안한다. 이는 카메라의 시야에 존재하는 실제 및 가상 객체를 인식하고 이를 이용하여 증강 현실 에이전트에게 현재 보이는 실제 및 가상 객체 정보를 추출한다. 그리고 제안한 모델은 에이전트의 목표를 달성하기 위하여 인지된 객체들이 얼마나 유용한지를 추론하고 이들 중 유용한 객체들에게만 에이전트의 주위를 기울이도록 한다. 더 나아가 제안한 모델의 유용성을 확인하기 위하여 캠퍼스 미니어처 내의 빌딩 객체들 사이에 증강되어지며 목표에 관련이 있는 빌딩 객체들에게 관심을 기울이는 증강 캐릭터를 구현하였다. 실험 결과를 통해 제안한 지각 주의 모델은 주변에 존재하는 가상 및 실제 객체가 동적으로 변하는 환경에서 증강 캐릭터의 지각 부하를 감소시키는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

Since Augmented Reality (AR) enables users to experience computer-generated content embedded in real environments, AR agents can be visualized among physical objects in the environments where the users exist, and directly interact with them in real-time. We model perceptual attention for autonomous agents in AR environments where virtual and physical objects coexist. Since such AR agents must adaptively perceive and attend to surrounded objects relevant to their goals, our model allows the agents to determine currently visible objects from the description of what virtual and physical objects are configured in the camera's viewing area. A degree of attention is assigned to each perceived object based on its relevance to achieve agents' goals. The agents can focus on a reduced set of perceived objects with respect to the estimated degree of attention. To demonstrate the effectiveness of our approach, we implemented an animated character that was overlaid over a miniature version of campus and that attended to buildings relevant to their goals. Experiments showed that our model could reduce the character's perceptual loads even when surroundings change.

Keywords : 지능형 증강 현실 에이전트, 합성 시각, 지각 주위, 에이전트 인지 모델링

I. 서 론

가상공간에서 사용자와 상호작용이 가능한 지능형

에이전트는 사용자로 하여금 상호작용에 대한 참여 동기를 유발시키는 긍정적인 효과를 제공하였다^[1]. 이러한 지능형 에이전트들은 교육, 오락, 훈련 등 다양한 분야에 적용됨에 따라 에이전트들의 지각, 인지, 그리고 행동에 대한 사실성을 향상시키는 노력이 진행되고 있다^[2]. 특히, 어떻게 에이전트들이 인간과 흡사하게 자신이 존재하는 환경을 자율적으로 인지할 수 있도록 할 것인가에 대한 연구가 수행되고 있다^[3-5]. 이와 더불어 에이전트들로 하여금 어떻게 자신이 인지한 정보에 대

* 정희원, ** 평생희원, 광주과학기술원 정보통신공학과 (Department of Information and Communications, Gwangju Institute of Science and Technology)

※ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원으로 2010년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음.

접수일자: 2010년4월5일, 수정완료일: 2010년4월30일

해 효과적으로 주의를 기울이도록 할 것인가를 다루는 지각 주의(Perceptual Attention)에 관한 연구가 수행되고 있다^[6-7].

증강 현실(Augmented Reality) 기술^[8-9]이 등장함에 따라 지능형 에이전트들이 사용자와 현실 공간에 공존할 수 있게 되었다^[10-11]. 이러한 증강 현실 에이전트들은 실제 공간에서 사용자와 직접적으로 상호작용이 가능하기 때문에, 사용자로 하여금 상호작용에 대한 몰입감을 향상시킨다. 그러므로 대부분의 연구들은 에이전트들을 어떻게 현실 공간에 자연스럽게 증강 시킬 것인가에 대해 초점을 두고 있다. 하지만 증강 현실 에이전트들은 실제 공간에 존재하는 객체들과 직접적인 상호작용이 가능하기 때문에 어떻게 에이전트들로 하여금 실제 객체들을 인지하고 이에 적절하게 반응하도록 하는지에 대한 고려가 필요하다.

본 논문에서는 증강 현실 에이전트로 하여금 주변에 존재하는 객체를 인지하고 자신의 목표에 유용한 객체에 주의를 기울일 수 있도록 하는 지각 주의 모델링한다. 특히, 제안한 모델은 증강 현실 에이전트에 적합한 합성 시각을 구축하고 이를 통해 주변에 존재하는 가상 및 실제 객체를 인지할 수 있도록 한다. 그리고 인지된 주변 객체들이 얼마나 에이전트의 목표를 달성하기 위해 유용한지에 따라 해당 객체에 대한 주의 정도를 다르게 할당한다. 그리고 할당된 정도에 따라 관심 객체를 선별하고 증강 현실 에이전트로 하여금 해당 객체에 대한 적절한 행동을 생성할 수 있도록 한다.

