

Fuzzy Emotion Model for Affective Computing Agents

Hyun Joong Yoon* · Seong Youb Chung**†

*School of Mechanical and Automotive Engineering, Catholic University of Daegu
**Department of Mechanical Engineering, Korea National University of Transportation

감성 에이전트를 위한 퍼지 정서 모델

윤현중* · 정성엽**†

*대구가톨릭대학교 기계자동차공학부
**한국교통대학교 기계공학과

This paper addresses the emotion computing model for software affective agents. In this paper, emotion is represented in valence-arousal-dominance dimensions instead of discrete categorical representation approach. Firstly, a novel emotion model architecture for affective agents is proposed based on Scherer's componential theories of human emotion, which is one of the well-known emotion models in psychological area. Then a fuzzy logic is applied to determine emotional statuses in the emotion model architecture, i.e., the first valence and arousal, the second valence and arousal, and dominance. The proposed methods are implemented and tested by applying them in a virtual training system for children's neurobehavioral disorders.

Keywords : Affective Agent, Emotional Agent, Emotion Model, Fuzzy Logic, Dimensional Emotion Model

1. 서 론

본 논문은 컴퓨터에서 감성 에이전트 구현을 위한 정서 모델을 제안하는 것을 목적으로 한다. 인간의 정서 모델에 대한 연구는 주로 심리학과 컴퓨터 과학에서 이루어지고 있는데, 특히 컴퓨터 과학 분야에서는 상호작용적인 소프트웨어 에이전트의 사회적 기능을 향상시키기 위한 감성 지능 에이전트에 대한 연구가 진행되어 왔다. 예를 들면 정서 모델을 보유하고 있는 에이전트로 사용자의 심리상태, 감성, 취향을 보다 효과적으로 이해할 수 있으며 사용자의 의도에 맞게 에이전트 자신을 진화시킬 수도 있다[9, 12]. 이와 같은 감성 에이전트는 에이전트 그룹 사이의 사회적 상호작용이나 의사소통이 용이하도록 도와주며[7], 협동 로봇이나 인간-로봇 상호작용 시스템에서 정서적 상호작용이 가능하게 할 수도 있다[22].

지금까지 인간의 정서 처리 프로세스를 설명하기 위하여 많은 심리학적 모델이 제시되어 왔다. 대표적인 심리학적 측면의 정서 모델로는 Ortony, Clore, Collins의 정서 이론[15], Frijda의 관계 실현 이론(concern realization theory)[10], Oatley와 Jenkins의 정서에 대한 상호작용 이론(communitive theory of emotions)[14], Roseman의 이벤트 평가 모델(event appraisal model)[18], Scherer의 정서 요소 이론(componential theories of emotion)[20, 21] 등이 있다. 이 정서 모델들은 모두 Arnold와 Gasson[1]이 제안한 평가 이론(appraisal theory)에 기반을 두고 있다. 정서의 평가 이론은 인간의 정서를 평가(appraisal)와 대응(coping)의 메커니즘의 결과로 본다. 여기서 평가란 인간 자신의 상황과 주변 환경을 고려하여 외부 자극을 평가하는 것을 의미하며, 대응이란 외부 자극에 대한 응대 또는 행위를 의미한다. 평가 이론에서는 평가와 대응이

정서적 행위를 받쳐주는 기초가 될 뿐 아니라 인지 프로세스에 중요한 역할을 한다고 보고 있다. 즉, 인간은 외부 자극이 가해지면 자신이 처해있는 외부 환경, 잠재적인 목표, 믿음, 의도, 동기에 따라 평가를 내리고, 평가의 결과로 정서가 생성되어 생리적인 반응을 보이며, 대응 단계를 거쳐 행위를 취하게 되는 것이다.

인간의 정서 처리 프로세스에 대한 컴퓨터 모델은 주로 컴퓨터 과학 분야에서 연구되어 왔는데, 이들은 대부분 인간 정서의 심리학적 모델을 토대로 하고 있다. Elliot [9]은 24개의 기본 정서와 정서로부터 유도되는 1,400개의 행동들이 정의된 감성 에이전트들로 구성된 가상 세계의 플랫폼을 제안하였다. 각 감성 에이전트는 ‘interpretative’ 요소와 ‘expressive’ 요소를 포함하는 기본적인 성격을 갖도록 구현되었다. 제안된 정서 에이전트 플랫폼은 Ortony, Clore, Collins의 정서이론[15]을 기반으로 개발되었다. Reilly[16]는 미국 카네기멜론 대학에서 수행된 OZ 프로젝트의 일환으로 빌리버블 사회적 감성 에이전트(believable social and emotional agent)의 프레임워크를 제안하였다. OZ 프로젝트는 인터랙티브 캐릭터(즉, 빌리버블 에이전트)로 구성된 가상 세계를 만드는 것을 목적으로 하며, 빌리버블 에이전트의 중요한 두 가지 측면은 정서 프로세스와 사회적 상호작용 기능을 가지고 있다는 점이다. 제안된 빌리버블 에이전트는 Ortony, Clore, Collins의 정서이론[15]의 심리학적 모델을 기반으로 하고 있으며, 에이전트 모델을 위한 Tok 아키텍처와 이를 구현하기 위한 Hap 프로그램 언어를 제안하였다. Gratch와 Marsella [11, 13]은 인간과 같은 자율 에이전트를 구현하기 위한 평가 및 대응의 컴퓨터 프레임워크를 제시하였다. Ortony, Clore, Collins의 정서이론[15]의 심리학적 모델을 기반으로 하여 인간 정서와 관련된 평가 및 대응 메커니즘을 컴퓨터로 구현하기 위한 프레임워크를 제시하였으며, 정서 행동의 메커니즘과 정신적 처리 메커니즘에 초점을 맞추어 개발되었다. El-Nasr 외[8]는 Ortony, Clore, Collins

의 정서이론[15]과 Roseman의 이벤트 평가 모델[18]을 기반으로 하여 지능형 에이전트에 탑재를 위한 정서 모델을 제안하였다. 정서 모델은 이벤트가 목표에 미치는 영향과 중요성으로부터 이벤트의 바람직성(desirability)을 추론하기 위한 이벤트 바람직성 평가 절차; 이벤트의 바람직성과 기대치가 고려된 정서 상태를 결정하기 위한 이벤트 평가 절차; 동기적 상태와 정서 상태 사이의 상호작용을 시뮬레이션하기 위한 정서 필터링 절차; 정서 상태에 근거한 행동을 결정하기 위한 행동 선택 절차로 정의하였으며, 이벤트의 바람직성과 정서 상태, 행동 선택을 위하여 퍼지 집합과 퍼지물을 정의하였다.

