

상호작용형 에이전트의 설명 양식을 디자인하기 위한
프레임워크 개발

(Framework for Designing Explanatory Style of Interactive Agents)

오 세 진*, 우 운 택**

(Sejin Oh and Woontack Woo)



社團 大韓電子工學會
法人
The Institute of Electronics Engineers of Korea
<http://www.ieek.or.kr>

논문 2008-45CI-5-9

상호작용형 에이전트의 설명 양식을 디자인하기 위한 프레임워크 개발

(Framework for Designing Explanatory Style of Interactive Agents)

오 세 진*, 우 운 택**

(Sejin Oh and Woontack Woo)

요 약

최근 다양한 형태의 에듀테인먼트 시스템 내에서 사용자와 상호작용이 가능한 에이전트를 통하여 사용자에게 참여 동기 유발을 향상시키기 위한 시도가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 에이전트와의 상호작용을 통해 사용자에게 사회적 감정에 대한 이해를 향상시킬 수 있도록 하기 위하여 에이전트의 사회적 감정 생성 기법에 대한 연구가 진행되고 있다. 하지만 이러한 연구들은 대부분 사회적 감정 생성에 중요한 영향을 끼치는 개인성에 대해 추상적인 면을 다루는데 그치고 있는 실정이다. 본 논문에서는 개인성에 따라 에이전트가 사회적 상황을 이해하는 경향에 대한 차이점을 중점적으로 다루는 평가 모델을 개발하고 이러한 평가 모델이 에이전트의 감정 생성에 미치는 영향에 대해서 살펴본다. 이를 위하여 인간의 개인성과 상황 인지에 대한 관계성을 구체적으로 다룬 심리학적 설명 양식(Explanatory style) 이론을 기반으로 하여 에이전트로 하여금 개인성에 따라 자신이 처한 상황에 대해 서로 다른 설명 성향을 나타낼 수 있도록 하는 프레임워크를 제안한다. 이는 심리학적 설명 양식에서 언급하는 주요 설명 변수들을 에이전트에 적용 가능한 형태로 모델링하고 설명 변수의 정도에 따라 에이전트로 하여금 상황을 인지하는 성향을 결정할 수 있는 방법론을 제시한다. 그리고 에이전트로 하여금 설명 경향에 따라 상황을 인지 및 자율적으로 해석할 수 있도록 하고 이에 따라 감정 상태를 선택할 수 있도록 한다. 더 나아가 제안한 프레임워크를 기반으로 사용자와 상호작용이 가능하며 자율적으로 상황을 해석할 수 있는 증강 에이전트를 개발하였다. 또한 구현한 증강 에이전트를 상호작용형 원예 체험 시스템에 적용하여 사용자로 하여금 서로 다른 설명 양식을 표현하는 에이전트를 경험할 수 있는 기회를 제공하였다. 궁극적으로 이러한 체험을 통하여 사용자의 감정 조절 능력 개발 수단으로서의 개발한 에이전트의 적용 가능성을 검토하고자 한다.

Abstract

Recent years have seen an explosion of interest in interactive agents motivating human learners to engage in edutainment systems which are designed to be entertaining and educational at the same time. Especially, work on socio-emotional processes has focus on understanding of human's social behavior in training and entertainment applications. In contrast with work on social emotion, where research groups have developed detailed models of emotional processes, models of personality have emphasized shallow surface behavior. Here, we build on computational appraisal models of emotion to better characterize dispositional differences in how people come to understand social situations. Known as explanatory style, this dispositional factor plays a key role in social interactions and certain socio-emotional disorders, such as depression. Building on appraisal and attribution theories, we model key conceptual variables underlying the explanatory style, and enable agents to exhibit different explanatory tendencies with respect to their personalities. Furthermore, we developed an interactive AR agent based on our framework and applied it into an interactive learning system that allows participants to explore individual differences in the explanation of social events, with the goal of encouraging the development of perspective taking and emotion-regulatory skills

Keywords: 상호작용형 에이전트, 사회적 감성 에이전트, 설명 양식, 에듀테인먼트 시스템

* 학생회원, ** 평생회원, 광주과학기술원 정보통신공학과

(Department of Information and Communications, Gwangju Institute of Science and Technology)

※ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크 원천기반 기술개발사업의 08B3-01-20S 과제로 지원된 것임.

접수일자: 2008년8월20일, 수정완료일: 2008년9월9일

I. 서론

예를 들어 회사를 다니는 당신의 친구인 갑과 을이 갑자기 해고를 당했다고 상상해 보자. 그리고 회사에서는 갑과 을에게 해고에 대한 아무런 설명도 해주지 않았다고 가정해 보자. 친구 갑은 해고를 회사의 부당한 처사라고 여기며 이 상황을 헤쳐 나가기 위하여 재빠르게 다른 일자리를 찾아다닌다. 이와 반면에 을은 자신이 무능하기 때문에 회사에서 해고당했다고 판단하여 자신의 부족한 점이 무엇인지 생각하다 절망감에 빠진다. 이처럼 동일한 상황이라고 할지라도 개인에 따라 서로 다르게 해석될 수 있으며 이에 대해 서로 다른 방법을 통하여 대처하는 것을 볼 수 있다. 사회 심리학적 연구에서는 긍정적인 혹은 부정적인 상황을 해석하는 성향인 설명 양식이 개인별로 다르게 나타난다고 한다^[1]. 이러한 설명 양식은 개인성과 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다. 앞의 예를 살펴보면, 친구 을과 같은 비판주의자들은 대체적으로 비판적인 설명 양식을 보인다. 즉, 부정적인 상황은 자신의 잘못으로 기인되었으며 이와 반대로 긍정적인 상황에 대해서는 타인의 기여 혹은 외부적인 요소를 칭찬하는 성향을 보인다. 이러한 비판적인 설명 양식은 생활의 부적응적인 행동을 유발시키는 동기를 제공하게 되고 개인의 감정 조절 능력 개발 및 건강 증진을 저해하는 요소로 작용하게 된다. 하지만 이러한 비판적인 설명 양식은 정신 분석 기술인 인지 행동 치료 기술을 통하여 긍정적으로 상황을 설명하는 성향으로 변화하게 할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 설명 양식에 대한 심리학적 이론을 구체화 하고 이를 기반으로 사용자와 상호작용이 가능한 에이전트의 설명 양식을 디자인하기 위한 프레임워크 개발에 초점을 둔다. 더 나아가 제안한 프레임워크를 기반으로 자율적으로 상황을 설명하는 성향을 보이는 에이전트를 개발하고 사용자로 하여금 서로 다른 설명 양식을 표현하는 에이전트를 경험할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다. 이를 통하여 사용자의 감정 조절 능력 개발 수단의 하나로써의 개발한 에이전트의 적용 가능성을 검토하고자 한다.