제안한 모델은, 첫째, 증강 현실 에이전트가 주변 환경에 존재하는 다수의 가상 및 실제 객체를 자율적으로 인지할 수 있도록 한다. 둘째, 인지된 객체 중 에이전트의 목표 달성에 관련성이 높은 객체에만 주의를 집중하기 때문에 불필요한 지각 부하를 감소시킨다. 셋째, 증강 현실 에이전트로 하여금 주변 객체가 변화하는 환경에서 강건하게 주변을 인지할 수 있도록 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 가상 및 증강 현실 공간에 존재하는 지능형 에이전트의 지각 주의에 대한 기존 연구를 분석한다. 그리고 III장에서는 증강 현실 에이전트를 위한 합성 시각 기반 지각 주의 모델을 자세히 설명한다. IV장과 V장에서는 제안한 모델에 대한 구현 및 실험 결과를 언급한다. 마지막으로 VI장에서는 제안한 연구에 대한 결론 및 추후 연구에 대해 언급한다.

II. 관련 연구

인간의 오감 중 시각은 인간의 주요 정보 채널^[12]이므로 지능형 에이전트의 합성 시각을 통해 인지된 정보에 대한 지각 주의를 구체화하기 위한 여러 노력이 시도되어 왔다. Noser 등은 객체마다 할당된 특정 색상을 이용하여 가상 에이전트에서 보이는 객체를 추출하는 합성 시각을 개발하였다^[4]. Kuffer는 에이전트가 습득한 합성 시각 정보를 통하여 주변 환경에 존재하는 객체에 대한 정보를 학습할 수 있도록 하였다^[5]. Peter 와 O' Sullivan 은 색상, 채도 등의 외부 조건을 반영하여 주변에 존재하는 객체에 주의 정도를 조절하는 상향식 지각 주의를 제안하였다^[6]. 이와 달리 Hill 은 가상 에이전트의 목표에 대한 인지된 객체의 관련성 정도를 기반으로 지각 주의의 정도를 조절하는 하향식 주의 모델을 개발하였다^[7]. 하지만 이러한 접근들은 가상공간에 존재하는 객체들의 구성 및 배치를 미리 정의하고 있으나 증강 현실 공간은 카메라 시야에 존재하는 실제 객체의 존재 유무에 따라 해당 공간에 존재하는 객체의 구성 및 배치 등이 가변적이기 때문에 동적으로 변화하는 환경에 적합한 지각 주의 모델이 필요하다.

하지만 기존 증강 현실 에이전트의 경우 주변에 존재하는 객체를 효율적으로 인지하는 부분에 대한 연구가 충분히 수행되지 않았다. Wagner 등은 증강 에이전트가 사용자에게 의해 이동된 근처의 가상 객체를 인지할 수 있도록 하였다^[10]. Barakonyi 등은 합성 시각 및 추

표 1. 에이전트의 지각 주의 관련 연구
Table 1. Related work on perceptual attention for agents.

	장 점	단 점
Noser et al. ^[4] and Kuffer et al. ^[5]	합성 시각을 통해 주변 객체 인지	인지된 모든 객체에 대해 처리
Peter and O' Sullivan ^[6]	외부 조건에 따라 관심 객체 선별	목표 달성에 불필요한 객체 선별 가능성 존재
Hill ^[7]	에이전트의 목표와의 관련성 정도에 따라 관심 객체 선별	목표에 대한 정보가 충분하지 않는 경우 관심 객체 선별 미흡
Wager et al. ^[10]	에이전트의 근경의 객체 인지	동시에 하나의 객체만 인식 가능, 다수 객체 존재하는 환경 미 고려
Barakonyi et al. ^[11]	합성 시/청각을 통하여 주변 객체 인지	

각을 통하여 주변에 존재하는 실제 객체를 감지할 수 있도록 하였다^[11]. 하지만 증강 현실 공간의 경우 다양한 가상 및 실제 객체가 가변적으로 존재하기 때문에 주변에 존재하는 다수의 가상 및 실제 객체를 인지하고 인지된 정보에 대한 효율적인 처리가 필요하다.

표 1은 기존의 가상 및 증강 현실 에이전트의 지각 주위에 관한 연구들을 분석한 결과를 보여준다. 가상공간에 존재하는 에이전트들을 위한 지각 주의 관련 연구는 에이전트들로 하여금 합성 시각을 기반으로 주변 객체를 인지하고 인지된 객체 중 목표 혹은 외부 조건에 따라 특정 객체에 주의를 기울이도록 하였다. 그리고 증강 현실 공간에 존재하는 에이전트를 위한 지각 주의 관련 연구에서는 주변에 존재하는 객체를 자율적으로 인지하지만 동시에 하나의 객체만을 인식한다는 제약과 가지고 있다. 더 나아가 이들은 다수의 객체가 존재하는 상황에 대한 고려가 이루어지지 않았다.

이러한 단점을 보완하기 위하여, 제안한 연구에서는 다수의 실제 및 가상 객체가 존재하는 증강 현실 환경에서 에이전트로 하여금 주변 객체를 효율적으로 인식할 수 있도록 하는 지각 주의 모델을 제안한다. 첫째, 합성 시각을 기반으로 주변에 존재하는 다수의 가상 및 실제 객체를 동시에 인식할 수 있도록 한다. 그리고 증강 현실 에이전트로 하여금 인지된 객체 중 에이전트의 목표달성의 유용한 정도에 따라 관심 객체를 적응적으로 선별할 수 있도록 한다. 더 나아가 주변에 존재하는 객체가 동적으로 변화하는 환경에 카메라 시야에 존재하는 객체의 구성을 동적으로 추출할 수 있도록 하여 효율적으로 증강 현실 에이전트로 하여금 주변 객체를 인지할 수 있도록 한다.

