

사용자의 잠재적 흥미를 인식하기 위한 주시 모방 모델 기반의 지능형 정보 시스템

박혜선

일본 교토대학 대학원 정보학 연구과
(megumi@vision.kuee.kyoto-u.ac.jp)
(drhspark@gmail.com)

히라야마 다카즈쿠

일본 교토대학 대학원 정보학 연구과
(hirayama@vision.kuee.kyoto-u.ac.jp)

마쯔야마 다카시

일본 교토대학 대학원 정보학 연구과
(tm@i.kyoto-u.ac.jp)

정보의 수집, 기록, 처리, 저장을 하며 정보를 검색하고 제시해 주는 정보 시스템은 최근, 여러 방면에서 응용되어 인간의 여러 가지 활동을 지원하고 있다. 그런데, 현재의 정보 시스템은 일반적으로, 사용자의 명시적 제시에 대하여 시스템이 반응하고 정보를 제시하는 '반작용에 의한 소극적 모델(reactive model)'을 기반으로 하고 있다. 그러나 정보 사회로 발전하기 위해서는 정보 시스템 자신이 자율적으로 인간의 행동이나 의도를 이해해, 거기에 기반을 두고 인간에게 지시나 정보 제공을 자발적으로 실시한다고 하는 '쌍방향의 동적 상호작용(mutual dynamic interaction)'이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 정보시스템과 사용자의 '시선' 정보 기반의 쌍방향의 동적 상호작용을 통하여, 사용자의 '흥미'라고 하는 심리적 상태를 추정하여, 보다 적절하고 효과적인 정보를 제공할 수 있는 주시 모방 모델 기반의 지능형 정보 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 의인 에이전트(avatar)를 이용하여 사용자의 주시 행동을 모방하는 것에 의해, 사용자와의 '공동 주의'를 실시하는 주시 모방(Gaze-Mirroring)이라는 방법을 도입하여, 시스템이 사용자의 잠재적인 흥미를 추정하고 추정된 결과에 따라 적절한 정보를 제시한다. 이와 같은 사용자의 시선정보를 이용한 주시 모방 모델 기반의 지능형 정보 시스템은 시스템의 적극적인 상호작용을 통한 새로운 상호작용 방법의 개발이 될 뿐만 아니라, 사용자의 주시 정보를 통하여, 사용자의 잠재적 흥미를 표출함으로써, 사용자의 의도를 이해해, 사용자가 원하는 정보를 제시해 줄 수 있다.

논문접수일 : 2010년 05월 04일 논문수정일 : 2010년 07월 02일 게재확정일 : 2010년 07월 05일 교신저자 : 박혜선

1. 서론

정보 폭발에는 양적 거대화 와 질적 복잡화의 2개의 측면이 있다. 본 연구에서는 후자의 문제를 해결하기 위한 접근 방법으로서, 휴먼 커뮤니케이션의 고도화에 관한 연구를 다면적으로 전개하는 것을 제안한다. 정보화 사회의 고도화에 수반해, 휴대 전

화나 PC 등의 정보 기기, 인터넷 상의 다양한 정보 서비스를 통해 일상생활을 지지하는 정보 시스템이 점차 복잡해지고, 따라서 그 기능 및 이용법을 이해하는 것이 어려워지고 있다. 뿐만 아니라, 21세기 사회가 정보사회로서 발전하기 위해서는, 네트워크와 결합된 컴퓨터집단과 인간이 일체가 되어 여러 가지 활동을 실시하는 것이 필요하고, 그러기 위해

* <NICT 공동연구> 이 논문은 이 연구 개발의 일부는 일본 정보통신연구기구(NICT)의 연구원, Minakuchi Mitsuru, Satake Junji, Kobayashi Akihiko, Kozima Hideki씨의 공동연구개발의 결과로, 깊은 감사를 드립니다.
<연구비지원> This work is in part supported by Grant-in-Aid for Scientific Research of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan under the contract of 18049046.

서는 종래의 명령-응답 모델(command-response model)을 넘어선 새로운 상호작용 모델의 개발이 불가결하다.