일반적으로, 자연 현상에 대한 객관적 해석과는 달리, 사회적 상황은 시각에 따라 다양하게 해석이 가능하다. 이러한 해석은 상황에 대한 인과성 뿐 만 아니라 의도, 선지식, 자유 의지, 그리고 정상 참작 등과 같은 인식적인 요소들과 밀접한 관계가 있다. 하지만 이러한 요소들은 사람에 따라 서로 다르게 해석될 수 있다. 예를 들

면, 정차해 있던 자신의 차를 다른 차가 와서 들이받았다고 상상해 보자. 어떤 이는 이를 그저 단순한 사고로 받아들이는 반면에 다른 이는 이를 고의적인 사고라고 판단하여 이에 대해 분노한다. 그러므로 상황을 분석하는 성향을 에이전트에 적용하기 위해서는 우선, 에이전트가 사회적 상황에 대해 해석할 수 있는 능력을 소유할 수 있도록 하여야 한다. 그리고 에이전트의 특성에 따라 사회적 현상을 해석하는 데 있어 편향성을 보일 수 있도록 하는 모델이 구축되어야 한다.

본 논문에서는 행동 경향에 대한 에이전트의 추상적인 개인성을 모델링하는 기존의 연구들과는 달리, 에이전트의 개인성에 따라 에이전트로 하여금 행동을 결정하는 데 있어 중요한 영향을 미치는 에이전트의 인지 및 해석 성향에 대해 구체화하고자 한다. Hayes-Roth 등은 가상의 배우로 하여금 개인성에 따라 행동 표현의 성향을 차별화 하도록 하였다^[2]. Gebhard 은 에이전트의 개인성에 따라 에이전트의 감정의 정도를 조절하는 알고리즘을 개발하였다^[3]. Pelachaud 등은 개인성에 따라 목표에 대한 중요도를 조절하는 대화형 에이전트인 Greta를 소개하였다^[4]. 그리고 Paiva 등은 에이전트의 개인성에 따라 에이전트의 감정 상태 결정 및 감정 변화 정도를 조절하는 프레임워크를 제안하였다^[5]. 이와 같이, 에이전트의 개인성과 관련된 대부분의 연구들은 에이전트의 개인성과 행동 경향에 대한 추상적인 관련성에 초점을 두며 에이전트의 개인성에 따른 에이전트의 상황 인지에 대한 내재적인 차이를 고려하지 않는다. 즉, 에이전트의 개인성과 에이전트의 상황 인지 및 해석에 대한 연관성을 배제한다. 그러므로 본 연구는 에이전트가 내재하고 있는 개인성에 따라 상황에 대한 판단 성향의 차이점이 무엇인지, 그리고 판단 성향이 해당 상황에 대한 에이전트의 감성적인 대처 방안에 미치는 영향에 대해 구체화 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 개인의 설명 양식에 대한 소개 및 개인성에 따른 설명 양식의 차이점을 다룬 심리학적 이론을 언급한다. 이러한 심리학적 연구를 기반으로 상호작용형 에이전트의 설명 양식을 개발하기 위한 프레임워크를 자세히 설명한다. 그리고 제안한 프레임워크를 기반으로 상호작용형 증강 에이전트를 개발하고 이를 증강 현실 기술 기반 원에 체험 시스템에 적용하여 참여자로 하여금 상호작용형 에이전트의 설명 양식을 체험해 볼 수 있도록 한다. 궁극적으로 이러한 체험을 통하여 참여자의 조망 수용 및 감정 조절 능력 개발을 향상시킬 수 있는 수단으로서의 구현한 에

이전트의 적용 가능성을 확인한다. 마지막으로 제안한 연구에 대한 결론 및 추후 연구에 대해 언급한다.

II. 설명 양식의 개인차에 대한 심리학적 접근

인간의 표현적, 논리적, 그리고 감정적인 면에서의 개인에 따른 차이에 대한 연구는 심리학에서 활발하게 진행되어 왔다. 이러한 심리학적 접근들은 대부분 개인의 성향에 대해 추상적인 측면, 예를 들어, Big-Five 모델에서의 내/외향성 등, 에 대하여 구조화하는데 초점을 둔다^[6]. 이러한 성향은 인식 및 행동의 다양한 부분에 큰 영향을 미치는 특성들의 조합이라고 정의할 수 있다. 그리고 개인은 이러한 여러 가지 성향들의 복합적인 구성을 통하여 구별되어 질 수 있다. 이와는 달리, 일부 심리학적 연구들은 설명 양식 등과 같은 개인의 성향에 영향을 미치는 구체적인 차이 요소에 대한 연구를 진행하였다^[1].

본 연구에서는, 상호작용형 에이전트로 하여금 자신의 개인성에 따른 상이한 상황 설명 경향을 기반으로 상황을 서로 다르게 인식하게 만들고자 한다. 이를 달성하기 위하여, 인간의 구체적인 성향의 차이에 대해 초점을 둔 심리학적 설명 양식에 대한 Peterson과 Seligman의 연구 결과를 기반으로 한다^[1]. 그들은 설명 양식을 사람들이 어떻게 습관적으로 상황의 인과성 등을 설명하는지를 보여주는 인지적 개인 변수라고 정의하고 이러한 인지적 개인 변수들은 개인의 정신적 및 신체적 건강에 큰 영향을 끼친다고 주장한다. 특히, 설명 양식은 우울증 등과 같은 정신적 부적응 장애와 밀접하게 연관되어 있다는 여러 가지 실험을 통하여 보여준다^[7]. 더 나아가 이러한 설명 양식의 특성을 통하여 특정 사람이 다양한 업무 등을 성취할 수 있는지의 여부에 대해 예측할 수 있는 정보를 제공 한다^[8]. 이러한 설명 양식은 Attributional Style Questionnaire (ASQ), Content Analysis of Verbatim Explanation technique (CAVE), 확장 ASQ(Extended ASQ) 등과 같은 방법을 통하여 측정할 수 있다^[9]. 이러한 방법을 통하여 측정된 설명 양식은 개인의 신념 혹은 복리를 향상 시킬 수 있도록 하는 인지 행동 치료 등에서 많이 사용된다^[10].

그들은 사람들은 일반적으로 상황을 설명하기 위하여 다음과 같은 질문을 한다고 주장한다. 누가 이 상황을 발생시켰는가? 이 상황이 얼마나 오랫동안 지속될 것인가? 그리고 나의 생활 중 얼마나 많은 부분이 이 상황에 의해 영향을 받겠는가? 그러므로 상황을 설명하는

성향을 나타내는 설명 양식은 세 가지 특성, 즉, 주체성(Personalization), 지속성(Permanence), 그리고 파급성(Pervasiveness)에 따라 결정되어진다. 주체성은 상황이 내인적인 혹은 외인적인 요소에 기인하는지를 나타낸다. 지속성은 해당 상황이 지속될 것이라고 예상하는 기간, 즉, 영속적일 것인지 혹은 일시적인 것인지에 대한 정도를 가리킨다. 그리고 파급성은 해당 상황이 다른 부분에 끼치는 영향의 범위를 표현한다.