<Table 1>은 인간의 감성 프로세스에 대한 컴퓨터 모델을 비교한 것이다. 실제로 심리학자인 Frijda와 Swagerman의 ACRES[10] 등을 제외한 기존의 대부분 정서 컴퓨터 모델은 Ortony, Clore, Collins의 심리학적 정서 모델을 기반으로 개발된 모델들이 다수를 이루고 있다. 이는 Ortony, Clore, Collins의 모델이 컴퓨터상에서 구현이 용이하도록 설계되었기 때문인 것으로 판단된다. 실제로 Ortony, Clore, Collins의 정서모델은 인간의 정서를 표현하는 자연언어의 시멘틱(Semantic)에 기반하여 개발되었으며 애초부터 컴퓨터에서 구현이 가능한 정서 모델의 개발을 목적으로 하였다.

반면 본 논문에서는 Scherer가 제시한 정서 모델인 Component Process Model[20, 21]을 기반으로 컴퓨터 에이전트를 위한 정서 모델을 개발하였다. Component Process Model은 정서를 자연언어의 시멘틱에 의해 정의하는 접근방법에서 탈피하여 인간 내부에서 또는 사회적 상호작용에서 정서가 기여하는 기능에 초점을 맞춘 모델이다. Scherer의 정서모델은 이후에도 많은 심리학자들이 실험과 이론적 확장을 통하여 Ortony, Clore, Collins의 정서 모델보다 인간의 정서를 보다 잘 표현하고 있다고 인정받고 있으며, 이에 대한 상세한 내용은 제 2장에서 다루었다.

<Table 1> Computing Models of Human Emotion Process

Model	Research Group	Psychological Emotion Model	Description
ACRES(Artificial Concern Realization System)	Frijda and Swagerman[10]	Frijda's concern realization theory	Computer agents with human-like emotion representation processes based on Frijda's concern realization theory
Affective Reasoner	Elliott[9]	Theory of Ortony, Clore and Collins	System platform for agents with basic emotions and coping strategies
OZ Project	Reilly[16]	Theory of Ortony, Clore and Collins	Architecture for believable emotional and social agents
EMA(Emotion and Adaptation)	Gratch and Marsella [11, 13]	Theory of Ortony, Clore and Collins	Generalized appraisal and coping framework for autonomous emotional agents
FLAME(Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions)	El-Nasr et al.[8]	Theory of Ortony, Clore and Collins; Roseman's event-appraisal model	Computer emotion modeling framework using the fuzzy logic

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 심리학적 측면에서 Scherer의 정서 요소 이론에 대해서 설명하고 있으며, 제 3장에서는 가상 에이전트를 위한 정서 모델 아키텍처 및 퍼지 로직을 이용한 정서 모델을 제안하였다. 제 4장에서는 개발된 감성 에이전트의 구현 및 적용 사례에 대해 다루었으며, 제 5장에서는 제안된 방법에 대한 토의 및 이슈들에 대해 기술하였다.

2. Scherer의 정서 요소 이론

Scherer는 <Table 2>에서와 같이 정서를 5가지의 독립적 기능과 관련된 5개의 요소(component)로 구성된 이론적 구조를 갖는다고 보았다. Scherer는 이와 같은 기능적 관점의 접근 방법이 Ortony, Clore, Collins의 정서 이론과 같은 개념적 또는 구조적 접근 방법에 비하여 정서에 대하여 보다 더 잘 설명할 수 있다고 주장한다[19, 20, 21]. 따라서 본 논문에서는 Scherer의 정서 요소 이론에 근거한 가상 감성 에이전트의 정서 생성 프로세스를 설계하는 것을 목적으로 하였다.

본 논문에서 대상으로 하는 Scherer의 정서 모델 등의 기초가 된 평가 이론은 정서 구성을 위한 평가 절차의 기준을 이루는 것으로 추정되는 준거(criteria), 차원(dimension) 등의 표준을 정립하였다. 즉, 어떤 이벤트가 주어지면 인간은 본인의 계획과 목적과 관련하여 그 이벤트가 웰빙(well-being), 기여도(conduciveness), 방해(obstructiveness) 측면에서 미치는 결과와 이와 같은 결과에 자신이 대처할 수 있는 능력 등과 같은 여러 가지 준거들에 대하여 평가한다. Scherer의 정서 요소 모델에서는 이러한 준거를 Stimulus Evaluation Checks(SECs)라 한다. Scherer의 SECs는 외부 이벤트에 대한 평가 목적에 따라 다음의 네 단계로 구분된다.

1. 관련성(relevance) 평가 : 외부 이벤트가 개인에게 어떤 관련이 있는가? 본인에게 또는 본인이 속한 집단에게

직접적으로 어떤 영향을 주는가? 관련성은 다시 참신성(novelty), 고유한 유쾌성(intrinsic pleasantness), 목표/필요 관련성(goal/need relevance)으로 나뉜다.

- a) 참신성은 다시 외부 이벤트의 돌연성(suddenness), 친근성(familiarity) 및 예측성(predictability)로 구분된다.
- b) 고유한 유쾌성은 자극이 유쾌함을 유발하는지 고통을 유발하는지 평가하는 항목이다. 이 때 개인의 선호나 목표와는 상관없이 이벤트 고유의 특성만이 고려된다.
- c) 목표/필요 관련성은 개인의 목표 또는 필요에 대하여 이벤트의 관련성, 적절성, 중요성을 평가하는 항목이다.

2. 영향성 평가(implication assessment) : 외부 이벤트의 영향 또는 미치는 결과는 어떠한가? 개인의 웰빙과 목표에 미치는 영향은 어떠한가? 실제 이벤트가 미치는 잠재적 결과는 예측하기는 어렵지만 몇 가지 중요한 다음의 파라미터들을 고려하여 추정된다.

