

# 베이지안 네트워크와 행동 네트워크를 이용한 지능형 합성 캐릭터의 행동 생성 및 사용성 평가 (Usability Test and Behavior Generation of Intelligent Synthetic Character using Bayesian Networks and Behavior Networks)

윤종원<sup>†</sup>      조성배<sup>\*\*</sup>  
(Jongwon Yoon)      (Sung-Bae Cho)

**요약** 최근 스마트폰이 유비쿼터스 컴퓨팅 구현에 적합한 기기로 떠오르면서 스마트폰에서 동작하는 개인화된 지능형 서비스에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 것이 가상 캐릭터를 이용한 것이다. 본 논문에서는 외부 상황에 따른 에이전트의 자연스러운 행동 생성을 위해 베이지안 네트워크를 이용하여 사용자의 감정 상태와 바쁨 정도를 추론한 뒤 이와 함께 OCC모형을 이용한 에이전트 자체의 감정 상태, 그리고 스마트폰에서 수집된 디바이스 상태에 기반을 두어 행동 네트워크를 이용해 행동을 선택하는 방법을 제안한다. 또한 제안하는 방법의 유용성을 검증하기 위해 사용성 평가를 시행하였다.

**키워드** : 지능형 합성 캐릭터, 지능형 에이전트, 스마트폰

**Abstract** As smartphones appear as suitable devices to implement ubiquitous computing recently, there are many researchers who study about personalized intelli-

- 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-(C1090-0902-0046))
- 이 논문은 제35회 추계학술대회에서 '베이지안 네트워크와 행동 네트워크를 이용한 지능형 합성 캐릭터의 행동 생성 및 사용성 평가'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

<sup>†</sup> 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과  
jwyoons@slab.yonsei.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
sbcho@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2009년 1월 16일

심사완료 : 2009년 8월 24일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제15권 제10호(2009.10)

gent services in smartphones. An intelligent synthetic character is one of them. This paper proposes a method generating behaviors of an intelligent synthetic character. In order to generate more natural behaviors for the character, the Bayesian networks are exploited to infer the user's states and OCC model is utilized to create the character's emotion. After inferring the contexts, the behaviors are generated through the behavior selection networks with using the information. A usability test verifies the usefulness of the proposed method.

**Key words** : Intelligent synthetic character, Intelligent agent, Smartphones

## 1. 서론

최근 이동전화는 사람 대 사람의 커뮤니케이션에 있어서 필수적인 수단으로 자리 잡고 있다. 특히 근래 들어 많은 기업들이 PDA(Personal Digital Assistant)와 이동전화의 기능이 결합된 스마트폰을 경쟁적으로 출시하고 있으며, 이와 더불어 현재 스마트폰이 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 구현에 적합한 기기로 떠오르면서 스마트폰에서 개인화된 지능형 서비스의 필요성이 점점 커지고 있다. 하지만, 스마트폰의 특성상 적은 저장용량, 작은 화면 및 사람과의 낮은 상호작용 능력 등의 한계가 있으므로, 이를 극복하고 유용한 서비스를 제공하기 위한 기술 개발이 필수적이다.

본 논문에서는 스마트폰에서 지능형 서비스의 도입 및 사람과의 상호작용을 효율적으로 하기 위해 고안된 지능형 합성 캐릭터의 자연스러운 행동 생성 방법을 제안한다. 스마트폰에서 수집한 불확실한 환경의 불충분한 정보를 이용하여 베이지안 네트워크를 통해 사용자의 감정 상태와 바쁨 상태를 추론하고, OCC모형을 이용해 캐릭터의 감정 상태를 생성한 뒤 이를 행동선택 네트워크와 결합하여 적절한 캐릭터의 행동을 생성한다.