이러한 설명 양식은 개인의 개인성에 따라 동일한 상황에 대해 상이한 해석 경향을 나타낸다^[11]. 특히, 이러한 설명 경향은 비관론자 혹은 낙관론자에 따라 크게 구별되어진다. 비관론자의 경우 그들의 생활에서 발생하는 사건들에 대해 비관적인 설명 양식을 보인다. 즉, 비관론자 대부분은 부정적인 상황의 경우 해당 상황이 자신들로부터 비롯되었으며(내인적), 항상 자신에게 발생한다고 여긴다(영속적). 그리고 그 상황이 자신의 생활의 모든 부분에 부정적인 영향을 미친다고 판단한다(총체적). 이와 반면에, 비관론자들은 긍정적인 상황에 대해 정반대의 설명 양식을 보인다. 즉, 긍정적인 상황이 자신들이 아닌 외부의 요소 즉, 타인 혹은 환경적인 요소에 의해 발생되었다고 여기며(외인적) 동일한 상황이 되풀이 되지 않을 것이라고 생각한다(일시적), 그리고 이러한 상황은 그들의 생활이 다른 부분에 아무런 영향을 미치지 못한다(부분적). 대조적으로, 낙관론자들은 낙관적인 설명 양식을 갖는다. 구체적으로, 그들은 부정적인 상황은 그들의 잘못으로 발생된 것이 아니며(외인적) 다시는 해당 상황이 일어나지 않을 것이라고 여긴다(일시적), 그리고 부정적인 상황은 그들의 생활에 아무런 영향도 미치지 않는다고 판단 한다(부분적). 하지만 긍정적인 상황에 대해서는 해당 상황이 그들로 인하여 발생하였으며(내인적) 그들에게 항상 이러한 상황이 발생한다고 여긴다(영속적). 더 나아가 발생한 긍정적 상황은 그들의 생활의 다른 부분에 긍정적인 영향을 끼칠 것으로 판단한다(총체적).

III. 에이전트의 설명 양식 개발을 위한 프레임워크

본 연구에서는, 앞 장에서 언급한 심리학적 설명 양식 이론을 기반으로 상호작용형 에이전트로 하여금 개인성에 따라 상이한 설명 양식을 나타낼 수 있도록 하는 프레임워크를 제안한다. 이를 위하여 우선, 설명 양식에 영향을 미치는 주요 설명 변수들을 모델링한다. 그

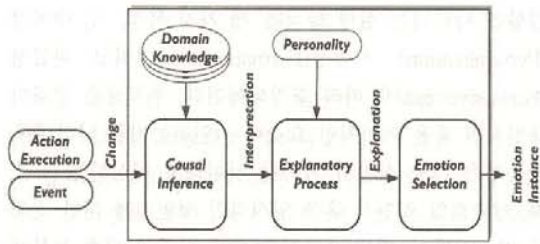


그림 1. 에이전트의 설명 양식을 위한 프레임워크의 개요

Fig. 1. The overview of our computational framework.

리고 에이전트의 개인성에 따라 설명 변수들의 정도를 조절하는 알고리즘을 개발한다. 설명 변수의 정도에 따라 상황을 다르게 해석하는 설명 프로세스를 설계한다. 더 나아가 설명 프로세스의 결과에 따라 에이전트의 감정 상태를 결정하도록 한다. 에이전트의 설명 양식에 대한 차이를 다루는 프레임워크를 개발하기 위하여 Gratch와 Marsella의 감정 에이전트를 개발하기 위한 평가 이론^[11], 그리고 감정 에이전트의 사회적인 속성에 대한 모델^[12, 13]에 기반을 둔다. 그러므로 에이전트는 내재적인 성향, 즉, 신념(Belief), 욕망(Desire), 그리고 의도(Intention) 등에 따라 상황에 대한 인과적인 정보를 추론하고 추론된 결과를 기반으로 상황 혹은 사건의 의미를 평가한다. 더 나아가 에이전트는 이러한 평가 결과를 기반으로 상황을 해석하고, 해석된 결과를 반영하여 해당 상황에 대한 감정을 선택한다. 그림 1은 제안한 프레임워크에 대한 개요를 보여준다.

1. 에이전트의 인과적 추론

에이전트로 하여금 자신이 처한 상황에 대한 인과적 정보를 추론할 수 있도록 하기 위해서는, 에이전트는 자신이 존재하는 공간에 대한 행동 및 상태에 대한 도메인 지식(Domain Knowledge)을 에이전트가 이해할 수 있는 형태로 표현되어야 한다^[11]. 이를 위해, 그림 2에서 보는 바와 같이, 각 행동은 선조건과 행동 수행 시 발생하게 되는 상태들의 집합과 연관되어 있도록 표현함으로써, 에이전트가 특정 행동을 이행하기에 앞서 필요한 조건 및 이행 후 발생하게 되는 영향에 정보를 인지할 수 있도록 한다. 그리고 각 행동은 행동을 이행하는 주체를 가리키는 수행자와 행동 이행에 대한 권한을 소유하는 권위자에 대한 정보와 연관되어 있다. 예를 들면, 학생이 수업 시간 중 화장실을 가고자 하는데 이를 위해 선생님에 허락을 받아야 한다면, 화장실을 가는 행동의 수행자는 학생이며 이에 대한 권위자는 선생님이

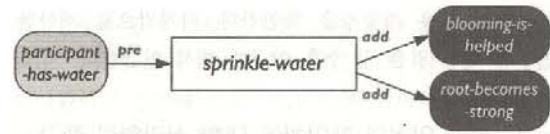


그림 2. 도메인 지식에서 각 행동에 대한 표현

Fig. 2. Representation of an action in domain knowledge.

된다. 그리고 각 상태는 에이전트의 목표에 대한 달성에 대한 기여 정도에 따라 [-100, 100] 사이의 이산적인 수치로 유용도가 할당 된다^[14]. 즉, 양수의 유용도가 할당된 상태는 해당 상태가 에이전트의 목표를 성취하는데 유용한 효과임을 나타내게 된다. 그리고 행동과 상태와의 관계는 인과적 달성 혹은 위협, 즉, 행동으로 인해 발생하는 상태가 목표를 달성시키는데 도움을 주거나 혹은 저해하는 관계 등으로 표현된다. 그러므로 에이전트가 의도하는 목표를 달성하기 위한 방안은 다수의 행동, 상태, 그리고 그들 간의 관계의 조합으로 구성되게 된다.