III. 증강 현실 에이전트를 위한 지각 주의 모델

본 연구는 증강 현실 에이전트에 적합한 형태의 합성 시각을 구축하고 이를 통해 인지된 정보를 효율적으로 선별할 수 있도록 하는 지각 주의를 모델링한다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 객체 인식 및 추적기는 카메라 시야에 존재하는 실제 객체를 실시간으로 인지한다. 그리고 인지된 실제 객체와 연관된 가상 객체에 대한 정보를 기반으로 카메라 시야에 존재하는 가상 및 실제 객체의 구성을 포함하는 장면 디스크립션을 생성한다. 합성 시각기는 카메라 시야의 장면 디스크립션을 변환하여 증강 현실 에이전트의 시야에서 보이는 객체를 실

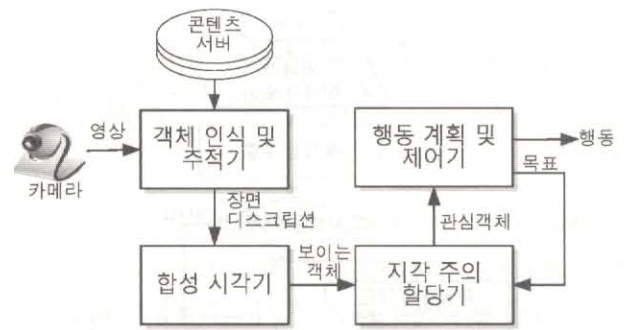


그림 1. 증강 현실 에이전트를 위한 합성 시각 기반 지각 주의 모델의 주요 컴포넌트

Fig. 1. Key components of synthetic-vision based perceptual attention in AR agents.

시간으로 추출한다. 지각 주의 할당기는 에이전트의 목표를 달성하기 위하여 인지된 객체의 유용도를 계산하고 인지된 객체 중 목표 달성에 유용한 관심 객체를 추출한다. 그리고 행동 계획 및 제어기에서는 추출된 관심 객체에 대한 적절한 행동을 생성 및 표현한다.

1. 객체 인식 및 추적기

객체 인식 및 추적기에서는 카메라의 시야에 존재하는 다수의 실제 객체를 실시간으로 인식하고 이와 연관된 가상 객체에 대한 정보를 콘텐츠 서버로부터 획득한다. 본 연구에서는 실제 객체와 그와 연관된 가상 객체에 대한 정보는 개발자가 콘텐츠 서버에 미리 정의해 둔다고 가정한다. 그리고 획득된 정보를 이용하여 카메라 시야에서 존재하는 가상 및 실제 객체의 구성에 대한 장면 디스크립션을 생성한다.

카메라의 시야에 존재하는 다수의 실제 객체를 강건하게 인식하기 위하여 자연 특징점 기반 객체 인식 기법을 적용한다. 이는 FAST 코너 감지 기법을 기반으로 카메라를 통해 획득된 이미지의 특징점을 추출한다^[13]. 그리고 추출된 특징점에 대한 디스크립터를 동적으로 생성하고 이를 미리 저장되어 있던 콘텐츠의 디스크립터와 매칭한다. 그리고 일치하는 디스크립터가 존재하는 경우 해당 디스크립터에 대한 객체 아이디를 추출하고 4×4행렬로 표현되는 카메라의 자세를 추정한다. 더 나아가 객체의 움직임을 추적하기 위하여 프레임 간의 특징점을 비교하여 해당 객체를 빠르고 강건하게 추적한다^[14]. 그림 2는 객체 및 인식 추적기에서 카메라 시야에 존재하는 실제 객체를 인식 및 추적하기 위한 동작 프로시저를 보여준다.

객체 인식 및 추적기는 인식된 객체의 아이디를 이

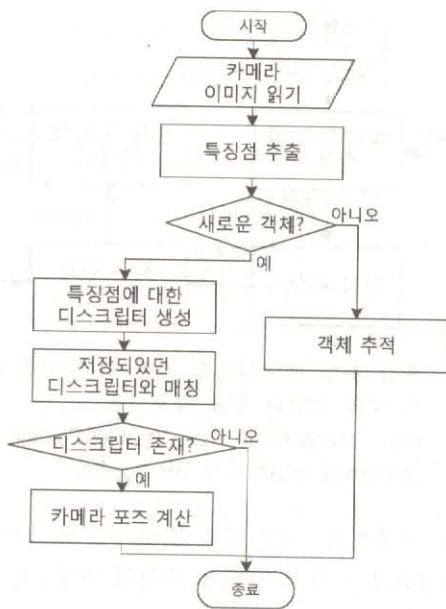


그림 2. 객체 인식 및 추적을 위한 동작 프로시저
Fig. 2. Visible object extraction in AR agent's viewpoint.