따라서 이제는 인간 중심의 상호작용을 넘어, 인간을 위한 시스템들의 노력이 필요한 상호작용이 요구된다. 인간이 인간 간의 대화에서 대화 상대의 상황 및 상태를 고려하면서 원활한 커뮤니케이션을 실현하고 있듯이, 사람의 여러 가지 활동을 지원하는 정보 시스템도, 사용자의 현재 기분, 생각, 상황과 같은 상태를 추정할 수 있다면, 보다 사용자의 요구에 더 잘 맞는 상호작용이 이루어질 것이다. 특히, '사용자의 흥미'라고 하는 심리적 상태를 추정할 수 있으면, 적절하고 효과적인 정보를 사용자에게 제공할 수 있다. 더 나아가, 사용자의 잠재적인 기호와 같은 무의식적 레벨의 심리적 상태를 추정할 수 있다면, 사용자가 원하는 정보를 적합하게 제공하는 것이 가능해질 것이다. 그러나, 종래의 정보 시스템은 사용자의 의도적인 명령에 대해서 응답하는 반작용에 의한 소극적 상호작용(reactive interaction) 모델에 근거해 설계되고 있기 때문에, 의식화 되어 있지 않은 심리적 상태를 추정해 그에 맞는 정보를 제공할 수 없었다. 한편, 사람과 사람의 커뮤니케이션을 생각해 보면, 상대의 심리적 상태를 알기 위해서 상대에게 동작이나 행동(action)을 실시해, 그에 따른 상대의 반응을 관찰함으로써, 상대의 심리적 상태를 추정할 수 있다(Jacobs, 2001).

이를 기반으로 우리는 Hirayama, et al.(2010)에서와 같이 정보시스템이 사용자에게 자율적으로 동작(행동)을 취하고, 그에 대한 사용자의 반응을 관측함으로써, 사용자의 심리적 상태를 추정하는 적극적 상호작용(proactive interaction) 실현을 기반으로 한다. 또한 사용자의 무의식적인 기호나 흥미에 대해서, 사용자에게 원하고 알맞은 정보를 적

합하게 제공하는 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 위해, 먼저 사용자가 정보 시스템으로부터 제시되는 복수의 정보 대상 중에서 하나를 선택하는 상황을 상정한다. 그런데, 이러한 상황에서 인간은 자신의 흥미가 무엇인지 명확하게 아는 경우와 모르는 경우의 2가지 경우가 있다. 전자의 경우는 선택 문제에 있어서 어려움이 없으나, 후자의 경우는 사용자에게 있어서 선택의 어려움이 있다. 특히, 복잡하거나 어려운 선택 문제에 대해서는 인간은 무엇을 선택하여야 하는지 확실치 않아 의식적으로 훨씬 곤란한 상태로 고민할 것이다. 그러나, 인간은 선택 대상에 대한 흥미 및 기호도가 자신도 모르는 무의식 안에 존재하고, 만약 그 무의식적으로 존재하는 흥미를 스스로 눈치 챌 수 있으면, 막연한 문제에 도달했을 때, 보다 명확한 선택 및 문제 해결을 할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 그것을 실현하기 위해서, 시스템이 인간의 무의식적 흥미를 눈치 채게 하는 방법을 제안하고자 한다.

그런데 방법 제안에 앞서, 이러한 무의식적으로 존재하는 흥미는 인간의 어떤 무의식적인 행동으로부터 알 수 있을까? 인간의 '본다'라고 하는 행위는 '흥미'와 관계한다. 이러한 '본다'행위는 의식적으로 뿐만 아니라 무의식적으로도 표면화된다(Picard, et al., 2001). 인간은 관심 있는 대상이 나타나면 무의식적으로 자신도 모르는 사이에 그 대상을 바라본다든지, 무심코 눈길이 가는 경우가 있다. 따라서 어떤 것을 선택하는 문제에 있어서, 인간의 무의식적 '본다'라고 하는 행위는 인간의 무의식적 '흥미'를 나타낼 수 있다.

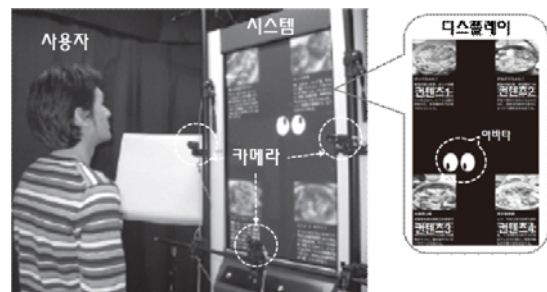
상대의 흥미를 찾는 행위로서는, 공동 주의(joint attention)라는 것이 대화 속에서 자주 실시된다. 이것은 '본다'라고 하는 것이 상대방은 아니지만, '상대방이 보고 있는 대상을 본다'는 행위이다. 공동 주의는, 다른 사람의 마음을 이해하는 프로세스의