에이전트는 사용자의 행동 및 여러 가지 변화로 인해 유발되는 인과적인 증거를 이용하여 상황에 대한 인과관계, 선지식, 의도, 그리고 강제성 등과 같은 인과적인 정보를 유추해 낸다. 그러므로 에이전트는 누가 상황의 발생에 기인하였는지, 그리고 해당 상황에 대한 선지식을 소유하고 있었는지 등을 판단한다. 그리고 에이전트는 해당 사건이 강제적으로 수행되었는지 혹은 해당 상황 발생이 다른 이에 의해 의도적이었는지에 대해 추론한다. 이러한 인과적인 정보를 추론하기 위한 공리 및 자세한 추론 알고리즘은^[13]에서 살펴볼 수 있다.

2. 에이전트의 상황 해석을 위한 설명 변수들

심리학적 설명 양식은 세 가지 주요 변수들, 주제성, 지속성, 그리고 파급성을 통하여 개인이 처한 상황에 대해 설명하는 습관적인 성향으로 간주되어져 왔다. 본 연구는 상호작용형 에이전트에 적용 가능한 설명 양식을 나타내는 컴퓨터이셔널 모델을 구축하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 심리학적 설명 양식 이론의 설명 변수를 에이전트의 해석 경향의 특징 부분과 연관되도록 하여 에이전트로 하여금 설명 양식에 따른 해석 경향을 가지도록 한다.

주체성(Personalization)은 해당 상황을 발생시킨 주체인 책임 에이전트를 판단하는 것과 연관이 있다. 즉, 이는 특정 주체에게 상황의 발생에 대한 책임감을 부여하는 것과 밀접하게 관련된다. 그리고 상황의 유용도에

따라 책임 에이전트를 비난 혹은 칭찬하는 것과 관련이 있다. 이는 크게 내인성과 외인성으로 나눌 수 있다. 만약 에이전트가 내인성을 소유한다면, 에이전트는 해당 상황에 대해 자기 자신을 비난 혹은 칭찬하는 성향을 갖는다. 이와 반대로 에이전트가 외인성을 가지고 있다면, 에이전트는 사건의 결과에 대해 타인 혹은 외부 요소를 비난하거나 칭찬하는 경향을 보인다.

지속성(Permanence)은 해당 상황이 얼마나 오랫동안 유지될 것인지에 대한 판단의 결과를 나타낸다. 이는 에이전트가 상황에 대한 제어성 및 가변성에 대한 평가와 밀접한 관계를 갖는다. 제어성은 해당 상황을 조절할 수 있는 에이전트의 능력 정도를 나타내며 가변성은 외부의 간섭 없이 상황이 변할 수 있는지를 나타낸다. 그러므로 만약 에이전트가 특정 상황을 영속적인 사건이라고 생각한다면 이는 외부의 간섭이 없는 경우 상황이 변화될 소지가 없으며(낮은 가변성) 에이전트 역시 해당 상황을 변화시킬 수 있는 능력을 소지하고 있지 않음(낮은 제어성)을 나타낸다. 반면에 에이전트가 특정 상황을 가변적이라고 생각한다면 이는 상황이 외부의 간섭 없는 경우라 할지라도 변화될 확률이 높으며(높은 변화성) 에이전트 역시 해당 상황에 대한 높은 제어 능력(높은 제어성)을 가짐을 나타낸다.

파급성(Pervasiveness)은 특정 상황이 다른 부분에 얼마나 많은 영향을 미치는지를 나타낸다. 이는 에이전트의 다른 상황에 대한 판단에 영향을 미치기 때문에 다른 상황에 대한 에이전트의 선입견적인 평가에 대응되도록 한다. 그러므로 에이전트가 특정 상황이 파급적이라고 생각한다면, 이는 에이전트로 하여금 다른 상태에 대한 평가를 하는 데 있어 편견을 가지도록 한다. 즉, 에이전트는 다른 상황에 대해 앞선 상황과 비슷한 평가를 내리게 된다. 예를 들어 에이전트가 부정적인 상황을 파급적이라고 생각한다면, 에이전트는 다른 상황 역시 부정적인 시각을 가지고 평가하는 경향을 보인다. 반면 에이전트가 부정적인 상황을 부분적이라고 생각한다면, 이는 에이전트의 다른 평가에 아무런 영향을 미치지 못한다.

3. 에이전트의 설명 프로세스

본 논문에서는 에이전트로 하여금 개인성에 따라 동일한 상황을 개인의 특성에 적합하도록 판단하게 하는 설명 프로세스를 제안한다. 이를 위해, 그림 3에서 보는 바와 같이, 에이전트의 개인성에 따라 설명 변수의 정도를 서로 다르게 부여한다. 그리고 그림 4에서 보는 바와

```

Algorithm (consequence e, personality p):
IF (desirability(e) < 0 AND p == pessimistic ) OR
(desirability(e) > 0 AND p == optimistic ) THEN
    Personalization(e) = internal
    Permanence(e) = stable
    Pervasiveness(e) = global
ELSEIF (desirability(e) > 0 AND p == pessimistic ) OR
(desirability(e) < 0 AND p == optimistic ) THEN
    Personalization (e) = external
    Permanence (e) = variable
    Pervasiveness (e) = specific
END-IF
RETURN Personalization(e) ∪ Permanence(e) ∪ Pervasiveness(e)
    
```

그림 3. 개인성에 따른 설명 변수의 정도 조절
 Fig. 3. The adjustment of explanatory variables according to personality factors.

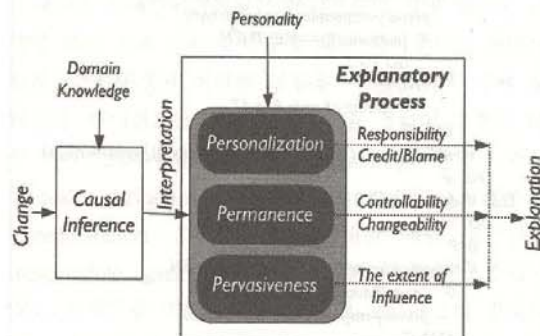


그림 4. 에이전트의 설명 프로세스의 개요
 Fig. 4. The overview of explanatory process.

같이, 부여된 설명 변수의 정도에 따라 상이한 설명 경향을 보이도록 한다. 우선, 주체성의 정도에 따라 서로 다르게 상황에 대한 책임을 부여하며 칭찬 및 비난의 대상이 서로 다르게 나타낸다. 그리고 지속성의 정도에 따라 상황에 대해 제어성 및 가변성에 대한 평가 정도를 차별화한다. 또한 에이전트는 파급성의 속성에 따라 이전 상황에 대한 평가의 영향 범위를 조절한다. 이를 통하여 동일한 상황일지라도 에이전트의 개인성에 따라 상이하게 설명되어 질 수 있도록 하는 설명 프로세스를 개발한다.