용하여 콘텐츠 서버로부터 해당 객체와 연관된 가상 객체에 대한 정보를 얻어오고 이를 인식된 실제 객체에 적절하게 증강시킨다. 카메라의 시야에 다수의 실제 객체가 존재하는 경우 객체 간의 공간적 관계를 실시간으로 추출한다. 이와 더불어 연관된 가상 객체들 간의 공간적 관계를 갱신한다. 더 나아가 카메라의 시야에서 실제 객체가 이동/추가/삭제되는 경우 객체들 간의 공간적 관계를 동적으로 갱신한다. 이를 통하여 객체 인식 및 추적기는 카메라의 시야에 어떠한 가상 및 실제 객체가 존재하며 해당 객체들의 세부 속성 및 객체들 간의 공간적 관계를 포함하는 장면 디스크립션을 생성한다.

2. 합성 시각기

증강 현실 에이전트로 하여금 자신의 주변에 존재하는 객체를 적응적으로 인지할 수 있도록 하기 위하여 합성 시각기를 구축한다. 이는 객체의 존재 유무가 가변적인 증강 현실 공간에 강건하면서도 실시간성을 지원하는 합성 시각 기법이 필요하다. 그러므로 색상 정보를 이용하여 객체를 구별해 내는 Noser의 합성 시각 구축 기법을 도입한다^[4]. 그러므로 합성 시각기는 카메라 시야에서 보이는 장면에 대한 디스크립션(그림 3(a))을 이용하여 에이전트의 시야에서 보이는 장면을 실시간으로 렌더링한다(그림 3(b)). 에이전트 시야에 존재하는 가상 및 실제 객체에 연관된 고유 색상으로 해당

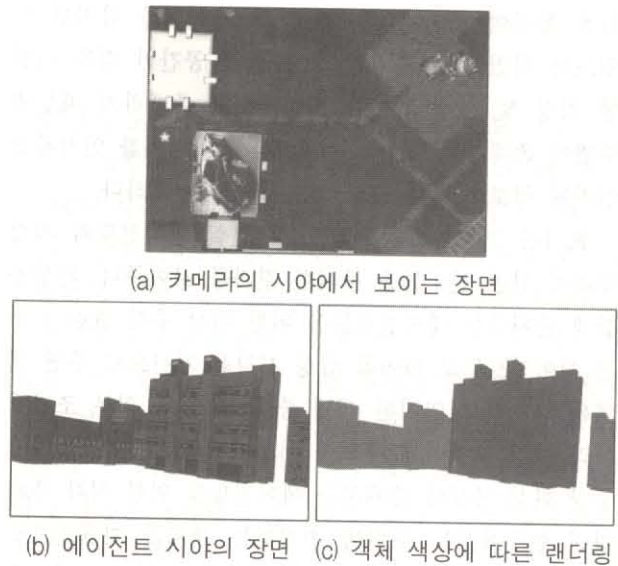


그림 3. 증강 에이전트의 합성 시각 기반 객체 추출
Fig. 3. Extracting visible objects in agents' viewpoint.

객체들을 렌더링한 결과(그림 3(c))를 이미지 버퍼에 저장한다.

합성 시각기는 이미지 버퍼에 저장된 이미지의 각 픽셀 정보를 이용하여 증강 현실 에이전트에게 보이는 객체를 실시간으로 추출한다. 우선, 이미지의 각 픽셀의 색상 정보를 이용하여 객체의 아이디를 알아내고 해당 객체에 대한 "지각" 정보를 생성한다. 각 지각 정보는 $\langle ObjID, T, P, MT, V, t \rangle$ 로 표현되는 튜플로 나타낸다. $ObjID$ 는 객체의 아이디를 나타내며 콘텐츠 서버로부터 해당 객체에 대한 세부 속성을 얻어내는 인덱스로 사용된다. T 는 객체의 타입 즉, 가상인지 실제 객체 인지를 표현한다. P 는 객체의 세부 속성에 대한 집합으로써, 예를 들어 자동차 객체에 대한 P 는 이동형(movable) 및 회전형(rotatable) 등을 포함한다. 그리고 MT 는 증강 현실 에이전트로부터 객체의 상대적인 위치 및 방향을 나타내는 4×4 행렬이며 V 는 객체의 체적을 가리킨다. 마지막으로 t 는 해당 객체를 인지한 시간을 나타낸다.