## 2. 배경 및 관련연구

S. Schiaffino 등은 개인화된 일정관리 에이전트를 위한 소프트웨어 구조를 제안하고 사용자 성향 학습방법으로 베이지안 네트워크 사례기반 학습방법을 제시하였다[2]. 또한, Han 등은 스마트폰에 저장된 일정 정보 및 음성 통화 로그 정보를 이용하여 사용자의 감정 상태와 바쁨 정도, 그리고 연락처에 저장된 사람들과의 친밀도 등을 베이지안 네트워크를 사용하여 추론하는 방법을 제안하였다[3]. Kim 등은 지능형 에이전트의 내부 상태를 이용해 행동을 선택하고, 사용자와의 상호작용을 통해 학습하는 방법을 제안하였다[4]. 또한 Berg 등은 스마트폰에서 연락처 정보에 대하여 사용자가 캐릭터의 특징만으로 누구의 연락처 정보인지 알 수 있게 하였다[5].

본 논문에서는 이에 착안하여 사용자의 감정 상태 및 바쁨 상태, 그리고 다양한 외부 상황을 고려하여 동적 환경변화에 따른 지능형 캐릭터의 상황에 적합한 자연스러운 행동 생성 방법을 제안한다.

### 3. 지능형 합성 캐릭터

지능형 합성 캐릭터는 인지 시스템, 감정 시스템, 동기 시스템 및 행동선택 시스템으로 구성된다. 그림 1은 제안하는 지능형 합성 캐릭터의 전체 구조도를 보여준다.

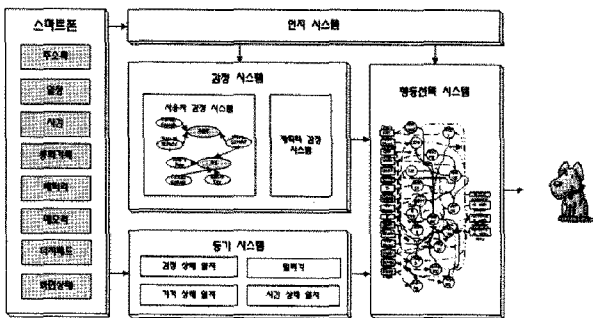


그림 1 제안하는 지능형 합성 캐릭터의 구조

#### 3.1 인지 시스템

스마트폰 상에서 얻을 수 있는 정보는 표 1과 같이 사용자와 관련된 주소록, 일정, 통화기록 등의 정보와 스마트폰 기기 자체의 정보가 있다. 인지 시스템에서는 이러한 정보들 중에서 감정 시스템과 행동선택 시스템에서 필요한 정보들을 수집한다.

표 1 스마트폰에서 얻을 수 있는 정보

종류	구성요소	
사용자 정보	주소록	이름, 그룹, 전화번호, 이메일, 주소
	일정	제목, 장소, 카테고리, 시간
	통화기록	이름, 전화번호, 통화유형, 통화시간
스마트폰 기기 정보	배터리, 메모리, 터치패드, 화면 상태, 실행 프로그램, 현재 시간	

또한 인지 시스템에서는 수집된 정보들을 이용하여 사용자의 바쁨 상태를 페이지안 네트워크를 사용하여 추론한다. 그림 2는 사용자의 바쁨 상태 추론을 위한 페이지안 네트워크의 한 부분을 보여준다.

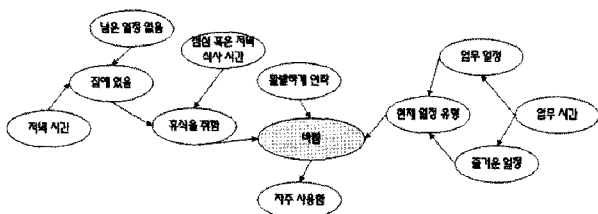


그림 2 바쁨 상태 추론 페이지안 네트워크의 한 부분

#### 3.2 감정 시스템

감정 시스템에서는 인지 시스템에서 수집된 정보들을 이용하여 사용자의 감정 상태와 캐릭터의 감정 상태를 추론한다. 감정 시스템은 사용자 감정 시스템과 캐릭터 감정 시스템으로 구성된다.

사용자 감정 시스템은 페이지안 네트워크를 사용하여 사용자의 감정 상태를 추론한다. 그림 3은 사용자의 감정 상태 추론을 위한 페이지안 네트워크의 한 부분을 보여준다.