하나이며(Emery, 2000), 다른 사람과 관심을 공유하는 사물에 대해 주의를 향하도록 행동을 조정하는 것이다. 이것을 근거로써, 시스템이 제시한 정보에 대한 사용자의 주시 행동으로부터 시스템이 '본다' 행위를 동조시키는 것으로, 사용자의 주시 행동에 영향을 주어 흥미를 표면화시킬 가능성이 있다. 예를 들면, 사용자가 주시하고 있는 대상을 의인 에이전트가 추종해 주시하면, 사용자가 그 대상에 흥미를 가지고 있는 경우는, 공동 주의를 실시하는 것에 저항이 없고 그대로 주시를 계속하는 반면, 그렇지 않은 경우에는 주시를 외면하는 회피 행동을 취할 것이라고 예측할 수 있다. 공동 주의에는, 스스로의 주의 대상으로 다른 사람을 말려들게 하는 시발적 공동 주의(supported joint attention)와 다른 사람의 주위에 추종 하는 응답적 공동 주의(coordinated joint attention)가 있다(Mundy and Newell, 2007). 이때, 시발적 공동 주의는, 어느 대상에 주의를 재촉하기 위해, 시스템에 의한 흥미의 유도 효과를 포함할 가능성이 있다. 예를 들어 Fujimoto(Fujimoto, et al., 2004) 등은, 두 명의 사용자가 각각의 PC를 사용해 원격으로 공동 작업을 실시하는 상황에서, 그 중 한 명의 사용자가 보고 있는 대상을 다른 한 명의 모니터에 표시해 주는 '미러 에이전트 시스템'을 개발하였다. 그것의 효과로서 상대가 보고 있는 대상을 자신에게 보이게 해 줌으로써, 상대가 흥미 있는 대상에 대해 자신이 알 수 있도록 즉 눈치 챌 수 있도록 하거나 또는 상대가 보고 있는 곳과 내가 보고 있는 곳이 다르다는 것을 인식함으로써 자신의 흥미 대상에 대해 알 수 있도록 눈치채어 알 수 있도록 하였다.

그러나, 본 연구에서는 흥미 대상의 추정을 목적으로 하기 때문에, 추정과 유도의 효과를 분리하여야 한다. 이를 위해서, 응답적 공동 주의 기반의 흥미 추정을 위한 상호작용기능을 설계한다. 시스템

에 의한 응답적 공동 주의는, 의인 에이전트를 이용한 사용자의 주시 행동의 모방(gaze-mirroring)에 의해서 실현될 수 있다. 이는 의인 에이전트가 사용자의 아바타(avatar)이자, 사용자 자기 자신이 되므로, 즉 사용자는 자기 자신과의 공동 주의를 실시하게 된다. 따라서 공동 주시를 통한 다른 사람(아바타)의 이해는 곧 자기 자신의 이해(아바타를 통한 자신)에 옮겨진다. 즉, 잠재적인 자기의 흥미를 눈치 챌 수 있다.

<그림 1>은 제안된 시스템을 나타낸다. 제안된 시스템은 큰 디스플레이와 고정된 카메라 3대로 구성되어 있다. 사용자의 잠재적인 흥미 인식을 위해, 디스플레이에 눈모양 디자인의 아바타를 삽입하였다. 이 아바타를 통해, 사용자로부터 검출된 시선 정보를 바탕으로 공동주의를 실시하고, 이때 나타난 결과를 비교·분석함으로써 사용자의 잠재적인 흥미를 인식하였다.



<그림 1> 주시 모방 모델 기반의 지능형 정보 시스템

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2장에서 주시 모방 모델에 대해 설명하고, 제 3장에서 제안된 모델 기반의 지능형 정보 시스템의 전체 구조와 각 모듈에 대해 자세하게 기술한다. 제 4장에서는 시스템의 성능 분석을 위한 실험 결과를 소개하며, 마지막으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

2. 주시 모방(Gaze Mirroring)

주시 행동과 흥미의 관계는 심리학, 생리학 분야를 중심으로 예로부터 널리 연구되고 있다(Picard, et al., 2001). 흥미가 있는 대상에 대한 시각적 정보를 취득하기 위해서는, 고해상도를 가지는 약 3도 범위의 중심 시야를 그 대상을 향해서 주시해야 한다. 이것을 전제로 주시의 체류 시간에 의해서 흥미의 대상이나 흥미의 강도를 추정하는 수법이 제안되어 왔다(Avarfordt and Zhai, 2005). 그러나, 인간은 어떤 대상에 대해 흥미를 가짐으로써 그 대상을 보고 다른 대상과 비교나 평가를 실시하기 이전에, 대상이 가지는 정보를 시각을 통해서 뇌에 입력해, 그 내용을 이해하기 위한 주시를 먼저 실시한다. 즉, 주시의 체류 시간에 주목할 경우 다음 두 가지 상태로 분류할 필요가 있다: (1) 대상에 대한 입력과 이해를 위한 주시 행동이 나타난 상태, (2) 대상에 대한 강한 흥미를 반영한 주시 행동이 나타난 평가 실시 상태.