- a) 인과 귀인(causal attribution)-어떤 이벤트가 발생하게 된 원인과 관련된 가장 중요한 정보인 누가, 왜 그 이벤트를 발생시켰는가와 관련된 평가 항목이다.
- b) 결과의 확률(outcome probability)-이벤트에 대해 예측되는 결과가 일어날 수 있는 확률이 얼마나 큰지와 관련된 평가 항목이다.
- c) 예측과의 차이(discrepancy-from expectation)-이벤트에 의하여 생성된 상황이 개인의 목표 달성을 위한 예측한 절차로부터 시간적, 공간적 측면에서 얼마나 차이를 유발시켰는지를 평가하는 항목이다.
- d) 목표/필요 기여도(goal/need conduciveness)-개인의 행위나 이벤트가 목표 달성에 얼마나 확률을 높이는지 또는 도움을 주는지를 평가하는 항목이다.
- e) 긴급성(urgency)-이벤트에 대처하기 위한 행위의 긴급 정도와 관련된 것으로, 개인의 목표/필요 중요성 및 시간적 상황과 관련되어 있다.

<Table 2> Relationships between the Functions and Components of Emotion, and the Organismic Subsystems that Subserve Them[20]

Emotion Function	Emotion Component	Organismic Subsystem (and Major Substrata)
Evaluation of objects and events	Cognitive component	Information processing (central nervous system)
System regulation	Peripheral efference component	Support (central nervous system, neuro-endocrine system, autonomic nervous system)
Preparation and direction of action	Motivational component	Executive (central nervous system)
Communication of reaction and behavioral intention	Motor expression component	Action (somatic nervous system)
Monitoring of internal state and organism-environment interaction	Subjective feeling component	Monitor (central nervous system)

3. 대처 능력 결정(coping potential determination) : 이벤트에 의하여 유발된 결과에 얼마나 잘 대처할 수 있는가? 대처 능력 결정에서는 발생한 이벤트를 변경할 수 있는 제어성 및 파워를 평가하고, 제어할 수 없는 경우에는 적응 능력을 평가한다.
- a) 제어성(control)-개인이 얼마나 이벤트에 영향을 주거나 제어할 수 있는지를 평가하는 항목이다.
 - b) 파워(power)-개인의 관심에 따라 결과 또는 결과물을 바꿀 수 있는 능력을 평가하는 항목이다.
 - c) 적응성(potential for adjustment)-이벤트의 영향에 얼마나 잘 적응할 수 있는지를 평가하는 항목이다.
4. 규범적 중요도 평가(normative significant evaluation) : 자아개념 및 사회적 규범 또는 가치와 관련하여 이벤트가 주는 중요성이 어떠한가? 다른 대다수의 사회구성원이 그 행위에 대하여 어떻게 이해하는지를 평가하는 항목이다. 규범적 중요도 평가는 내부 규범 평

가와 외부 규범 평가로 나뉜다.

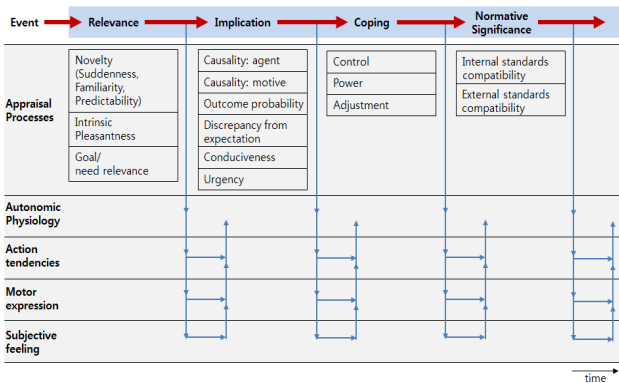
- a) 내부 규범 평가(internal standards check)-개인의 자아 이상(self-ideal)이나 내재화된 도덕적 규범에 그 행위가 얼마나 위배되는지 평가하는 항목이다.
- b) 외부 규범 평가(external standards check)-바람직한 또는 의무적 행위의 관점에서 사회적 레퍼런스 집단의 규범 또는 요구에 그 행위가 얼마나 일치하는가를 평가하는 항목이다.

Scherer의 SECs는 외부 이벤트에 대한 평가 목적에 따라 위의 네 단계로 이루어져 있는데, 이 단계들은 시간적 흐름에 따라 순차적으로 이루어진다고 보고 있다. <Figure 1>에서 볼 수 있듯이 각 단계별로 인간의 정서 상태의 변화가 생기며, 생성된 정서는 다시 이전 단계에 영향을 미칠 수도 있다. 후에 Scherer는 <Table 3>과 같이 인간의 14가지 기본 정서에 대하여 SECs의 세부 단계별로 예상되는 패턴들의 프로파일을 제시하였다[19].

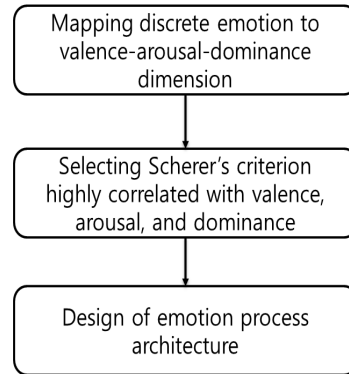
<Table 3> Predicted Appraisal Patterns for Some Major Modal Emotions[19]