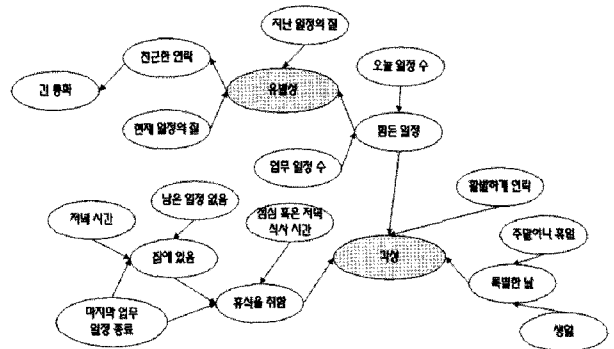


그림 3 감정 상태 추론 페이지안 네트워크의 한 부분

또한 사용자의 감정 상태를 추론하기 위하여 감정을 2차원 공간에서 나타내는 간단한 모델인 유발성-각성 (Valence-Arousal) 공간[6]을 사용하였다. 유발성 측은 감정의 성격을, 각성 측은 감정의 강도를 나타낸다. 본 논문에서는 유발성-각성 공간상에 행복, 흥미, 분노, 슬픔, 졸음 등의 10가지 감정을 배치하였다. 페이지안 네트워크를 통해 추론된 사용자의 유발성-각성 감정 상태는 유발성-각성 공간상에서 특정 좌표에 위치하게 되며, 사용자의 감정은 10가지 감정 중 해당 좌표와 가장 가까운 곳에 위치한 감정으로 결정된다.

캐릭터 감정 시스템은 캐릭터의 감정 합성을 OCC모델[7]을 사용하여 캐릭터의 감정 상태를 생성한다. 본 논문에서는 기존의 OCC모델을 수정하여 즐거움, 고뇌, 자부심, 수치심, 치욕, 감사 등을 포함하는 총 14가지의 감정 유형을 지닌 OCC모델을 제안한다. 그림 4는 본 논문에서 제안하는 OCC모델을 나타낸다.

OCC모델의 목표는 각각의 감정 유형의 감정 강도를 시간에 따라 외부 요인을 이용하여 변화시키고 변화된 감정 강도를 구하는 데에 있다[8].  $m$ 개의 감정 유형이 존재할 때, 시간  $t$ 에 대해  $m$ 차원의 감정  $c_t$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$c_t = \begin{cases} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix}, \forall i \in [1, m]: \beta_i \geq 0 & \text{if } t > 0 \\ 0 & \text{if } t = 0 \end{cases} \quad (1)$$

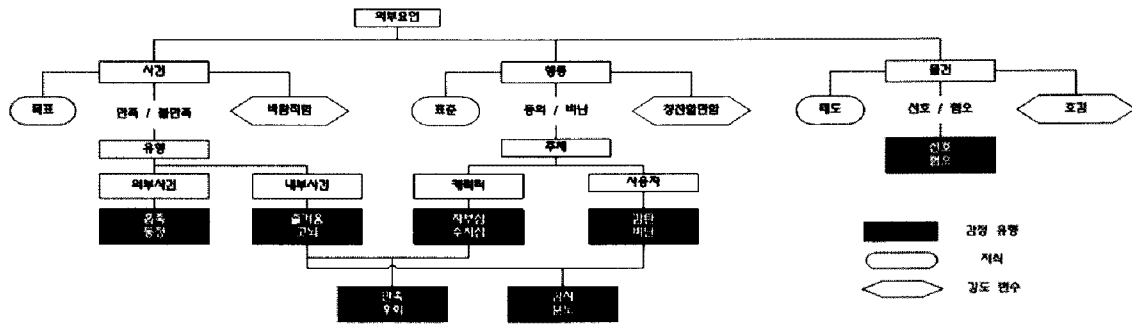


그림 4 제안하는 OCC 감정 모델

캐릭터 감정의 강도는 3가지 유형의 외부 요인인 사건, 행동, 그리고 물건에 의해 정해진다. 각각의 외부요인들은 고유의 가중치를 가지게 된다.  $n$ 가지의 외부요인에 대해 시간  $t$ 에 따른 외부요인집단  $c_t$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$c_t = \begin{bmatrix} w_1 f_1 \\ \vdots \\ w_i f_i \end{bmatrix}, \forall i \in [1, n] : w_i \in [0, 1] : f_i = 0, 1 \quad (2)$$