에이전트의 주체성에 대한 특성에 따라 상황에 대한 책임 에이전트를 서로 다르게 결정하고 해당 상황의 유용도에 따라 책임 에이전트를 비난 혹은 칭찬한다. 그러므로 특정 상황에 대해 에이전트는 개인성에 따라 해당 상황이 발생하도록 인과적으로 영향을 미친 주체 및 상황을 유발하는 행동을 수행하도록 강요한 주체에 대한 결정을 차별화한다. 예를 들어, 바람직하지 못한 상황이 발생한 경우, 비판적 성향을 가진 에이전트는 상황에 대

해 자책하는 경향을 보인다. 즉, 발생한 상황에 대해 에이전트는 자신이 해당 상황이 발생하도록 인과적으로 영향을 미쳤는지 혹은 자신이 상황을 유발하는 행동을

```

Algorithm (consequence c, action hierarchy AT, agent ME):
FOR each executed action A that has e as its effect
IF cause(performer(A),e) OR intend(performer(A),p) ^ by (p, A, e) THEN
    primary-responsible(e)= performer(A)
    secondary-responsible(e)= performer(relevant-action(e, AT))
    P = A

    IF desirability(e) * personality(e) > 0 THEN
        IF (primary-responsible(e)==ME)
            OR (secondary-responsible(e)== ME) THEN
            primary-responsible(e)=ME
            GO TO 3
        ELSE
            DO
            B=P
            IF coerce(authority(B),performer(B),e) THEN
                primary-responsible(e)=authority(B)
                IF (authority(B)==ME) THEN
                    GO TO 3
                END IF
                P=parent of node B in AT
            END IF
            WHILE B ≠root of AT AND coerce(authority(B),performer(B),e)
            END IF
        ELSE IF desirability(e) * personality(e) < 0
            DO
            B=P
            IF coerce(authority(B),performer(B),e) THEN
                IF ¬myself(authority(B)) THEN
                    primary-responsible(e)=authority(B)
                END IF
                P = parent of node B in AT
            END-IF
            WHILE B ≠ root of AT AND coerce(authority(B),performer(B),e)
            IF (primary-responsible(e)==ME)
                AND (secondary-responsible(e)≠ME) THEN
                primary-responsible(e)=secondary-responsible(e)
            END-IF
        ELSE
            DO
            B=P
            IF coerce(authority(B),performer(B),e) THEN
                primary-responsible(e)=authority(B)
                P=parent of node B in AT
            END-IF
            WHILE B ≠root of AT AND coerce(authority(B),performer(B),e)
            END-IF

        IF intend(primary-responsible(e), e) THEN
            degree-responsibility(e)=high
        ELSE IF ¬intend(primary-responsible(e), e) THEN
            degree-responsibility(e)=low
        ELSE
            degree-responsibility(e)=medium
        END-IF
    END-IF
END-FOR
    
```

desirability(e)<0 : an undesirable effect, desirability(e)>0 : a desirable effect
 personality(e)<0 : a pessimistic style, personality(e)>0 : an optimistic style

그림 5. 책임 에이전트 결정 알고리즘
 Fig. 5. The algorithm for assigning responsible agents.

수행하도록 강요하였는지에 대해 판단한다. 만약 에이전트가 해당 상황 발생에 대한 인과성 가지고 있거나 혹은 상황이 발생하도록 강요하였다면, 바람직하지 못한 상황에 대한 책임을 자신으로 돌린다. 반면에, 낙관적 성향을 띄는 에이전트는 부정적인 상황에 대해서는 다른 에이전트를 추궁하는 경향을 보이기 때문에 해당 상황에 대해 인과성 혹은 강권을 가지는 다른 에이전트에게 책임을 전가한다. 이와는 대조적으로, 바람직한 상황에 대해서는 반대의 성향을 보인다. 즉, 비관적 성향의 에이전트는 상황 발생에 간접적인 영향을 주거나 혹은 상황 발생을 유발시키는 행동을 권유한 다른 에이전트들에게 해당 상황에 대한 공적을 돌린다. 반대로 낙관적 성향을 가진 에이전트는 에이전트 자체가 상황에 대해 인과성 혹은 상황 유발 가능한 행동을 권유했다면 긍정적 상황에 대해 자화자찬을 하기 쉽다. 예를 들어 친구 A가 프로젝트를 성공적으로 끝냈다고 가정해 보자. 만약 친구 A가 비관주의자의 경우 친구 A는 프로젝트의 성공을 프로젝트를 수행하기 위해 시간과 노력을 기울여준 팀 동료들에게 공적을 돌린다. 하지만 친구 A가 낙관주의자의 경우 친구 A는 성공의 원인은 프로젝트 관리를 성공적으로 이루어낸 자신의 업적이라고 자화자찬한다. 그림 5는 에이전트의 주체성의 성향에 따른 책임 에이전트를 할당하는 알고리즘을 보여준다.

그리고 에이전트는 개인성에 따라 처한 상황의 지속성에 대한 서로 상이한 판단 성향을 가진다. 그러므로 지속성의 특성을 에이전트의 평가 변수 중 상황에 대한

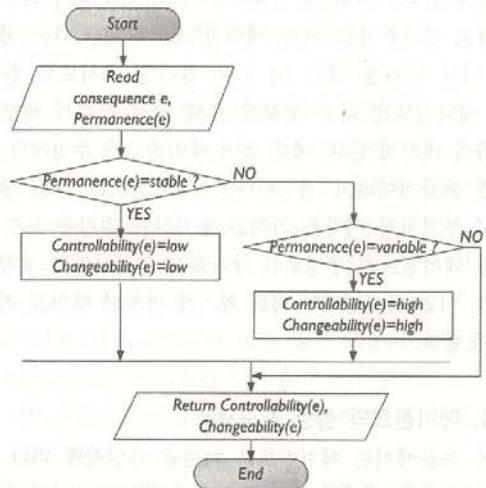


그림 6. 에이전트의 지속성의 특성에 따른 에이전트의 제어성 및 변화성의 평가
 Fig. 6. Appraisals on controllability and changeability with respect to the agent's permanence factor.

제어성 및 가변성에 대한 평가와 밀접하게 연관되도록 한다. 그림 6에서 보는 바와 같이, 제안한 프레임워크에서는 상황이 지속되는 정도를 외부의 간섭 없이 변화할 수 있는지 혹은 에이전트가 자율적으로 해당 상황을 제어할 수 있는지와 연관시킨다. 그러므로 높은 지속성의 경우에는 낮은 가변성과 낮은 제어성을, 그리고 낮은 지속성의 경우 높은 가변성과 높은 제어성과 연관을 짓는다. 이를 에이전트의 개인성과 연관을 짓는다면, 비판적 에이전트의 경우 부정적인 상황에 대해서는 높은 지속성을, 즉, 낮은 제어성과 낮은 가변성을, 긍정적인 상황에 대해서는 낮은 지속성을, 즉, 높은 제어성과 높은 가변성을 할당하도록 한다. 반면에 낙관적 에이전트는 바람직하지 못한 상황에 대해서는 낮은 제어성과 낮은 가변성을, 바람직한 상황에 대해서는 높은 제어성과 높은 가변성을 부여한다.