Criterion	ENJ/HAP	ELA/JOY	DISP/DISG	CON/SCO	SAD/DEJ	DESPAIR	ANX/WOR	FEAR	IRR/COA	RAG/HOA	BOR/IND	SHAME	GUILT	PRIDE
Relevance														
Novelty														
Suddenness	Low	High/med	Open	Open	Low	High	Low	High	Low	High	Very low	Low	Open	Open
Familiarity	Open	Open	Low	Open	Low	Very low	Open	Low	Open	Low	High	Open	Open	Open
Predictability	Med	Low	Low	Open	Open	Low	Open	Low	Med	Low	Very high	Open	Open	Open
Intrinsic pleasantness	High	Open	Very low	Open	Open	Open	Open	Low	Open	Open	Open	Open	Open	Open
Goal/need relevance	Medium	High	Low	Low	High	High	Medium	-	-	-	-	-	-	-
Implication														
Cause: agent	Open	Open	Open	Other	Open	Oth/nat	Oth/nat	Oth/nat	Open	Other	Open	Self	Self	Self
Cause: motive	Intent	Cha/int	Open	Intent	Cha/neg	Cha/neg	Open	Open	Int/neg	Intent	Open	Int/neg	Intent	Intent
Outcome probability	Very high	Very high	Very high	High	Very high	Very high	Med	High	Very high	Very high	Very high	Very high	Very high	Very high
Discrepancy from expectation	Consonant	Open	Open	Open	Open	Dissonant	Open	Dissonant	Open	Dissonant	Consonant	Open	Open	Open
Conduciveness	Conductive	Vcon	Open	Open	Obstruct	Obstruct	Obstruct	Obstruct	Obstruct	Obstruct	Open	Open	High	High
Urgency	Very low	Low	Med	Low	Low	High	Med	Very high	Med	High	Low	High	Med	Low
Coping potential														
Control	Open	Open	Open	High	Very low	Very low	Open	Open	High	High	Med	Open	Open	Open
Power	Open	Open	Open	Low	Very low	Very low	Low	Very low	Med	High	Med	Open	Open	Open
Adjustment	High	Med	Open	High	Med	Very low	Med	Low	High	High	High	Med	Med	High
Normative significance														
Internal standards	open	Open	Open	Very low	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Open	Very low	Very low	Very high
External standards	Open	Open	Open	Very low	Open	Open	Open	Open	Low	Low	Open	Open	Very low	High

ENJ/HAP, enjoyment/happiness; ELA/JOY, elation/joy; DISP/DISG, displeasure/disgust; CON/SCO, contempt/scorn; SAD/DEJ, sadness/dejection; IRR/COA, irritation/cold anger, RAGE/HOA, rage/hot anger; BOR/IND, boredom/indifference.



<Figure 1> Comprehensive Illustration of the Component Process Model of Emotion[19, 21]



<Figure 2> Procedure to Emotion Process Architecture

정서 생성 프로세스 아키텍처는 <Figure 2>와 같은 과정을 통해서 설계되며 아래는 각 단계에 대한 자세한 설명이다.

3. 퍼지 정서 모델

3.1 정서 모델 아키텍처

본 논문에서는 Scherer[20, 21]의 정서 요소 모델에 근거하여 소프트웨어 감성 에이전트의 정서 생성 프로세스를 모델화 하였는데, 정서 표상 방법은 Scherer가 사용한 이산 범주 접근법(discrete categorical approach)대신에 정서의 정량적 표현이 가능한 valence-arousal-dominance의 차원적 접근법(dimensional approach)을 채택하였다. 이는 실제로 많은 심리학자들은 valence-arousal-dominance로 인간의 정서를 표상하는데 충분하다는 주장에 근거한다 [2, 23].

STEP 1 : 이산 범주 접근법에 의해 표상된 Scherer가 사용한 기본 정서를 valence-arousal-dominance 차원 접근법에 의한 표상으로 맵핑한다. Bradley와 Lang[4]의 연구에서는 대학생을 대상으로 정서와 관련된 1,000여 개의 영어 단어에 대한 SAM(self-assessment manikin) rating을 통하여 얻어진 valence, arousal, dominance 값을 제시하였다. 이 값에 기반하여 Scherer가 고려한 14가지 기본 정서들을 valence-arousal-dominance 차원으로 매핑하였으며 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Valence-Arousal-Dominance Value Mapping of Scherer's Major Modal Emotions

	Valence		Arousal		Dominance	
	Mean	Std. Devn	Mean	Std. Devn	Mean	Std. Devn
ENJ/HAP	7.80	1.20	5.20	2.72	6.46	1.77
ELA/JOY	7.45	1.77	6.21	2.30	5.53	2.35
DISP/DISG	2.79	2.23	5.64	2.48	4.19	2.19
CON/SCO	3.85	2.13	5.28	2.04	5.13	1.73
SAD/DEJ	1.61	0.95	4.13	2.38	3.45	2.18
DESPAIR	2.43	1.47	5.68	2.37	3.43	2.11
ANX/WOR	4.81	1.98	6.92	1.81	5.33	1.82
FEAR	2.76	2.12	6.96	2.17	3.22	2.20
IRR/COA	3.11	1.67	5.76	2.15	5.03	2.05
RAG/HOA	2.41	1.86	8.17	1.40	5.68	3.01
BOR/IND	2.95	1.35	2.83	2.31	4.11	1.70
SHAME	2.50	1.34	4.88	2.27	2.98	1.94
GUILT	2.63	1.98	6.04	2.76	3.09	2.22
PRIDE	7.00	2.11	5.83	2.48	7.06	2.15

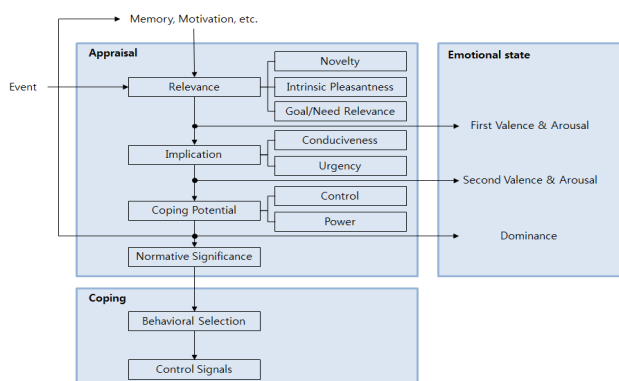
STEP 2 : Scherer의 정서 요소 모델에서 평가 프로세스의 세부단계 중 valence, arousal 및 dominance와 상관성이 큰 준거들을 뽑아내기 위하여, <Table 3>에서 제시된 각 관계를 수치화한 후(예를 들면 very low = 1, low = 2, medium = 3, high = 4, very high = 5) 각 준거와 해당 정서의 valence, arousal, dominance와의 상관관계를 분석하였다. 분석 결과는 <Table 5>와 같다. 상관관계를 분석할 때 유의수준을 고려하여 분석하는 것이 요구되지만 Scherer가 고려한 정서의 개수가 많지 않아 통계적 유의수준의 분석은 어렵기 때문에 본 논문에서는 각 준거와 valence-arousal-dimension와의 관계 그래프 및 심리학적 의미를 이용하여 관련된 준거들을 분석하였다. <Table 5>를 보면 관련성 중 valence와 관련이 있는 준거로는 고유한 유쾌성과 목표/필요 관련성이 있으며, arousal과 관련이 있는 준거는 예측성과 목표/필요 관련성이 있는 것으로 나타났다. 또, 영향성 평가 중에서는 기여도가 valence와 관련이 있으며, 긴급성이 arousal과 관련이 있는 것으로 나타

