

---

**사실적 행동 활성화를 위한 컨텍스트 인식  
증강현실 에이전트의 행동생성 시스템**

**Behavior Generation System of Context-aware  
Augmented Reality Agent  
for Realistic Activation of agent's behavior**

신현용, Hunyong Shin\*, 우운택, Woontack Woo\*\*

---

요약 최근 증강현실 에이전트에 대한 관심의 증가로 인하여, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이나 사용자의 입력에 자율적으로 반응하거나 새로운 형태의 인터페이스로서 이에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 하지만, 기존의 연구들은 에이전트의 반응생성을 위한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경내의 컨텍스트와 실제 및 가상 공간에 존재하는 정보들의 활용 방안에 대한 연구가 부족하였다. 따라서 본 논문에서는 환경 정보와 사용자의 프로필 정보, 그리고 사용자 중심의 컨텍스트의 활용해서 행동을 선택하고 계획하는 증강현실 에이전트의 행동생성 시스템을 제안하고자 한다. 에이전트의 내부는 Belief-Desire-Intention (BDI) 모델과 계층적 업무 네트워크 (HTN)내 검색을 통해서, 반응적 행동의 시퀀스를 선택한다. 행동의 시퀀스가 기본 행동들만으로 구성이 된 후, 에이전트는 이전 행동 및 입력의 종류에 따라서 행동의 적합성을 판단 및 적응을 수행한 후, 행동을 활성화 시킨다. 제안된 행동 생성 시스템은 행동을 통한 에이전트의 정보 전달이 요구되는 교육, 게임, 도우미 에이전트 등에서 응용이 가능할 것이다. 이렇게 계획된 행동을 통해서 증강현실 에이전트는 효과적인 정보 전달과 의사소통 능력을 사용자에게 보여줄 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract With the aid of the increasing interests of Context-aware Augmented Reality Agent (AR Agent), various researches of AR Agent have been performed to explore the possibility of the agent as novel interface and the entity responding autonomously by user's input. However, in previous works, AR Agents are lack of specific method for using various contextual information. To revolve around those problems, we propose the Behavior Generation System for Context-aware AR Agent using layered architecture. Based on Belief-Desire-Intention (BDI) model and Hierarchical Task Network (HTN) searching, the sequence of agent behavior has been selected in behavior planning layer. Then, the agent evaluates appropriateness of behaviors using previous behavior and the type of input before activation. This behavior generation system can be applied for edutainment, game, and assistant agent, which need intuitive and effective behaviors to convey information. Through this research, we expect that the Context-aware AR Agent could support for not only information delivery, but also the capability of effective communication for user.

**핵심어:** *Context-Aware Augmented Reality Agent, Behavior Planning, Ubiquitous Computing,*

---

본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음.

\*주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 e-mail: hyshin@gist.ac.kr

\*\*교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수; e-mail: wwoo@gist.ac.kr

## 1. 서론

최근에 증강현실 에이전트에 대한 관심이 증가하여, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이나 사용자의 입력에 자율적으로 반응하거나 새로운 형태의 인터페이스로서 증강 현실에이전트에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 이 에이전트는 혼합현실 공간에서 사용자를 대변하거나, 도와주는 역할로써, 교육, 게임 등 그 활용분야도 넓어지고 있다. 단순한 가상과 실제 공간의 단순한 매핑을 넘어, 사용자에게 가이드를 제시할 뿐 아니라, 이 두 이질적인 공간에 존재하는 간극(Seam)을 줄이고 이어줄 수 있는 매개체로서, 그 가능성에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다[1-6].