더 나아가 에이전트의 상황의 파급성 정도에 대한 판단 성향은 다른 상황에 대한 평가의 선입견 정도의 차이에 영향을 끼친다. 본 연구에서는, 이를 다른 상황에 대한 감정 상태의 정도 조절과 연관성을 갖도록 한다. 그림 7에서 보는 바와 같이, 현재 상황이 파급적이라고 생각한다면 현재 상황에 대한 판단이 추후에 발생하는 여러 가지 상황에 대해 영향을 끼치게 된다. 이와는 반대로 현재 상황이 부분적이라고 여긴다면, 추후에 발생하는 상황에 대해 아무런 영향을 끼치지 않는다. 그러므로 부정적인 상황의 경우, 비판적 에이전트는 바람직하지 못한 상황은 에이전트의 다른 상황에 대한 평가에 전반적으로 영향을 끼친다고 생각한다. 그러므로 다른 상황에 대한 평가와 연관된 부정적인 감정 인스턴스(예

를 들어 우울, 치욕, 비난 등)의 정도가 높아지고 긍정적인 감정 인스턴스 (예를 들어, 기쁨, 만족, 존경 등)의 정도가 낮아진다. 반면, 낙관적 에이전트는 바람직하지 못한 상황이 다른 상황에 대한 평가에 아무런 영향을 미치지 못한다고 판단하여 다른 평가에 연관된 감정 인스턴스의 정도에 대한 변화는 없다. 하지만 바람직한 상황에 대해서는, 비판적 에이전트의 경우 다른 평가에 대해 아무런 영향을 미치지 않는다. 하지만 낙관적 에이전트의 경우 다른 평가가 긍정적인 평가로 치우치게 되어 긍정적인 감정 인스턴스의 정도가 증가하고 부정적인 감정 인스턴스의 정도가 감소하게 된다.

4. 에이전트의 감정 선택

제안한 프레임워크에서는 에이전트의 설명 양식을 모델링 하는 것과 더불어 상황에 대한 에이전트의 설명이 감정 상태 결정에 어떠한 영향을 끼치는 지에 대해 살펴본다. 에이전트는 설명 프로세스를 통하여 상황에 대한 에이전트의 바람직한 정도(desirability), 인과적 귀인(causal attribution), 제어성(controllability), 가변성(changeability), 그리고 상황에 대한 책임 에이전트(responsible agent) 등의 정보를 유추해낸다^[11]. 그리고 OCC 모델^[15]을 기반으로 하여 설명 프로세스의 결과를 감정 인스턴스에 매핑 시켜 에이전트로 하여금 특정 상황에 대해 감정 상태를 변화 시킬 수 있도록 한다. OCC 모델에서 책임감은 긍지, 존경, 수치, 비난 등과 같은 귀인 감정(attribution emotion)과 연관성을 가지고 있으므로 이를 기반으로 상황에 대한 책임 에이전트 및 비난 혹은 칭찬에 관한 정보를 이용하여 귀인 감정을 할당하는 규칙을 정의한다. 그리고 에이전트의 바람직한 정도, 상황에 대한 제어성 및 가변성에 대한 정보를 이용하여 기쁨, 고통 등과 같은 사건 기반 감정(event-based emotion)을 할당하도록 하는 규칙을 정의한다.

구체적으로 상황에 따른 에이전트의 설명에 따른 감정에 대한 매핑 규칙은 다음과 같다. 긍지는 에이전트 자신이 긍정적인 상황을 유발하였을 때 생성되며 이와 반대로 수치는 에이전트 자신이 부정적인 상황을 유발시키는 경우 생성된다. 그리고 존경은 에이전트 자신이 아닌 다른 에이전트가 바람직한 상황을 유발시키는 경우에 에이전트가 해당 상황을 칭찬할만하다고 판단하는 경우 발생한다. 한편, 질책은 다른 에이전트가 바람직하지 못한 상황을 유발하였으며 에이전트가 이러한 상황을 비난하고자 하는 경우 생성된다.

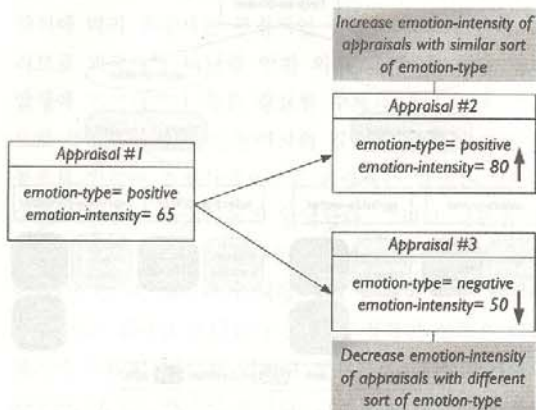


그림 7. 에이전트의 파급성 정도가 총체적인 경우 상황에 대한 에이전트의 선입견적인 평가의 예
Fig. 7. An example of biased appraisal on situation when the agent's pervasiveness is global.

IV. 구현 결과

본 논문에서는 제안한 프레임워크를 기반으로 하여 개인성에 따라 상이한 설명 양식을 보이는 상호작용형 에이전트인 증강 파랑새를 구현하였다. 증강 파랑새는 자신이 존재하는 공간에 대한 변화를 인지하고 인지된 정보를 개인성에 따라 상이하게 해석하도록 하였다. 그리고 해석된 결과를 기반으로 감정 상태를 결정하고 이에 적합한 형태의 시각적 반응을 보이도록 하였다. 더 나아가, 그림 8에서 보는 바와 같이, 사용자로 하여금 에이전트의 상이한 설명 양식을 경험해 볼 수 있도록 하기 위하여 구현된 증강 파랑새를 실제 공간에서 상호작용 가능한 증강 원에 체험 시스템에 적용하였다^[16]. 해당 시스템에서 참여자는 정원사 역할을, 파랑새는 조연자 역할을 수행하도록 하며 참여자와 파랑새는 하나의 팀으로 구성되어 해당 시스템을 체험해 볼 수 있도록 하였다. 그리고 시스템 내에서 참여자는 물주기, 거름주기 등 상호작용을 수행할 수 있도록 하였으며 그에 따라 가상 꽃 역시 특정 변화를 애니메이션을 통하여 표현하도록 하였다. 그리고 가상 꽃의 상태에 따라 파랑새는 참여자에게 조언을 제공하거나 감정 상태를 표현하도록 하였다. 시스템 내에서의 체험자와 에이전트의 협업을 통하여 체험자의 조망 수용 및 감정 조절 능력 개발을 향상시키기 위한 시스템을 개발하기 위한 궁극적인 목표를 달성하기 위한 시작 단계라 볼 수 있다.