외부요인의 값은 시간  $t$ 에서 외부요인의 존재 여부  $f_i$  값과 각각의 외부요인에 할당된 고유 가중치  $w_i$  값의 곱으로 표현된다. 감정 모델은 또한 외부요인에 대한 내력을 가지고 있다.  $h_t$ 는 시간  $t$ 까지의 외부요인 내력을 의미한다. 이 때, 시간  $t+1$ 에서 새로운 감정  $e_{t+1}$ 은 다음과 같이 계산된다.

$$e_{t+1} = e_t + \Phi(c_t, h_t) + \Pi(e_t) \quad (3)$$

감정 강도의 변화량은 외부요인에 의한 감정의 변화량을 계산하는 감정 변화 함수  $\Phi$ 와 내부 요인에 의한 감정의 쇠퇴량을 결정하는 감정 쇠퇴 함수  $\Pi$ 의 합으로 계산 된다.

감정 변화 함수는 우선적으로 캐릭터가 미리 가지고 있는 목표, 표준, 태도를 이용하여 외부요인에 대한 평가를 수행한다. 사건은 캐릭터의 목표에 부합되는 바람직한 사건인지 여부가 만족/불만족으로 평가되고 행동은 캐릭터의 표준에 의거하여 캐릭터, 혹은 사용자의 행동의 승인에 대한 평가를 동의/비난으로 내린다. 또한 물건은 캐릭터의 태도를 반영해 캐릭터가 해당 물건을 좋아하는지, 혹은 싫어하는지 선호/혐오로 평가된다. 평가된 외부요인은 특정 감정 유형의 감정 강도에 영향을 미치게 된다. 또한 감정 변화 함수는 외부요인 내력과 내력 함수[7]를 이용하여 바로 전에 얻어진 외부요인에 의한 감정 강도 변화량을 조절한다.

감정 쇠퇴 함수는 시간이 지남에 따라 감정의 강도를 감소시키는 역할을 한다. 각각의 감정 유형은 고유의 감정 쇠퇴 함수를 이용해 다음 단위 시간에 감소될 감정 강도 변화량을 구한다.

몇 개의 감정들이 동시에 활성화될 경우에는 해당 감정들이 결합되어 새로운 감정이 활성화된다. 캐릭터의 현재 감정은 위의 과정을 거쳐 계산된 감정 강도들 중 강도가 가장 높은 감정을 택하게 된다.

### 3.3 동기 시스템

캐릭터는 항상 정해진 목표를 가지고 행동하는 것이 아니라 인지시스템에서 수집된 정보들을 이용하여 상황에 맞는 목표를 가지고 행동한다. 표 2는 상황에 따른 목표들을 보여준다.

표 2 상황에 따른 목표

목표	상황
알리기	일정 몇 분 전
기기 상태 일치	스마트폰의 현재 상태를 표현
감정 상태 일치	사용자의 감정 상태에 적합한 행동
시간대 일치	현재 시간대에 적합한 행동을 표현

### 3.4 행동선택 시스템

행동선택 시스템에서는 행동 네트워크를 이용하며, 인지 시스템에서 수집된 정보, 사용자의 바쁨 상태, 그리고 캐릭터의 감정 상태를 근거로 하고 동기 시스템에서 설정된 목표를 목표로 삼아서 현재 상황을 고려할 때 자연스럽게 판단되는 캐릭터의 행동을 선택한다.

행동선택 네트워크는 행동들 사이의 관계, 목표, 외부 환경을 구성요소로 하여 현재 상황에 가장 적합한 행동을 선택하는 모델[9]로 행동, 외부목표, 내부목표가 링크를 통해 연결되어져 있으며, 그림 5는 구현한 행동 네트워크의 일부분이다.