Ubiquitous animated Agent (Ubi-Agent)는 에이전트가 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 내 정보를 관리 및 활용할 뿐만 아니라 적응을 수행하는 AR에이전트에 대한 연구이다[1]. 그리고 AR Puppet은 증강현실 에이전트를 위한 계층적인 애니메이션 생성 프레임워크이다. 이 연구는 물리적인 센서 뿐만 아니라, 가상의 센서 정보를 활용하여서 에이전트가 반응 생성하기 위한 프레임워크를 제안하였다[2]. 이 프레임워크에 기반해서, AR Lego는 사용자가 원격 화상 시스템을 활용하여 레고조립을 위한 정보를 에이전트가 제공하여 주는 시나리오이다[3]. 또한 Monkey Bridge는 테이블탑 게임 시나리오에서 에이전트가 앞에 놓인 블록의 정보에 따라 자율적인 행동과 방향을 선택하여 실행하는 응용이다[4]. AR Gardening은 교육적 목적을 위한 사용자와 에이전트간의 상호작용에 대한 연구로서 에듀테인먼트를 위한 증강현실 에이전트의 가능성을 제시해 주었다[5].

기존의 연구에서 증강현실 에이전트들은 응용 시나리오에 한정된 행동들만 보여주고 있어, 복잡한 문제해결을 위한 의미 있는 행동 선택 및 계획능력은 부족한 실정이다.[1-5] 단순하고 직관적인 문제에 있어서 간단한 행동 선택이 효과적이지만, 이와 반대로 복잡한 문제를 위해서는 에이전트의 설명적인 행동이 요구된다. 기존의 에이전트는 행동의 선택과 계획 중 하나를 가지고 있어서 다른 상황에 대해서는 상대적으로 비효율적인 행동을 생성하였다. 따라서 이를 해결하기 위해 본 시스템은 계층적인 구조를 통해서 행동 선택과 계획의 변환을 동적으로 제공한다. 또한 기존연구들은 동적으로 변하는 환경 및 사용자 정보에 대해서 에이전트의 행동적응 능력이 부족하였다. 에이전트는 변화하는 상황에 따라 행동의 선택과 계획을 동적으로 재구성하여야할 뿐만 아니라, 정보와 상황의 종류에 따라서 다른 반응 시간을 선택할 필요가 있다. 또한, 에이전트의 행동이 활성화되기 전 그 유효성을 판단하여, 에이전트의 사실성을 높이고 잘못된 행동이 증강되는 것을 방지한다.

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 존재하는 컨텍스트 증강현실 에이전트가 계층화된 구조를 활용하여, 사용

자와 상황에 따라 적합한 계층을 활성화할 뿐만 아니라, 행동의 유효성을 판단하여 활성화시키는 컨텍스트 인식 증강현실 에이전트를 위한 행동생성 시스템을 제안하고자 한다.

본문의 구성은 다음과 같다. 2장은 행동생성 시스템의 구조와 상세 설명. 3장은 구현 및 실험. 그리고 4장은 결론으로 구성되어 있다.

## 2. 시스템 및 디자인

### 2.1 컨텍스트 인식 행동 생성 시스템

제안된 컨텍스트 인식 행동 생성 시스템 구조는 그림1과 같이 컨텍스트 인식 모듈(Context-aware Module), 행동계획 계층(Behavior Planning Layer), 반응적 행동 계층(Reactive Behavior Layer)으로 구성되어 있다. 실제 환경으로부터의 컨텍스트 정보를 입력으로 활용하고, 에이전트의 내부는 BDI 모델로 구성되어 있다[4].

컨텍스트 인식 모듈은 정형화된 컨텍스트 인식 모델(UCAM)과 입력 관리기로 구성되어 있다. UCAM을 통하여 생성된 최종 컨텍스트를 입력 관리기는 받아서 유용한 컨텍스트 정보를 추출한다.

에이전트의 행동 생성을 위해서 계층적인 구조(Layered Architecture)를 활용하였다. 이 구조는 고차원의 계획적인 행동을 위한 행동계획 계층과 즉각적인 반응을 위한 반응적 행동 계층으로 구성되어 있다. 행동계획 계층은 에이전트의 목적에 따라 사전에 구성된 계층적 업무 네트워크 내의 검색을 수행하여 행동계획을 수립한다. 반응적 행동 계층은 계획된 행동이 사용자 및 상황에 대한 적응을 진행한 후, 행동을 활성화 시킨다.