3. 지각 주의 할당기

제안한 모델은 인간의 지각 주의적 특성을 증강 현실 에이전트에게 적합한 형태로 적용한다. 인간은 하향식 지각 주의(고차원적인 목표에 적합한 지각 정보 추출), 선택적 주의(지각 정보를 선택적으로 선별), 분할 주의(둘 이상의 지각 정보에 동시에 주의 정도 할당), 그리고 지속적 주의(지속적으로 주의 제공)의 네 가지 특성

을 갖는다^[15]. 이를 증강 현실 에이전트에 적합한 형태로 적용하기 위하여, 첫째, 주어진 업무에 따른 목표에 따라 합성 시각을 통해 인지된 다수의 객체들을 다르게 해석한다. 둘째, 인지한 객체들 중 목표 달성에 유용한 객체들을 선택적으로 집중한다. 셋째, 둘 이상의 객체가 에이전트의 목표와 관련이 있는 경우 동시에 주의를 기울인다. 마지막으로, 목표가 달성될 때까지 지속적으로 관련 있는 객체들에게 주의를 기울이도록 한다.

이를 위해 각각 주의 할당기는 합성 시각을 통해 인지된 객체들이 증강 현실 에이전트의 목표 객체와 얼마나 유사한지에 따라 주의 정도를 다르게 할당한다. 예를 들어 증강 현실 에이전트가 실제 자동차 객체를 어떻게 제어하는지를 시연하는 것을 목표로 한다면 증강 현실 에이전트의 목표 객체는 “실제 자동차 객체”가 된다. 이러한 경우 실제 자동차 객체에는 가장 높은 정도의 주의를 할당하게 되지만 “가상의 자동차 객체”인 경우 이 역시 목표 객체와 유사한 속성을 내포하고 있기 때문에 높은 정도의 주의를 할당하게 된다. 이와 반면 “나무”가 인지되는 경우 목표 객체와 유사성이 낮으므로 낮은 정도의 주의를 할당한다. 더 나아가 다수의 목표 객체가 존재하는 경우 모든 목표 객체와의 유사성을 검토하고 이에 대한 평균 유사도를 계산한다.

그리고 목표 객체의 세부 속성이 N 개인 경우 목표 객체는 $T_g = \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_N\}$ 로 표현된다. 그리고 각 인지된 객체 역시 이와 동일하게 표현되나, 목표 객체의 속성 중 특정 속성을 포함하지 않는 경우 *void*로 표현한다. 그리고 목표 객체의 k 번째 속성(f_k)과 인지된 객체의 동일한 속성(p_k) 간의 유사성은 (1)과 같이 계산된다.

$$Sim(f_k, p_k) = \begin{cases} 1 & f_k \text{가 } p_k \text{와 일치하는 경우} \\ 0 & \text{그렇지 않은 경우} \end{cases} \quad (1)$$

목표 객체와의 유사성을 기반으로 인지된 객체(P_i)의 목표 달성에 대한 유용도(R_i)는 목표 객체의 개수가 M 개인 경우 N_g 개의 세부 속성으로 구성된 g 번째 목표 객체(T_g)와의 유사성을 (2)과 같이 계산하며 전체 목표 M 개와 연관된 유사성을 계산한다. ($0 < g < M$, w_k 는 T_g 의 k 번째 속성에 대한 가중치를 가리킨다) 그리고 계산된 유용도에 따라 주의 정도를 할당하고 증강 현실 에이전트의 현재 관심 객체를 선별한다.

$$R_i = \frac{1}{M} \sum_{g=1}^M Sim(T_g, P_i) = \frac{1}{M} \sum_{g=1}^M \frac{\sum_{k=1}^{N_g} w_k \times Sim(f_k, p_k)}{N_g} \quad (2)$$

더 나아가 지속적 주의를 지원하기 위하여 동일한 목표 하에 인지되었던 객체와 목표에 따른 유용도를 시각 메모리에 저장한다. 이미 인지된 객체에 대해서는 시각 메모리에 저장된 값을 이용하여 해당 객체에 대한 주의 정도를 할당한다. 이를 통하여 주의를 할당하는 데 소요되는 시간을 감소시킨다.

4. 행동 계획 및 제어기

행동 계획 및 제어기는 증강 현실 에이전트의 목표를 달성하기 위한 행동의 조합을 생성한다. 각 행동은 선 조건과 행동 수행 시 발생하게 되는 상태들과 연관되어 표현된다. 이를 통해 증강 현실 에이전트는 특정 행동을 이행하기에 앞서 필요한 조건 및 이행 후 발생하게 되는 영향에 대해 인지한다. 그리고 각 상태는 에이전트의 목표에 대한 달성에 대한 기여 정도에 따라 [-100, 100] 사이의 이산적인 수치로 유용도가 할당 된다. 즉, 양수의 유용도가 할당된 상태는 해당 상태가 에이전트의 목표를 성취하는데 유용한 효과임을 나타낸다. 그리고 인과적 달성 혹은 위협, 즉, 행동으로 인해 발생하는 상태가 목표를 달성시키는데 도움을 주거나 혹은 저해하는 관계로 표현된다. 그러므로 증강 현실 에이전트의 의도하는 목표를 달성하기 위하여 다수의 행동, 상태, 그리고 그들 간의 관계의 조합을 구성한다.