났다. 그리고 대처 능력 결정에서 제어성과 파위는 dominance와 관련이 있는 것으로 분석되었다.

STEP 3 : STEP 2의 분석 결과를 토대로 새로 설계된 정서 생성 프로세스 아키텍처는 <Figure 3>과 같다. 외부에서 이벤트가 발생하면 개인이 가지고 있는 기억(또는 경험)과 동기를 토대로 하여 평가 프로세스가 진행되며 평가 프로세스의 결과물로 valence-arousal-dominance 차원의 정서 상태가 발현된다. 이 때 평가 프로세스는 Scherer의 정서 요소 모델에서 제시한 관련성, 영향성, 대처능력의 순서로 진행된다. 평가 프로세스 중 관련성 평가의 결과로 1차 valence 및 arousal이 발현되고 영향성 평가의 결과로 2차 valence 및 arousal이 발현되며, 대처능력 평가의 결과로는 dominance가 발현된다. 평가 프로세스가 진행된 후에는 대응 프로세스가 실행되어 외부 이벤트에 대한 행위를 결정하고 이에 맞는 제어 신호를 보내게 된다.

<Table 5> Correlation Analysis between Scherer's Criterion and Valence-arousal-dominance

Criterion	Correlation with Valence	Correlation with Arousal	Correlation with Dominance
Relevance	-	-	-
Novelty	-	-	-
Suddenness	None	None	None
Familiarity	None	None	None
Predictability	None	Strong Negative	None
Intrinsic pleasantness	Strong Positive	None	None
Goal/need relevance	V-Shaped	Positive	None
Implication	-	-	-
Cause: agent	None	None	None
Cause: motive	None	None	None
Outcome probability	None	None	None
Discrepancy from expectation	None	None	None
Conduciveness	Positive	None	None
Urgency	None	Positive	None
Coping potential	-	-	-
Control	None	None	Strong Positive
Power	None	None	Positive
Adjustment	None	None	None
Normative significance	-	-	-
Internal standards	None	None	None
External standards	None	None	None



<Figure 3> A New Emotion Process Architecture

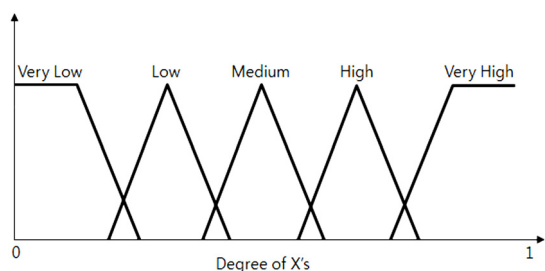
3.2 퍼지 정서 모델

제안된 정서 생성 프로세스 아키텍처는 다음과 같이 퍼지 로직을 이용하여 valence-arousal-dominance 차원의 정서 상태를 결정한다.

3.2.1 Valence 퍼지 로직 프로세스

1차 valence의 출력을 결정하기 위해서는 목표/필요 관련성 및 고유한 유쾌성을 입력으로 한다. 목표/필요 관련성의 경우 VeryLowRelevance, Low-Relevance, MediumRelevance, HighRelevance, Very-HighRelevance의 5개 퍼지 집합으로 구분되며, 고유한 유쾌성의 경우 VeryLowIntrinsicPleasantness, LowIntrinsicPleasantness, MediumIntrinsicPleasantness, HighIntrinsicPleasantness, VeryHighIntrinsicPleasantness으로 구분된다. 출력인 valence는 <Figure 4>와 같이 VeryLowValence, LowValence, Medium-Valence, HighValence, VeryHighValence의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 목표 G, 이벤트 E에 대하여 목표/필요 관련성 및 고유한 유쾌성으로부터 1차 valence를 결정하기 위한 퍼지 규칙은 아래와 같은 형태로 구성된다.

IF Goal/NeedRelevance(G, E) is A
AND IntrinsicPleasantness(G, E) is B
THEN FirstValence(E) is C



<Figure 4> The Fuzzification of Inputs and Outputs

여기서 A, B, C 는 각각 위에서 언급한 목표/필요 관련성, 고유한 유쾌성, 1차 valence의 퍼지 집합을 의미한다. 목표/필요 관련성, 고유한 유쾌성의 입력으로부터 1차 valence 출력을 결정하는 퍼지 규칙은 <Table 6>과 같이 모델링하였다. 목표/필요 관련성, 고유한 유쾌성, valence는 동일하게 VeryLow, Low, Medium, High, VeryHigh로 5개의 퍼지 집합으로 구분하였다.

<Table 6> Fuzzy Logic to Determine the First Valence

		Intrinsic Pleasantness				
		V. Low	Low	Med	High	V. High
Goal/need relevance	V. Low	Med	Med	Med	Med	Med
	Low	Med	Med	Med	Med	Med
	Med	V. Low	Med	Med	Med	High
	High	V. Low	Low	Med	High	V. High
	V. High	V. Low	Low	Med	High	V. High

2차 valence의 출력은 1차 valence 및 기여도의 입력으로 결정된다. 기여도의 경우 VeryLowConduciveness, LowConduciveness, MediumConduciveness, HighConduciveness, VeryHighConduciveness의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 출력인 valence도 입력인 1차 valence와 마찬가지로 VeryLowValence, LowValence, MediumValence, HighValence, VeryHigh-Valence의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 목표 G, 이벤트 E에 대하여 1차 valence 및 기여도로부터 2차 valence를 결정하기 위한 퍼지 규칙은 아래와 같은 형태로 구성된다.