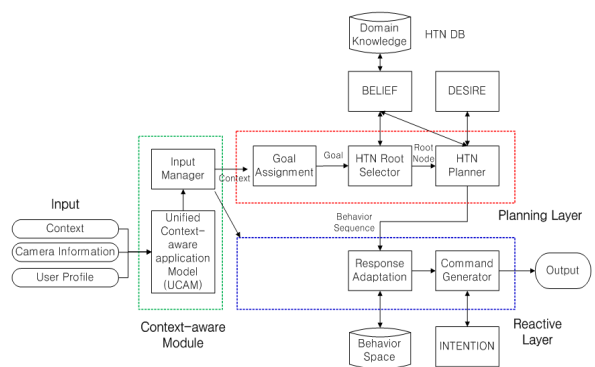


그림 1 행동 계획 시스템 구조도

### 2.2 계층적 업무 네트워크(HTN)를 활용한 행동 계획 계층

행동계획 계층은 에이전트의 목적에 따라 사전에 구성된 계층적 업무 네트워크 내의 검색을 통해서 행동계획을 수립한다. 이 계층은 에이전트의 목적과 루트 노드의 정보를 매

칭하여 적합한 HTN을 선택하여, 검색을 수행함으로써 행동 계획을 수립한다[6].

에이전트의 업무는 HTN 형태로 도메인 지식으로 저장되고, 도메인 지식은 그림과 같이 BDI 모델 중 BELIEF로 연결되어 있다[5]. 그리고 행동계획 매니저에서 입력되는 컨텍스트와 사용자의 프로파일정보를 입력정보로 받아 도메인 지식 내의 다수의 HTN을 에이전트가 부여된 목적에 따라 최상위 노드들의 검색들 통하여 적합한 HTN을 로딩하여 검색을 수행한다. HTN은 주어진 업무를 달성될 때까지 연속적으로 업무를 세부업무로 세분화함으로써 업무가 달성될 수 있는 기본 업무의 시퀀스를 구성한다. 계획을 통해서 구성된 행동의 시퀀스가 실행 불가능할 경우 상위의 업무로 되돌아가서 계획을 반복적으로 수행한다[7,8]. 에이전트의 내부는 BDI 모델과 HTN내 검색을 통해서, 반응적 행동의 시퀀스를 최하위 업무에서 전체차수계획(Totally-Ordered Planning)을 수행하여 선택한다. 행동의 시퀀스가 기본 행동들만으로 구성이 된 후, 행동이 활성화될 때 에이전트는 이전 행동 정보와 에이전트 상태에 따라 행동의 적합성을 판단한다.

### 2.3 행동 적응을 위한 반응적 행동 계층

반응적 행동 계층은 행동 계획 계층에 의해서 수립된 행동들 중 개별 행동들의 적응을 수행한다. 그리고 반응적 행동 계층은 행동 계획 계층과 순차적으로, 또는 병렬적으로 동작이 가능하도록 구성되어 있다. 이는 상황에 대한 판단과 입력 정보의 종류에 따라서 다른 계층이 활성화되어 동작하기 위한 것이다. 또한 각 계층은 다른 반응시간을 가지고 있어, 활성화될 행동이 최적 시간에 활성화 되도록 도와준다.

반응적 행동 계층에서는 일관성 있는 행동 생성을 위한 개별 행동의 적응을 수행한다. 사전에 정의된 행동 공간(Behavior Space)에서 개별 행동들을 그룹으로 분류하여 변수 매칭을 수행한다. 계획된 행동의 시퀀스가 실행되기 전에 행동들이 활성화될 지를 체크. 행동이 부자연스럽거나 이전 행동에 의해서 행동이 제약 받게 되는 경우 이렇게 정의된 변수들의 변화량을 통해서 행동이나 계획의 재계획이 수행된다. 그리고 입력 종류와 상황에 따라 반응적 행동 계층의 활성화가 결정 되었을 때, 즉각적인 반응을 생성하여 문제해결이나 정보 전달을 수행해준다.