생성된 행동 조합을 기반으로 행동 및 제어기는 인지된 관심 객체에 따라 해당 상황에 적합한 행동을 표현한다. 즉, 행동 조합 중 인지된 관심 객체에 따라 행동 조합 중 선 조건이 부합되는 행동들을 추출한다. 다수의 행동이 가능한 경우 유용도가 높은 상태, 즉, 목표를 달성하는 데 가장 많은 기여를 하게 되는 상태를 발생시키는 행동을 선택한다. 그리고 선택된 행동에 대한 세부 파라미터를 추출하여 이를 실질적으로 표현한다.

IV. 구현

제안한 모델의 응용 가능성을 확인하기 위하여 여러 가지 빌딩 객체가 존재하는 캠퍼스 미니언처에 움직이는 형태의 캐릭터를 증강 시키고 해당 캐릭터에 제안한

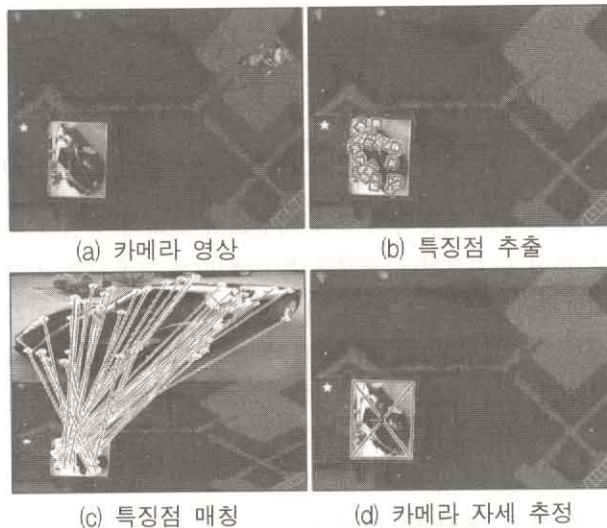


그림 4. 미니어처 내의 빌딩 객체 인식 및 추적
Fig. 4. Physical building recognition and tracking.

모델을 적용하였다. 캠퍼스 미니어처 내의 빌딩 객체를 인식 및 추적하기 위하여 미니어처 상단에 FireFly^[16]를 설치하였다. 그리고 2.66GHz CPU와 3GB 메모리를 포함하는 워크스테이션에서 OpenScenegraph^[17]을 이용하여 증강 캠퍼스를 렌더링하고 미니어처 근처의 스크린에 렌더링 된 결과를 디스플레이 하였다.

구현된 캠퍼스 미니어처의 코너에 캐릭터를 증강 시키고 특정 빌딩을 찾으려 하는 업무를 할당하였다. 이는 증강 캐릭터는 미니어처 내의 빌딩에 대한 정보를 소지하고 있지 않은 상태에서 시작하도록 하였다. 그리고 증강 캐릭터로 하여금 미니어처 내를 이동하면서 캐릭터 주변의 빌딩 객체들을 분석 및 인지하도록 하였다. 그리고 인지된 객체 중 목표 빌딩과 관련이 있는 객체들에 주의를 집중하면서 목표 빌딩을 찾아 가도록 하였다.

미니어처 내의 빌딩 객체를 인식 및 추적하기 위하여 설치된 카메라로부터 640×480 해상도의 영상을 매 초당 30프레임을 획득하였다. 미니어처 내의 각 빌딩 객체는 카메라로부터 획득된 영상(그림 4(a))으로부터 실시간으로 빌딩 객체에 부착된 이미지에 대한 특징점을 추출하였다(그림 4(b)). 그리고 미리 저장되어 있던 이미지와 K-d 트리 기법을 사용하여 특징점을 매칭하고 해당 객체 아이디를 획득하였다(그림 4(c)). 그리고 해당 객체에 대한 카메라 자세를 추정하였다(그림 4(d)).

콘텐츠 서버로부터 인식된 빌딩 객체와 연관된 가상 객체 정보를 실시간으로 획득하고 이를 기반으로 카메

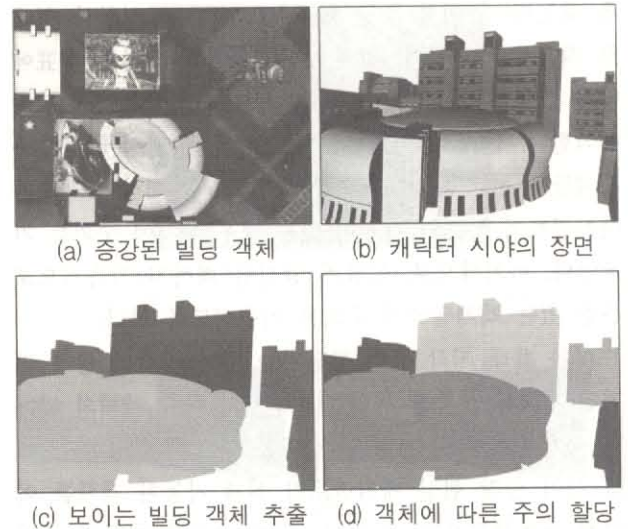


그림 5. 주변 빌딩 객체에 대한 시각 주의 구현 결과
Fig. 5. perceptual attention for surrounded buildings.