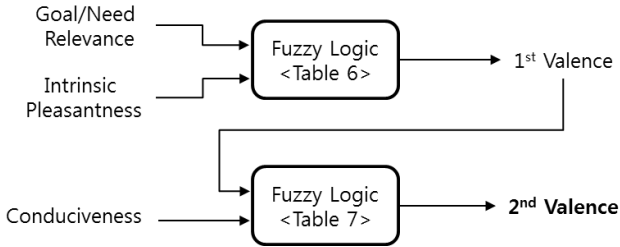
IF FirstValence (G, E) is C
AND Conduciveness (G, E) is H
THEN SecondValence (E) is I

여기서 H, I 는 각각 기여도, 2차 valence의 퍼지 집합을 의미한다. 1차 valence 및 기여도의 입력으로부터 2차 valence 출력을 결정하는 퍼지 규칙은 <Table 7>과 같이 모델링하였다.

<Table 7> Fuzzy Logic to Determine the Second Valence

		Conduciveness				
		V. Low	Low	Med	High	V. High
1st Valence	V. Low	V. Low	Low	Low	Low	Med
	Low	V. Low	Low	Med	Med	High
	Med	Low	Low	Med	High	High
	High	Low	Med	Med	High	V. High
	V. High	Med	High	High	High	V. High

<Figure 5>는 1차와 2차 valence를 결정하기 위한 과정을 도식적으로 표현한 것으로 목표/필요 관련성 및 고유한 유쾌성을 입력으로 1차 valence가 결정되고, 다시 그 결과와 기여도를 입력으로 2차 valence가 결정된다.



<Figure 5> Input and Output of Fuzzy Logic to Determine 1st and 2nd Valence

3.2.2 Arousal 퍼지 로직 프로세스

1차 arousal의 출력은 목표/필요 관련성 및 예측성을 입력으로 결정된다. Arousal 정서의 입력으로 참신성 대신 예측성을 사용한 이유는 <Table 5>에서 보듯이 돌연성, 친근성, 예측성 중 예측성만이 arousal 정서와 상관관계가 있기 때문이다. 목표/필요 관련성의 경우 Very-LowRelevance, LowRelevance, MediumRelevance, HighRelevance, VeryHighRelevance의 5개 퍼지 집합으로 구분되며, 예측성의 경우 VeryLowPredictability, LowPredictability, Medium-Predictability, HighPredictability, VeryHigh-Predictability으로 구분된다. 출력인 arousal은 VeryLow-Arousal, LowArousal, MediumArousal, HighArousal, Very-High-Arousal의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 목표 G, 이벤트 E에 대하여 목표/필요 관련성 및 예측성으로부터 1차 arousal을 결정하기 위한 퍼지 규칙은 아래와 같은 형태로 구성된다.

IF Goal/NeedRelevance(G, E) is A
AND Predictability (G, E) is D
THEN FirstArousal (E) is F

여기서 D, F 는 각각 참신성, 1차 arousal의 퍼지 집합을 의미한다. 목표/필요 관련성, 예측성의 입력으로부터 1차 arousal 출력을 결정하는 퍼지 규칙은 <Table 8>과 같이 정의한다.

2차 arousal의 출력은 1차 arousal 및 긴급성을 입력으로 결정된다. 긴급성의 경우 VeryLowUrgency, LowUrgency, MediumUrgency, HighUrgency, Very-HighUrgency으로 구분된다. 출력인 2차 arousal은 VeryLowArousal, LowArousal, MediumArousal, High-Arousal, VeryHighArousal의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 목표 G, 이벤트 E에 대하여 1차

<Table 8> Fuzzy Logic to Determine the First Arousal

		Predictability				
		V. Low	Low	Med	High	V. High
Goal/need relevance	V. Low	Med	Med	Med	Med	Med
	Low	Med	Med	Med	Med	Med
	Med	Low	Med	Med	Med	High
	High	V. Low	Low	Med	High	V. High
	V. High	V. Low	Low	Med	High	V. High

arousal 및 긴급성으로부터 2차 arousal을 결정하기 위한 퍼지 규칙은 아래와 같은 형태로 구성된다.

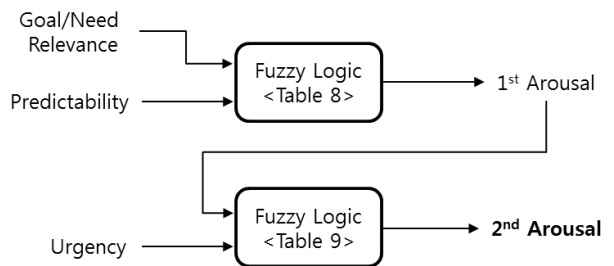
IF FirstArousal (G, E) is F
AND Urgency (G, E) is J
THEN SecondArousal(E) is K

여기서 J, K 는 각각 긴급성, 2차 arousal의 퍼지 집합을 의미한다. 1차 arousal 및 긴급성의 입력으로부터 2차 arousal 출력을 결정하는 퍼지 규칙은 <Table 9>와 같이 모델링하였다.

<Table 9> Fuzzy Logic to Determine the Second Arousal

		Urgency				
		V. Low	Low	Med	High	V. High
1st Arousal	V. Low	V. Low	V. Low	Low	Med	Med
	Low	V. Low	Low	Med	Med	Med
	Med	Low	Med	Med	High	High
	High	Med	Med	High	High	V. High
	V. High	Med	Med	High	V. High	V. High

<Figure 6>은 1차와 2차 arousal을 결정하기 위한 과정을 도식적으로 표현한 것으로 목표/필요 관련성 및 예측성을 입력으로 1차 arousal이 결정되면, 그 결과와 긴급성을 입력으로 2차 arousal이 결정된다.