이를 통해 수행이 완료된 행동들을 명령어 생성기(Command Generator)는 생성된 행동을 증강현실 에이전트의 렌더링을 위한 행동을 위한 커맨드로 변환/해석을 수행하고, BDI를 업데이트한다.



그림 2 시스템 개요

## 3. 구현 및 실험

### 3.1 구현

본 논문에서 제안된 시스템은 그림 2와 같이 모바일 장치인 Ultra Mobile Personal Computer (UMPC)상의 사용을 목적으로, C++기반으로 구현되었다. 트래킹은 ARToolkit[9]이 활용하였고, 캐릭터 애니메이션은 Cal3D[10]로 구현되었다.

기본적으로 정의된 10개의 기본 행동들이 구현을 위해서 제공되었고, 아래와 같이 세 개의 행동 그룹으로 분류되었다.

$Behavior_{Negative} = \{Anger, Disgust, No\}$

$Behavior_{Neutral} = \{Neutral, ExplainR, ExplainL, LiftUp\}$

$Behavior_{Positive} = \{Yes, Joy, Happy\}$

행동계획 계층은 제공된 HTN에 대해서 검색을 수행하여 행동들의 순서를 계획하도록 구현되었다. HTN은 이진트리 형태로 구성되었고, 각 노드는 이름, 사전조건, 영향, 하위 트리 정보를 가지고 있다. 검색은 노드가 가지고 있는 하위 트리 정보들과 이벤트와 입력 컨텍스트 정보들의 문자열 비교를 한 후, 일치할 경우 만족하는 노드로 이동하고, 이전 노드의 영향이나 이후 노드의 사전 조건이 활성화된다.

반응적 행동생성 계층은 컨텍스트와 계획된 행동을 입력으로 받아 행동을 필터링하거나, 제어로직에 정의된 입력에 대해서는 즉각적인 행동 실행을 수행한다. 계획된 행동에 대해서는 행동이 최대 행동 변화량을 넘지 않고, 행동 그룹이 순차적으로 변화도록 구현하였다.

### 3.2 실험 및 분석

제안된 시스템에서 시스템의 동작과 효과를 검증하기 위해서 실행 시간 측정 실험을 진행하였다. 건강도우미 시나리오에 맞춰서 시스템을 실행함에 따라 각 이벤트가 수행되는 시간과 프로세스 종료 시간을 측정하고 그 출력 행동을 그룹별로 분류하여 분석 하였다.

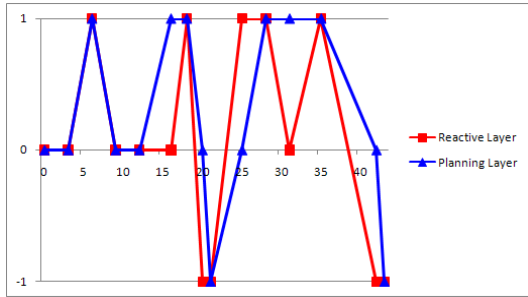


그림 3 활성화된 행동 그룹과 반응 시간

그림 4는 입력에 따라, 활성화된 행동의 그룹과 시간을 보여주고 있다. 반응적 행동 계층과 관련된 행동 실행은 6.13초 소요되었고, 이는 전체 실행 시간의 15% 정도로, 나머지를 차지한 행동계획 계층에 비해서 상대적으로 짧은 시간에 반응이 실행되었다. 하지만, 계층에 따라서 다른 반응시간이 적용되고, 반응적 행동 계층에서의 행동 적용에 의해서 평균 약 1.11초의 지연이 발생하였다. 그러나 이러한 행동실행의 지연은 과도기 행동을 실행한 후, 목표 행동이 실행되는 시간을 의미한다. 이를 통해서 긍정에서 부정으로와 같은 에이전트의 행동은 행동 그룹간의 급격한 변이를 방지하여, 긍정에서 중립으로, 그리고 중립에서 부정으로 행동이 변이되도록 그림 5와 같이 유도한다.