라 시야에서의 장면 디스크립션을 생성하였다. 그림 5는 다수의 빌딩 객체가 카메라 시야에 존재하는 경우 증강 캐릭터가 어떻게 주변 객체를 인지하고 주의를 기울이는지를 보여준다. 카메라 시야에서의 장면 디스크립션(그림 5(a))을 이용하여 320×240의 해상도로 증강 캐릭터의 시야를 렌더링한다(그림 5(b)). 그리고 각 객체와 연관된 고유 색상 정보를 이용하여 캐릭터 시야의 객체를 렌더링(그림 5(c))하고 이를 이미지 버퍼에 저장한다. 증강 캐릭터는 버퍼에 저장된 이미지의 픽셀 정보를 스캔하여 현재 보이는 객체를 추출한다. 그 후 추출된 객체에 대한 세부 속성을 이용하여 목표 빌딩의 세부 속성과의 유사성 정도를 계산한다. 그림 5(d)에서 어두운 색상으로 표시된 객체는 목표 객체와 유사성이 높은 객체이며 반면에 밝게 표시된 객체는 유사성이 낮은 객체를 보여준다. 목표 빌딩을 찾는 과정에서 빌딩 객체들이 새롭게 추가 혹은 삭제되는 경우 위의 과정을 반복함으로써, 캐릭터 주변에 존재하는 객체를 실시간으로 인지하도록 하였다. 그리고 인지된 시각 정보를 실시간으로 해석하고 목표 빌딩과 연관된 시각 정보를 선별하여 주의를 기울일 수 있도록 하였다.

V. 실험 결과

제안한 모델의 유용성을 검증하기 위하여 캠퍼스 미니어처 내에서 증강 캐릭터로 하여금 목표 빌딩까지 찾아가는 데 소요되는 시각 부하를 측정하고 이를 제안한

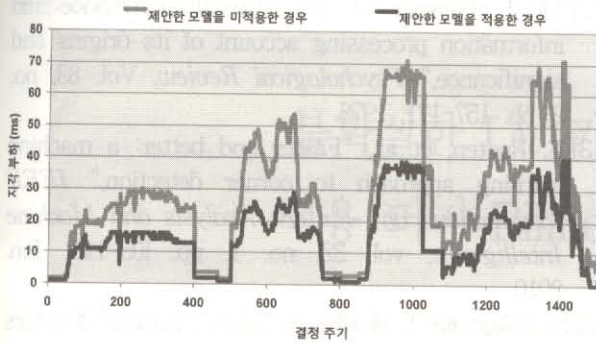


그림 6. 제안한 모델을 적용한 경우(검은색)와 미적용한 경우(회색) 소요되는 지각 부하 비교

Fig. 6. Perceptual loads for each decision cycle with perceptual attention(black) and without it(gray).

모델을 적용하지 않는 경우와 비교하였다. 해당 실험에서는 결정 주기는 합성 시각을 통해 빌딩 객체를 인식하고 이에 따라 행동을 선택할 때까지를 일컫는다. 그리고 지각 부하를 계산하기 위하여 매 결정 주기가 완료할 때까지 소요되는 시간을 측정하였다.

그림 6에서 보는 바와 같이, 제안한 모델이 적용된 증강 캐릭터의 경우 그렇지 않은 경우에 비해 전반적으로 적은 지각 부하가 소요됨을 확인할 수 있었다. 지각 주의 모델이 미 적용된 경우 합성 시각을 통해 인지되는 모든 객체를 처리해야 하는 반면 제안한 모델을 적용한 경우에는 합성 시각을 통해 인지되는 객체들 중 캐릭터의 목표와 관련이 없는 객체를 필터링 함으로써 불필요한 지각 부하를 감소시켰다. 그리고 이전에 인지한 객체인 경우 메모리에 저장된 정보를 사용함으로써, 중복되는 지각 부하를 감소시켰다. 그리고 캐릭터의 시야에 새로운 빌딩 객체들이 추가되는 경우 순간적으로 지각 부하가 급증하기는 하지만 급증하는 폭이 지각 주의 모델을 미적용한 경우에 비해 제안한 모델을 적용한 경우가 훨씬 적음을 확인할 수 있었다. 이는 제안한 모델이 적용된 경우 새롭게 인지된 객체 중 목표와 관련이 없는 객체에 대해서는 주의를 기울이지 않기 때문에 불필요한 지각 부하를 줄일 수 있었다. 그러므로 제안한 지각 주의 모델을 통하여 증강 현실 에이전트의 불필요한 지각 부하를 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

실험 결과를 통해 제안한 모델의 유용성을 확인할 수 있었으나 일반적으로 적용되기에는 아직 충분하지 못하다. 우선, 에이전트의 합성 시각을 구축하기 위하여 카메라로부터 획득한 영상을 기반으로 카메라 시야 내에

존재하는 객체 정보를 획득하고 있으나 조명 등의 외부 조건으로 객체 인식이 되지 않는 경우가 간혹 발생하였다. 그리고 인지된 객체 중 목표 객체의 속성이 일부 혹은 전체가 정의되지 않는 경우에는 목표 객체와의 유사성 검토가 충분하지 않았다.