<Figure 6> Input and Output of Fuzzy Logic to Determine 1st and 2nd Arousal

3.2.3 Dominance 퍼지 로직 프로세스

Dominance의 출력은 제어성 및 파워를 입력으로 결정된다. 제어성은 VeryLowControl, LowControl, MediumControl, HighControl, VeryHighControl의 5개 퍼지 집합으로 구분되며 파워의 경우 VeryLow-Power, LowPower, Medium-Power, HighPower, Very-HighPower의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 출력인 dominance는 VeryLowDominance, Low-Dominance, MediumDominance, HighDominance, VeryHigh-Dominance의 5개 퍼지 집합으로 구분된다. 목표 G, 이벤트 E에 대하여 제어성 및 파워로부터 dominance를 결정하기 위한 퍼지 규칙은 아래와 같은 형태로 구성된다.

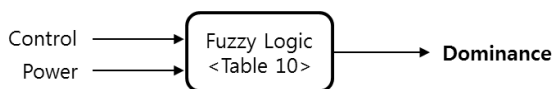
IF Control (G, E) is L
 AND Power (G, E) is M
 THEN Dominance(E) is N

여기서 L, M, N은 각각 제어성, 파워, dominance의 퍼지 집합을 의미한다. Dominance의 출력은 제어성과 파워를 입력으로 <Table 10>과 같이 모델링 하였다.

<Table 10> Fuzzy Logic to Determine the Dominance

		Control				
		V. Low	Low	Med	High	V. High
Power	V. Low	V. Low	V. Low	Low	Med	Med
	Low	V. Low	Low	Med	Med	Med
	Med	Low	Med	Med	High	High
	High	Med	Med	High	High	V. High
	V. High	Med	Med	High	V. High	V. High

<Figure 7>은 제어성과 파워를 입력으로 dominance가 결정되는 과정을 도식적으로 나타낸 것이다.



<Figure 7> Input and Output of Fuzzy Logic to Determine Dominance

4. 감성 에이전트 적용

본 논문에서 제안된 감성 에이전트를 위한 퍼지 정서 모델은 본 연구팀에서 현재 개발 중인 소아정서질환 인터랙티브 가상 치료 시스템에 적용될 예정이다[5, 6, 24]. <Figure 10>은 개발 중인 가상 교실 환경을 보여준다. 교

실은 아동이 또래의 친구들과 많은 시간을 보내며 사회적 상호작용이 활발히 발생하는 장소로 소아정서질환의 인터랙티브 치료 시스템에 적합하다[17].



<Figure 10> Virtual Class for Interactive Therapy System

치료 시나리오는 캐릭터 지정하기와 같은 준비과정 및 순서 지키기와 같은 사회적 상호작용의 시나리오로 구성되어 있으며, 시나리오는 청소년심경정신과 전문의로부터 자문을 통해 결정되었다. 시나리오 과정에서 가상 에이전트는 정서를 표정으로 나타내며, 이때 제안된 퍼지 정서 모델이 이용된다.

<사회적 상호작용 정서 치료 시나리오 예>

1. 기본환경

- 교실에 선생님 1인과 학생 6인(1인 : 소아정신질환자의 아바타, 5인 : 가상 감성 에이전트)로 구성
- 전문의 또는 치료사는 시나리오 중간에 언제든지 아바타에게 질문을 하거나 메시지를 전달할 수 있음

2. 준비과정(캐릭터 지정하기)

- 본인 아바타, 좋아하는 친구 에이전트, 싫어하는 친구 에이전트 선택

3. 시나리오(순서 지키기)

- 장난감 6개와 숫자카드 6장을 이용한 장난감 선택 규칙 설명
- 선생님은 모든 학생들에게 아래 규칙을 지킬 것에 대한 동의를 구함
 - 규칙 1 : 순서를 지켜 장난감을 선택
 - 규칙 2 : 마음에 드는 장난감을 갖지 못하더라도 친구 장난감을 달라고 하거나 빼앗지 않음
- 각자 마음에 드는 장난감을 순서대로 이야기 함
- 숫자 카드를 한 장씩 선택하여 확인

- e) 학생들이 숫자 카드의 숫자가 낮은 순서대로 장난감을 선택하여 가져감(각 학생들의 정서 상태를 캐릭터의 표정으로 표시함)
- f) 치료사가 아바타에게 다른 학생들의 정서 상태에 대하여 이야기하게 함

이후 장난감 블록을 가지고 노는 아이에게서 다른 친구가 장난감 블록을 빼앗는다고 할 때, <Table 6>과 <Table 8>로부터 아이의 1차 정서는 아래와 같은 방법으로 구할 수 있으며, valence와 arousal은 각각 *LowValence*와 *HighArousal*로 결정된다.

IF Goal/NeedRelevance(Play with a block, taken away the block by a friend) is *VeryHighRelevance* **AND** IntrinsicPleasantness(Play with a block, taken away the block by a friend) is *LowIntrinsicPleasantness*
THEN FirstValence(taken away the block by a friend) is *LowValence*

IF Goal/NeedRelevance(Play with a block, taken away the block by a friend) is *VeryHighRelevance* **AND** Predictability(Play with a block, taken away the block by a friend) is *HighPredictability*
THEN FirstArousal(taken away the block by a friend) is *HighArousal*

위의 결과를 가지고 <Table 7>과 <Table 9>를 이용하여 2차 정서를 구할 수 있다. 2차 valence와 arousal은 각각 *VeryLowValence*와 *HighArousal*로 결정된다.

IF FirstValence(Play with a block, taken away the block by a friend) is *LowValence* **AND** Conduciveness(Play with a block, taken away the block by a friend) is *VeryLowConduciveness*
THEN SecondValence(taken away the block by a friend) is *VeryLowValence*

IF FirstArousal(Play with a block, taken away the block by a friend) is *HighArousal* **AND** Urgency(Play with a block, taken away the block by a friend) is *HighUrgency*
THEN SecondArousal(taken away the block by a friend) is *HighArousal*

마지막으로 dominance는 <Table 10>에 따라서 아래와 같이 *LowDominance*로 결정된다.