선행조건은 행동이 실행되기 위해서 참이어야 하는 조건들의 집합이며, 추가조건은 행동이 실행되었을 때 참이 되기 쉬운 조건들의 집합이다. 삭제조건은 행동이 실행되었을 때 거짓이 되기 쉬운 조건들의 집합이고, 활성화도는 행동이 활성화된 정도를 나타낸다. 각 행동의 활성화도는 상태와 목표에 의해 증가하거나 서로 연결되어 있는 행동끼리 주고받는다. 행동 네트워크에는 수행할

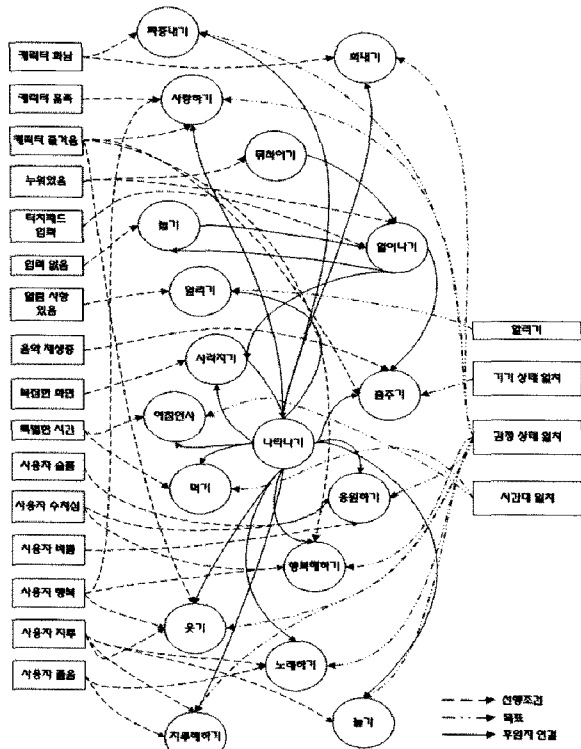


그림 5 행동 네트워크의 한 부분

행동을 결정하기 위한 임계치가 있으며 선행조건이 모두 참인 행동 중 활성화도가 임계치를 넘는 행동을 선택하게 된다. 임계치를 넘는 행동이 없을 경우에는 행동이 선택될 때까지 임계치를 일정량 감소시켜가며 행동을 선택한다.

본 논문에서 제안하는 행동 네트워크는 나타나기, 기뻐하기, 웃기, 노래하기, 놀기, 울기, 화내기, 밥 먹기, 아침인사, 밤인사 등 31가지의 다양한 행동을 생성한다.

#### 4. 동작의 예

본 논문에서 제안하는 행동생성 방법을 사용하는 캐릭터는 Microsoft의 Embedded Visual C++ 4.0과 Pocket PC SDK 2003으로 제작되었으며, 실제 스마트폰 삼성 SPH-M4650 상에서 실시간으로 정보를 수집하고 추론하여 5초에 한 번씩 행동을 생성한다. 그림 6(a)

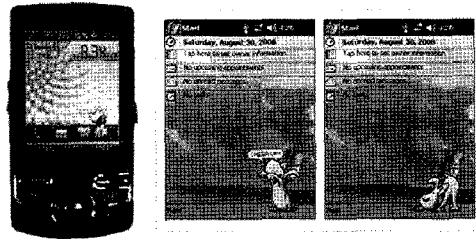


그림 6 실제 스마트폰 상의 캐릭터(a)와 행동 예시(b)

는 실제 스마트폰 상에서 동작하는 캐릭터를 보여준다.

제안하는 캐릭터의 유용성을 보이기 위하여 다양한 외부 상황 변화에 따른 캐릭터의 행동을 살펴보았다. 그림 7은 시간의 흐름에 따라 외부요인들이 변화할 때 그에 따른 캐릭터의 행동을 도식화 한 것으로, 행동 활성화도가 가장 높은 행동들이 선택된 행동들이다.