증강 원에 체험 시스템에서 참여자로 하여금 서로 다른 형태의 설명 양식을 체험할 수 있는 기회를 제공하기 위하여 참여자로 하여금 파랑새와 상호작용을 하기 전에 파랑새의 설명 양식을 선택할 수 있도록 하였다.



그림 8. 증강 파랑새를 적용한 증강 원에 체험 시스템
Fig. 8. An interactive system with an augmented bluebird.

구현된 시스템에서는 파랑새의 설명 양식을 비관적, 중립적, 낙관적 양식으로 최소화하였다. 그리고 참여자의 선택에 따라 파랑새는 그에 따른 적절한 해석 경향을 보이도록 하였다. 더 나아가 참여자로 하여금 자연스럽게 파랑새와 상호작용을 할 수 있도록 하기 위하여 참여자와 파랑새에게 가상 꽃을 피우는 것을 도와주는 업무를 제시한다. 이는, 그림 9에서 보는 바와 같이, 두 가지의 방법, 즉 apply-water와 apply-fertilizer가 존재한다. apply-water는 give-water, sprinkle-water 두 가지의 행동으로, apply-fertilizer는 give-fertilizer, sprinkle-fertilizer로 구성된다. 그리고 sprinkle-water와 sprinkle-fertilizer는 꽃 피우는 것을 도와줄 수 있으나 sprinkle-fertilizer는 root-becomes-weak라는 바람직하지 못한 상황을 유발하는 부작용과 연계된다.

예를 들어 참여자가 파랑새의 설명 양식을 낙관적 양식으로 설정하였으며 파랑새에서 sprinkle-fertilizer를 행하도록 강요하였다고 가정해보자. 그리고 수행한 결과 바람직하지 못한 상황인 root-becomes-weak가 발생하였다고 상상해보자. 그림 10은 어떻게 파랑새가 해당 상황에 대한 설명을 생성해 내는지를 자세하게 보여준다. 우선 파랑새는 자기 자신의 해당 상황을 유발시키는 행동을 수행한 이행자이고 참여자는 이를 강요한 주체라는 사실을 알아낸다. 그리고 참여자가 부정적인 상황을 유발시키는 행동인 sprinkle-fertilizer를 수행하도록 강요하였기 때문에 파랑새는 참여자가 해당 상황에 대한 선지식을 소유하고 있었으며 의도적으로 해당 상황을 유발시켰음을 추론 해낸다. 그리고 발생한

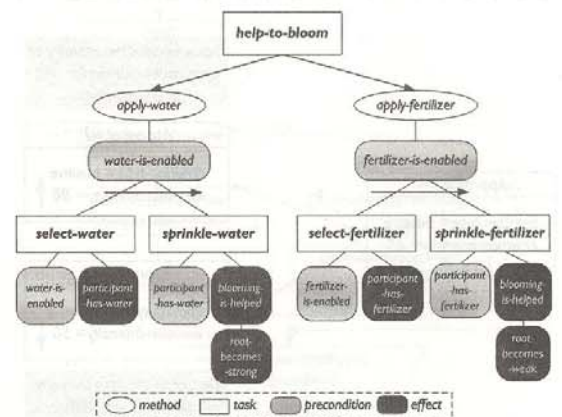


그림 9. 시스템에서 꽃피우는 것을 돕기 위한 업무 구조
Fig. 9. A task structure of "help-to-bloom" in our system.

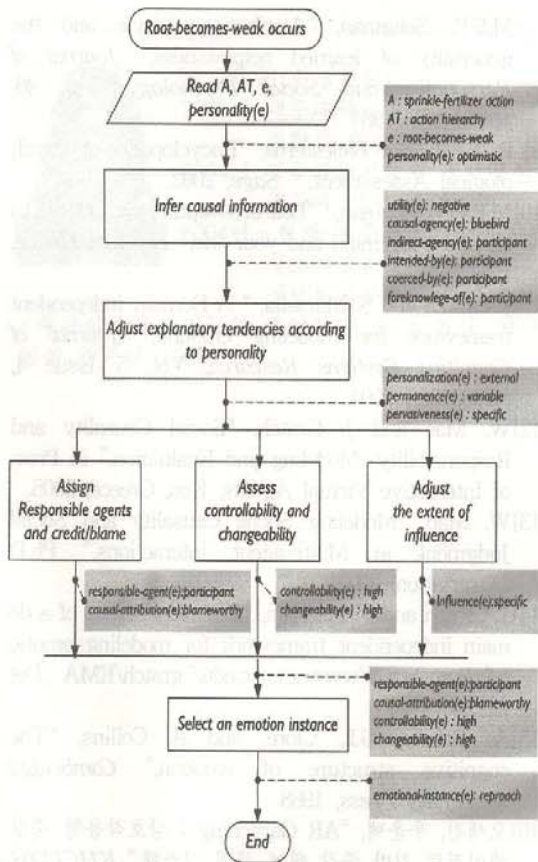
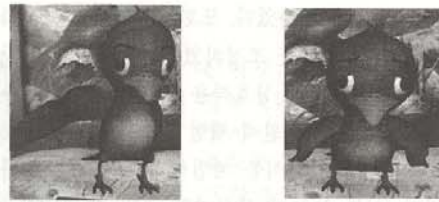


그림 10. 바람직하지 못한 상황인 *root-becomes-weak*에 대한 낙관주의 파랑새의 설명 프로세스
 Fig. 10. An optimistic bluebird's explanation about a negative outcome *root-becomes-weak*.

부정적인 상황에 대해 파랑새의 설명을 생성해 내기 위한 설명 프로세스를 시작한다. 파랑새의 낙관적인 설명 양식에 따라 파랑새는 부정적인 상황을 외인화 한다. 그러므로 파랑새는 비난할 만한 외부 대상, 즉 해당 상황 발생에 기여하거나 혹은 강요한 주체를, 찾아낸다. 그러므로 부정적인 상황이 참여자의 강요에 의해 수행된 행동으로 인하여 발생하였으므로 파랑새는 발생한 상황에 대한 책임감을 참여자에게 할당한다. 그리고 낙관적 설명 양식으로 인하여 파랑새는 *root-becomes-weak* 상황이 가변적이며 파랑새가 해당 상황에 대한 높은 제어권을 가지고 있다고 판단한다. 또한 부정적인 상황은 다른 평가에 아무런 영향을 미치지 못하므로 다른 평가와의 아무런 연계를 가지지 못한다. 그러므로 제안한 프레임 워크에서 감정 선택을 위해 정의한 기본 규칙들을 적용하여 파랑새는 참여자에게 부정적인 상황을 발생시켰다고 질책한다.



(a) 긍정적(좌)/부정적(우) 상황에 대한 비관주의 파랑새의 감정 표현



(b) 긍정적(좌)/부정적(우) 상황에 대한 낙관주의 파랑새의 감정 표현

그림 11. 설명양식 기반 상황에 따른 상이한 감정 표현
 Fig. 11. Different emotional responses to same situation depending on its explanatory style.