VI. 결 론

본 논문에서는 다수의 실제 및 가상 객체가 존재하는 증강 현실 공간에서 증강 현실 에이전트를 위한 합성 시각 기반 지각 주의 모델을 구체화하였다. 그리고 이를 캠퍼스 미니어처 내에서 움직이는 캐릭터에 적용하고 제안한 모델의 응용 가능성을 확인하였다. 더 나아가 실험을 통하여 합성 시각 기반 지각 주의를 가지는 증강 현실 에이전트는 실시간으로 주변 객체들을 인지하고 필요한 객체에만 주의를 기울임으로써, 효율적으로 주변 객체를 인지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

좀 더 일반적으로 제안한 모델을 증강 현실 에이전트에 적용하기 위해서는 다음과 같은 부분이 보완되어야 한다. 우선, 카메라로부터 획득된 영상을 기반으로 실제 객체를 인식하는 데 있어 주변 환경에 좀 더 강건한 기법이 개발되어야 한다. 그리고 색상, 채도 등 외부 조건을 반영하여 인지된 정보에다, 우선, 카는 상향식 지각 주의 기법완되어한 접목이 필요하다. 또한 개발되어야 한다. 그목표가 동적으로 변화하는 경우 이에 적응적으로 주변 객체를 인지할 수 있도록 하는 부분에 대한 고 려가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] J. Rickel and W. L. Johnson, "Animated agents for procedural training in virtual reality: Perception, cognition, and motor control." *Applied Artificial Intelligence*, Vol. 13, pp. 343-382, 1998.
- [2] 오세진, 우운택, "상호작용형 에이전트의 설명 양식을 디자인하기 위한 프레임워크 개발", 전자공학회 논문지, 제45권 CI 편, 제5호, 63-73쪽, 2008년 9월
- [3] T. Conde and D. Thalmann, "An artificial life environment for autonomous virtual agents with multi-sensorial and multi-perceptive features," *Computer Animation and Virtual Worlds*, Vol. 15, no. 3-4, pp. 311-318, 2004.

- [4] H. Noser et al., "Navigation for digital actors based on synthetic vision, memory and learning," *Computers and Graphics*, Vol. 19, pp. 7-19, 1995.
- [5] J. Kuffner et al., "Fast synthetic vision, memory, and learning models for virtual humans," In Proc. of CA'99, pp. 118-127, 1999.
- [6] R. W. Hill, "Modeling perceptual attention in virtual humans," In Proc. of the 8th Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation, pp. 563-573, 1999.
- [7] C. Peters and C. O' Sullivan, "Bottom-up visual attention for virtual human animation," In Proc. of CASA'03, pp. 111-117, 2003.
- [8] R. Azuma et al., "Recent advances in augmented reality," *Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, no. 6, pp. 34-47, 2001.
- [9] 서용덕, 김종성, 홍기상, "증강현실의 기술과 동향", 전자공학회지, 제29권 제7호, 110-120쪽, 2002년 7월
- [10] D. Wagner et al., "How real should virtual characters be?," In Proc. of ACE'06, pp.57, 2006.
- [11] I. Barakonyi et al., "Agents that talk and hit back: animated agents in augmented reality," In Proc. of ISMAR'04, pp. 141-150, 2004.
- [12] M. I. Posner et al., "Visual dominance: an information processing account of its origins and significance," *Psychological Review*, Vol. 83, no. 2, pp. 157-171, 1976.
- [13] E. Rosten, et al., "Faster and better: a machine learning approach to corner detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32, no. 1, pp. 105-119, Jan. 2010.
- [14] S. Baker and I. Matthews, "Lucas-Kanade 20 years on: a unifying framework," *International Journal of Computer Vision*, vol. 56, no. 3, pp. 221-255, Feb.-Mar. 2004.
- [15] M. S. Hewett et al., "Computational perceptual attention," Ph. D Dissertation, 2001.
- [16] <http://www.ptgrey.com>
- [17] <http://www.openscenegraph.org/projects/osg>

— 저 자 소 개 —



오 세 진(학생회원)
2003년 제주대학교 통신컴퓨터
공학부 학사 졸업.
2004년 광주과학기술원 정보통신
공학과 석사 졸업.
2004년~현재 광주과학기술원
정보기전공학부
박사 과정

<주관심분야 : 증강 현실 에이전트, 감성 에이전트, 모바일 증강 현실, HCI>



우 운 택(평생회원)
1989년 경북대학교 전자공학과
학사 졸업.
1991년 포항공과대학교 전기전자
공학과 석사 졸업.
1998년 University of Southern
California, Electrical
Engineering-System
공학과 박사 졸업.

2001년~현재 광주과학기술원 정보기전공학부
부교수.

2005년~2006년 문화기술연구센터 센터장.

2007년~현재 문화기술연구소 연구소장.

<주관심분야 : 3D 컴퓨터 비전, Attentive
AR/mediated reality, HCI, Affective sensing, 맥
락인식 컴퓨팅, 유비쿼터스 컴퓨팅>