사용자가 처음 프로그램을 실행하게 되면 캐릭터가 화면에 나타나 있지 않은 상태이므로, '화면에 없음' 조건이 참이 되고 그로 인해 '나타나기'행동이 선택된다. 이후 사용자의 감정이 슬픔 상태이므로 사용자의 현재 감정에 적절한 행동인 '응원하기', '애교피우기', '울기' 등의 행동의 활성화도가 높아지게 된다. 그림 6(b)는 행동 '응원하기', '애교피우기'의 예를 보여준다.

캐릭터는 사용자를 위로해주었다는 행동에 평가를 내려 자부심의 감정을 가지게 되고 캐릭터의 감정이 변함에 따라 '위로하기' 행동이 선택된다. 이후에도 사용자의 감정 상태가 변할 경우 행복, 흥미 등의 긍정적인 감정의 경우 같이 기뻐하는 행동을 수행하며 분노, 졸음과 같이 부정적인 감정의 경우 사용자를 위로하는 행동을 수행한다. 사용자가 음악을 듣기 위해 미디어 플레이어를 실행시킬 경우 '음악 재생' 조건이 참이 되고 동기 시스템에 의해 '폰 상태 일치' 목표가 설정되어 '춤추기' 행동의 활성화도가 증가함에 따라 선택될 확률이 높아진다. 캐릭터는 이후 음악에 대해 평가를 내려 감정 상태가 '선호'로 바뀌게 되고, 바뀐 캐릭터의 감정 상태에 적합한 '웃기', '노래하기'의 행동이 선택될 확률이 높아진다. 점심시간이 될 경우에는 '특별한 시간' 조건이 참이 되고 '시간대 일치' 목표가 설정되어 '밥 먹기' 행동의

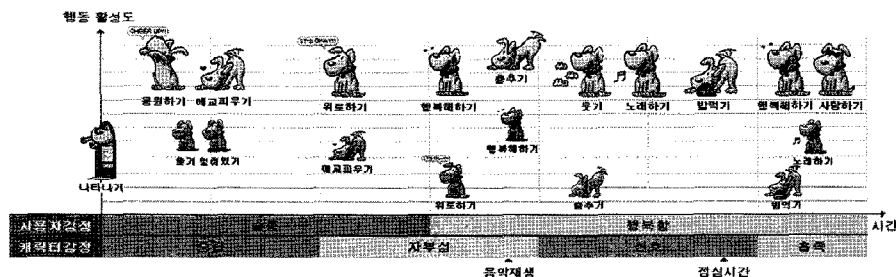


그림 7 시간에 따른 외부요인들의 변화와 캐릭터의 행동

활성도가 높아진다. 또한, 사용자가 장시간 행복하면 이 사건은 캐릭터의 '사용자의 기분이 좋기를 바란다.'는 목표를 성취시키기 때문에 캐릭터에 의해 평가되어 감정이 '흡족'으로 변화되고 그에 적합한 '행복해하기'와 '사랑하기' 행동이 선택된다.

**5. 사용성 평가**

본 논문에서는 다양한 상황에 있어서 제안하는 방법에 의해 생성되는 행동의 적합성을 검증하기 위해 사용성 평가를 수행하였다.

사용성 평가에는 지능형 캐릭터 서비스에 대해 알고는 있지만 실제 사용 경험은 없는 20대 남녀 8명이 참가하였다. 피험자들은 총 10개의 시나리오를 수행한다. 피험자들은 각 시나리오마다 본 논문에서 제안하는 방법으로 선택되는 5개의 연속된 행동과 무작위로 선택되는 5개의 행동을 관찰한 후, 각 행동의 상황에 대한 적합도를 평가한다. 적합도는 1(매우 부적합함)~5(매우적합함) 값을 가진다. 표 3은 사용성 평가에 사용한 10개의 시나리오를 보여준다.

이후 피험자 별로 무작위로 선택하는 방법과 제안하는 방법의 행동별 점수를 모두 합한 후, 각각의 방법에 해당하는 평균 행동 적합도 점수를 구한다. 표 4는 피험자들이 평가한 평균 행동 적합도 점수를 보여준다.