구현된 파랑새는 상황에 대한 해석 결과에 따라 자율적으로 감정 상태를 변화시킨다. 그리고 3D 컴퓨터 그래픽스 모델의 애니메이션 시퀀스의 변화를 통하여 변화된 감정 상태를 표현하도록 하였다. 그림 11은 동일한 상황에 대해 파랑새의 설명 양식에 따른 상이한 감정 표현에 대한 예를 보여준다. 개발한 시스템에서 참여자는 파랑새와 하나의 팀으로서 상호작용을 할 수 있기 때문에, 이는 참여자로 하여금 다른 팀원의 상이한 설명 양식을 경험해 볼 수 있는 기회를 제공한다. 궁극적으로 이를 통하여 서로 다른 설명 양식을 소유한 팀원이 다른 팀원의 수행 능력에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 더 나아가 참여자의 조망 수용 및 감정 조절 능력 향상을 지향할 수 있는 상호작용형 시스템의 가능성을 제시할 수 있다.

V. 결론

본 연구는 에이전트로 하여금 자신의 개인성에 따라 서로 다르게 상황을 해석하는 성향을 보일 수 있도록 하는 개인화된 상호작용형 에이전트를 개발하기 위한 프레임워크를 제안하였다. 이를 위해 심리학적 설명 양식 이론에서 제시하는 주요 설명 변수를 모델링하고 이를 적용하여 에이전트의 개인성에 따라 상이한 설명 성향을 할당하였다. 그리고 설명 성향에 따라 에이전트로 하여금 상황을 서로 다르게 해석할 수 있도록 하는 설

명 프로세스를 설계하였다. 또한 그 결과를 이용하여 에이전트의 감정 상태를 조절하였다. 더 나아가 제안한 프레임워크를 이용하여 상호작용 가능한 에이전트를 구현하였다. 그리고 증강 원에 체험 시스템에서 사용자로 하여금 상이한 설명 양식을 체험해 볼 수 있는 기회를 제공하였다. 이를 통하여 사용자의 조망 수용 및 감정 조절 능력 개발을 향상 시키는 시스템으로서의 가능성을 제시하였다.

추후 연구로는 현재의 프레임워크를 좀 더 범용적으로 사용될 수 있도록, 특히 에이전트의 설명 변수 중 파급성 관련 설명 프로세스의 확장이 필요하다. 그리고 제안한 프레임워크의 유용성을 평가하기 위하여 상호작용형 에이전트의 설명 경향에 따른 상이한 해석이 사용자와의 상호작용에 얼마나 많은 영향을 미치는 지에 대한 사용성 평가를 수행할 계획이다.

참고 문헌

- [1] G. M. Buchanan and M. E. Seligman, "Explanatory Style," *Lawrence Erlbaum*, 1995.
- [2] D. Rousseau and B. Hayes-Roth, "A Social-Psychological Model for Synthetic Actors." in Proc. of the International Conference on Autonomous Agents, pp. 165-172, 1998.
- [3] P. Gebhard, "ALMA: A Layered Model of Affect." in Proc. of the international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, pp.29-36, 2005.
- [4] F. Rosis, C. Pelachaud, I. Poggi, V. Carofiglio and B. D. Carolis, "From Greta's mind to her face: modeling the dynamics of affective states in a conversational embodied agent," *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 59, Issue 1-2, pp. 81-118, 2003.
- [5] A. Paiva, J. Dias, D. Sobral, R. Aylett, C. Zoll, and S. Woods, "Caring for Agents and Agents that Care: Building Empathic relations with Synthetic Agents," in Proc. of the international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, pp.194-201, 2004.
- [6] J. Digman, "Personality Structure: Emergence of the Five-Factor Model." *Annual Review of Psychology*, Vol. 41, pp.417-440, 1990.
- [7] C. Peterson, and R.S. Vaidya, "Explanatory style, expectations, and depressive symptoms," *Personality and Individual Differences*, Vol. 31, pp.1217-1223, 2001.
- [8] L. B. Alloy, C. Peterson, L. Y. Abramson, and M.E.P. Seligman, "Attributional style and the generality of learned helplessness," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 46, pp.681-687, 1984
- [9] R. Fernandez-Ballesteros, "Encyclopedia of Psychological Assessment," *Sage*, 2002.
- [10] M.E.P. Seligman, "Learned optimism: How to change your mind and your life," *Random House*, 1998.
- [11] J. Gratch and S. Marsella, "A Domain-independent framework for modeling emotion," *Journal of Cognitive Systems Research*, Vol. 5, Issue 4, pp.269-306, 2004.
- [12] W. Mao and J. Gratch, "Social Causality and Responsibility: Modeling and Evaluation," in Proc. of Interactive Virtual Agents, Kos, Greece, 2005.
- [13] W. Mao, "Modeling Social Causality and Social Judgment in Multi-agent interactions," Ph.D Dissertation, 2006.
- [14] J. Gratch and S. Marsella, "Technical details of a domain independent framework for modeling emotion," from http://www.ict.usc.edu/~gratch/EMA_Details.pdf
- [15] A. Ortony, G.L. Clore, and A. Collins, "The cognitive structure of emotion," *Cambridge University Press*, 1988.
- [16] 오세진, 우운택, "AR Gardening : 상호작용형 증강 에이전트 기반 증강 원에 체험 시스템," *KHCI2008*, pp. 168-173, 2008.

저 자 소 개



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

<주관심분야 : 지능형 에이전트, 증강 현실, 맥락 인식 컴퓨팅, 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>

주요 연구역력

The main research interests are in developing context-aware systems, particularly in the area of ubiquitous computing environments. Recently, to cope with serious power problems in portable mobile devices, context-aware systems with energy-efficient design of wireless and network and device. The research is currently focusing on practical and energy-efficient design of context-aware systems. In the past, the research was primarily design of agent-based services and mobile devices for ubiquitous computing environments. The research was also designed to successfully discover and combine ubiquitous computing with the knowledge of user behavior to design user-friendly and context-aware systems. In the past, the research was primarily design of agent-based services and mobile devices for ubiquitous computing environments. The research was also designed to successfully discover and combine ubiquitous computing with the knowledge of user behavior to design user-friendly and context-aware systems. In the past, the research was primarily design of agent-based services and mobile devices for ubiquitous computing environments. The research was also designed to successfully discover and combine ubiquitous computing with the knowledge of user behavior to design user-friendly and context-aware systems.

주요 연구역력 : 지능형 에이전트, 증강 현실, 맥락 인식 컴퓨팅, 유비쿼터스 컴퓨팅

주요 연구역력 : 지능형 에이전트, 증강 현실, 맥락 인식 컴퓨팅, 유비쿼터스 컴퓨팅

주요 연구역력 : 지능형 에이전트, 증강 현실, 맥락 인식 컴퓨팅, 유비쿼터스 컴퓨팅