그림 4 행동 적용에 의한 에이전트의 실제 행동

### 3.3 응용 시나리오

본 논문에서 제안된 에이전트 시스템은 사용자가 유비쿼터스 컴퓨팅 홈 환경에서 약의 복용을 도와주는, 건강도우미로서 활용되기 위한 응용으로 구현되었다. 사용자가 카메라를 통해서 약을 봄에 따라, HTN에서 행동계획이 수립되고 실행된다. 건강 도우미 응용 시나리오에서는 사용자의 프로파일 정보에 의해서 선택이 최종 하위 업무로 선택되고, 이를 달성하기 위해서, 준비, 설명, 오른쪽지시의 순서로 행동계획이 이루어진다. 이와같이 행동의 시퀀스가 기본 행동들만으로 구성이 된 후, 에이전트는 행동의 적합성을 판단한 후, 그림 6과 같은 일련의 행동을 활성화 시키게 된다.

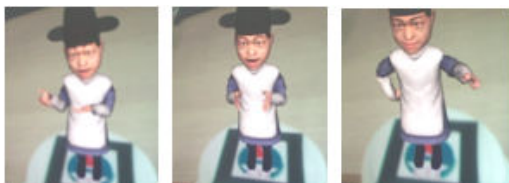


그림 5 행동계획에 따른 에이전트의 실제 행동

## 4. 결론

제안된 컨텍스트 인식 증강현실 에이전트는 계층적인 구조를 통해서 행동계획 뿐만 아니라, 반응적인 행동을 생성하였다. 특히, 반응적 행동 계층에서는 수립된 에이전트 계획에 대한 유효성 평가 뿐만 아니라, 사실감있는 행동의 증강을 위해서 행동의 변화를 제어하는 기능도 제공하였다. 그리고 실제 건강 도우미 시나리오의 응용을 통해서 행동 생성 시스템의 가능성을 확인할 수 있었다. 하지만, 제안된 시스템에서는 사전에 구성된 HTN에 대한 실행만을 고려하고 있어, 사용자에게 따른 개인화된 에이전트의 행동 적응 및 생성을 위해서 동적으로 HTN을 변경하는 기능이 요구된다. 또한 사용자의 개인적인 특성에 따라 에이전트의 행동 적응이 수행되도록 수정되는 것이 진행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] I. Barakonyi, D. Schmalstieg, "Ubiquitous animated agents for augmented reality", ISMAR 2006, pp.145-154.
- [2] I. Barakonyi, T. Psik, D. Schmalstieg: Agents That Talk And Hit Back: Animated Agents in Augmented Reality. ISMAR 2004, pp.141-150
- [3] I. Barakonyi, Ph.D Thesis, "Ubiquitous animated agents for augmented reality,"
- [4] I. Barakonyi, M. Weilguny, T. Psik, D. Schmalstieg, "MonkeyBridge: autonomous agents in augmented reality games," Advances in Computer Entertainment Technology 2005, pp. 172-175
- [5] 오세진, 우운택, "AR Gardening : 상호작용형 증강 에이전트 기반 증강 원예 체험 시스템," KHCI2008, pp. 168-173, 2008.
- [6] 신현용, 우운택, "컨텍스트 인식 증강현실 에이전트를 위한 반응적 행동생성 시스템," 대한전자공학회 2009년 추계 학술대회, pp. 846-847, 2009.
- [7] M. Wooldridge, "Reasoning About Rational Agents," The MIT Press, 2000
- [8] D. Nau, T. Au, O. Ilghami, U. Kuter, H. Muoz-Avila, J. W. Murdock, D. Wu, F. Yaman, "Applications of SHOP and SHOP2", IEEE Intelligent Systems 20(2), pp.34-41, 2005
- [9] <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [10] <http://home.gna.org/cal3d/>