사용성 평가 결과 분석을 위해 수집된 두 방법의 평

표 3 사용성 평가에 사용한 시나리오

	시간대	일정 상황	통화 상황
1	평일 아침	하루 업무일정 많음	없음
2	평일 저녁	일정 종료	친한 사람들과 자주
3	평일 아침	일정 없음	친한 사람들과 자주
4	주말 오후	일정 종료	친한 사람들과 자주
5	평일 점심	남은 일정 많음	없음
6	평일 밤	일정 종료	없음
7	평일 오전	하루 업무일정 많음	없음
8	평일 아침	하루 업무일정 많음	찾은 통화
9	평일 오전	일정 없음	업무시간에 자주
10	평일 오전	하루 업무일정 많음	업무시간에 자주

표 4 평균 행동 적합도

피험자	무작위 선택	제안하는 방법
피험자1	2.46	4.50
피험자2	2.40	4.22
피험자3	3.00	4.44
피험자4	2.14	4.38
피험자5	2.44	4.40
피험자6	3.12	4.44
피험자7	2.88	4.54
피험자8	2.06	4.20

균 행동 적합도를 이용해 일록슨 부호순위 검정을 실시하였다. 일록슨 부호순위 검정을 수행한 결과  $Z=-2.512$ 가 나왔고, 근사 유의확률(양측)은 0.012가 나왔다. 근사 유의 확률이 0.05보다 작기 때문에 본 논문에서 제안하는 행동 선택 방법이 캐릭터 행동의 적합도에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

**6. 결론**

본 논문에서는 스마트폰 상에서의 지능형 서비스의 한 방법인 지능형 캐릭터의 자연스러운 행동을 생성하는 방법을 제안하였다. 캐릭터는 스마트폰 상에서 얻을 수 있는 정보를 이용하여 사용자의 감정 상태 및 바쁨 상태를 추론하고 생성되는 캐릭터의 감정 상태를 이용하여 행동 선택 네트워크를 통해 상황에 가장 적절한 행동을 선택한다. 또한 사용성 평가를 통해 제안하는 방법의 유용성을 검증하였다.

그러나 아직은 사용자와 캐릭터간의 상호작용이 힘들다는 단점이 있다. 캐릭터의 행동에 대한 사용자의 피드백에 따라 네트워크의 구조가 진화할 수 있는 학습 시스템을 추가하는 연구가 필요하다.

**참고 문헌**

[1] S. Piva, L. Marchesotti, C. Bonamico and C. S. Regazzoni, "Context based message selection strategies in a biologically inspired ambient intelligence system," In *Proc. of Brain Inspired Cognitive Systems*, 2004.

[2] S. Schiaffino and A. Amandi, "On the design of a software secretary," In *Proc. of the Argentine Symp. on Artificial intelligence*, pp.218-230, 2002.

[3] S.-J. Han and S.-B. Cho, "Intelligent agent based on Bayesian network for smartphone," *Journal of Korea Information Science Society*, vol.11, no.1, pp.81-91, 2004.

[4] Y.-D. Kim, J.-H. Kim and Y.-J. Kim, "Behavior selection and learning for synthetic character," *Evolutionary Computation*, vol.1, pp.898-903, 2004.

[5] S. Berg, A. S. Taylor and R. Harper, "Mobile phones for the next generation: device designs for teenagers," In *Proc. of the Conf. on Human Factors in Computing Systems*, pp.433-440, 2003.

[6] R. Picard, "Affective computing," *Media Laboratory Perceptual Computing TR 321*, MIT Media Laboratory, 1995.

[7] A. Ortony, G. Clore and A. Collins, *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1988.

[8] A. Egges, S. Kshirsagar and N. Magnenat-Thalmann, "Generic personality and emotion simulation for conversational agents," *Computer Animation and Virtual Worlds*, pp.1-13, 2004.

[9] P. Maes, "How to do the right thing," *Connection Science Journal*, vol.1, no.3, pp.291-323, 1989.