IF Control(Play with a block, taken away the block by a friend) is *LowControl* **AND** Power(Play with a block, taken away the block by a friend) is *LowPower*
THEN Dominance(taken away the block by a friend) is *LowDominance*

5. 결 론

본 논문은 컴퓨터상에서 감정 에이전트를 위한 정서 모델을 제안하였다. Scherer의 정서 요소 이론은 인간의 정서를 보다 폭넓은 측면에서 접근하여 기존의 심리학적 정서 이론에 비해 한 단계 정교화 된 모델로 평가되고 있다. 본 논문에서 제안한 정서 모델은 Scherer의 이론에 기반을 두고 있으나 정서 표상 방법은 정서의 정량적 표현이 가능한 차원적 접근법을 채택하였다. 차원적 접근법은 같은 기쁨의 정서라도 정도 차이를 표현할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 Scherer가 제시한 심리학적 측면의 정서 요소 이론을 기반으로 하여 소프트웨어 감성 에이전트를 위한 정서 모델 아키텍처를 제안하였다. 또한, 본 논문은 퍼지 로직을 이용하여 Scherer의 각 단계별 정서 상태를 결정하는 방법을 제안하였으며, 소아 정서질환의 상호작용 치료 시스템의 감성 에이전트를 대상으로 제안된 방법이 감성 에이전트의 정서를 결정하는데 유용하게 적용될 수 있음을 보였다.

Acknowledgement

This work was supported by research grants from the Catholic University of Daegu in 2012.

References

- [1] Arnold, M.B. and Gasson, S.J., Feelings and Emotions as Dynamic Factors in Personality Integration, In M.B. Arnold (Ed.), *The Human Person : An Approach to an Integral Theory of Personality*, New York : Ronald Press, 1954.
- [2] Barrett, L.F., Discrete Emotions or Dimensions? The Role of Valence Focus and Arousal Foc. *Cognition and Emotion*, 1998, Vol. 12, No. 4, p 579-599.
- [3] Becker-Asano, C., *WASABI : Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity*, Universitat Bielefeld, Ph. D. Dissertation, 2008.
- [4] Bradley, M.M. and Lang, P.J., *Affective Norms for English Words(ANEW) : Instruction Manual and Affec-*

- tive Ratings, Technical Report C-1, The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida, 1999.
- [5] Chung, S.Y. and Yoon, H.J., *A Framework for Treatment of Autism Using Affective Computing*, In Proceedings of the Medicine Meets Virtual Reality(MMVR) 18, California, USA, February 8-12, 2011.
- [6] Chung, S.Y. and Yoon, H.J., Emotion Classification Using EEG Spectrum Analysis and Bayesian Approach. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, to be published.
- [7] Dautenhahn, K., "The Art of designing socially intelligent agents : Science, fiction and the human in the loop. Applied Artificial Intelligence Journal. *Special Issue on Socially Intelligent Agents*, 1998, Vol. 12, No. 7-8, p 573-619.
- [8] El-Nasr, M.S., Yen, J., and Ioerger, T.R., "FLAME-Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2000, Vol. 3, No. 3, p 219-257.
- [9] Elliot, C., *The Affective Reasoner : A Process Model of Emotions in a Multi-Agent System*, Institute for the Learning Sciences, Evanston, IL : Northwestern University, Ph.D. Dissertation, 1992.
- [10] Frijda, N.H. and Swagerman, J., Can Computers Feel? Theory and Design of an Emotional System. *Cognition and Emotion*, 1987, Vol. 1, No. 3, p 235-257.
- [11] Gratch, J. and Marsella, S., A Domain-Independent Framework for Modeling Emotion. *Journal of Cognitive Systems Research*, 2004, Vol. 5, No. 4, p 269-306.
- [12] Maes, P., Artificial life meets entertainment : Lifelike autonomous agents. *Communications of the ACM Special Issue on Novel Applications of AI*, 1995, Vol. 38, No. 11, p 108-114.
- [13] Marsella, S.C. and Gratch, J., "EMA : A Process Model of Appraisal Dynamics. *Cognitive Systems Research*, 2009, Vol. 10, p 70-90.
- [14] Oatley, K. and Jenkins, J.M., *Understanding Emotions*. Backwell, 1996.
- [15] Ortony, A., Clore, G., and Collins, A., *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge : Cambridge University Press, 1988.
- [16] Reilly, W.S., *Believable Social and Emotional Agents*, Ph.D. Dissertation, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 1996.
- [17] Rizzo, A.A., Klimchuk, D., Mitura, R., Bowerly, T., Buckwalter, G.B., Kerns, K., Randall, K., Adams, R., Finn, P., Tarnanas, I., Sirbu, C., Ollendick, T.H., and Yeh, S.C., A virtual reality scenario for all seasons : The virtual classroom, in Proceedings of the 11th International Conference on Human Computer Interaction, Las Vegas, USA, 2005, p 22-27.
- [18] Roseman, I.J., Jose, P.E., and Spindel, M.S., Appraisals of Emotion-Eliciting Events : Testing a Theory of Discrete Emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1990, Vol. 59, No. 5, p 899-915.
- [19] Sander, D., Grandjean, D., and Scherer, K.R., A System Approach to Appraisal Mechanisms in Emotion. *Neural Network*, 2005, Vol. 18, p 317-352.
- [20] Scherer, K., "Toward a Dynamic Theory of Emotion : The Component Process Model of Affective States. *Geneva Studies in Emotion and Communication*, 1987, Vol. 1, No. 1, p 1-98.
- [21] Scherer, K.R., Appraisal Considered as a Process of Multi-Level Sequential Checking, In K.R. Scherer, A. Schorr, and T. Johnstone (Eds.), *Appraisal Processes in Emotion : Theory, Methods, Research* (p 92-120). New York : Oxford University Press, 2001, p 92-120.
- [22] Shibata, T., Inoue, K., and Irie, R., Emotional robot for intelligent system-Artificial emotional creature project. *IEEE International Workshop on Robot and Human Communication*, Tokyo, Japan, 1996, p 466-471.
- [23] Wundt, W., *Grundzuge der Physiologischen Psychologie*. Leipzig : Engelmann, 1905.
- [24] Yoon, H.J. and Chung, S.Y., EEG-Based Emotion Estimation Using Bayesian Weighted-Log-Posterior Function and Perceptron Convergence Algorithm. *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 43, No. 12, 2013, p 2230-2237.