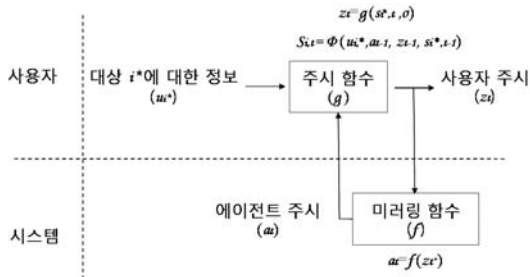
따라서, 우리는 이러한 상태를 분리하기 위해서 정보의 제시 방법을 시간적으로 제어한다. 이를 위해, 사용자 상태를 유도하는 것에 의한 평가 상태에 있어서의 주시 행동으로부터 흥미 대상을 추정하는 수법인, ‘마인드-프로빙(Mind Probing)’의 컨셉에 근거해 제안한다(Hirayama, et al., 2010). 이 수법은 흥미 추정의 세밀함 향상 여부에 효과적이긴 하지만, 대상의 이해가 불충분하기 때문에 긴 시간 재검토를 하는 등, 흥미를 강하게 반영하지 않는 주시의 표출을 다 배제 할 수 없는 것이 확인되었다. 그러므로, 보다 효과적인 사용자에게로의 움직임이 필요하게 된다. 그러므로, 이를 보강·보충하기 위해 본 연구에서는 주시 모방에 따른 흥미 표출화 방법을 제시한다. 이를 위해, 사용자가

주시하고 있는 대상에 대해서 시스템에 의한 응답적 공동 주의를 생성하는 것에 의해, 사용자의 흥미를 주시 행동에 반영시킨다고 하는 상호작용 기능을 제안한다. 여기서, 응답적 공동 주의를 의인 에이전트를 이용한 사용자의 주시 행동의 모방에 의해서 생성한다. 즉, 시스템이 제시한 정보에 대해 사용자의 주시 행동을 의인 에이전트가 모방해, 주시 행동을 동조시키는 것에 의해서, 시스템에 의한 응답적 공동 주의를 실현한다. 공동 주의를, 다른 사람과 관심을 공유하는 사물에 주의를 향하도록 행동을 조정하기 위해, 사용자가 주시해 있는 대상이 사용자에게 있어서 흥미가 있는 대상의 경우에는, 시스템으로부터의 응답적 공동 주위에 저항을 느끼지 않고, 그대로 주시를 계속하는 반면, 그렇지 않은 경우에는, 주시를 제외하는 회피 행동을 취하는 경향이 강해진다고 생각한다. 이것은, 모방이 비모방자의 주의를 끌어당기고 양자를 연결하는 행위(Nadel, et al., 1999)라고 추측된다. 따라서, 주시 시간이나 주시 패턴에 흥미가 강하게 반영할 가능성이 있다.

2.1 주시 모방 모델

제 2장의 고찰을 근거로 하여, 우리는 Hirayama et al., 2009에서 정의한 주시 모방 정의를 기반으로, <그림 2>와 같이, 주시 모방을 개입시킨 상호작용에서의 사용자의 주시 행동을 모델화했다.

시각 t 에 있어서의 사용자에게 의한 주시의 대상 z_t 와 의인 에이전트에 의한 주시 대상 a_t 은 시스템이 제시하는 대상의 고유 번호 i 를 그 값으로 가진다. $s_{i,t}$ 는 대상 i 에 대한 흥미의 강도로, 값이 +(양)일수록 강하고, -(음)인 만큼 약한 것을 나타내, 모든 대상 (i^*)모두의 정보 u_{i^*} 와 한 시각 전인 $t-1$



<그림 2> 사용자의 주시 행동과 흥미 관계를 기반으로 한 주시 모방 모델

의 z_{t-1} , a_{t-1} , $s_{i^*,t-1}$ 로부터, 현재 시각 t 에 있어서의 강도가 흥미 함수 ϕ 에 의해서 정해진다. 사용자에 의한 주시의 대상 z_t 는, $s_{i,t}$ 와 일시적인 흥미에 근거하는 주시를 제어하는 분산 σ 로부터 주시 함수 g 에 의해서 정해진다. 의인 에이전트에 의한 주시는 이하의 모방 함수 f 에 의해서 제어된다.

$$a_t = f(z_t^+) \quad (1)$$

$$z_t^+ = \{z_0, z_1, \dots, z_t\} \quad (2)$$

여기에서, 모방 함수는 동조 및 동기의 관수 f_1 으로 정의한다.

$$f_1(z_t^+) = z_t \quad (3)$$

또한, 흥미 함수 σ 의 움직임은 이하와 같이 정의한다.

$$s_{p,t} = \Phi(u_{i^*}, a_{t-1}, z_{t-1}, s_{i^*,t-1}) \quad (4)$$

$$= \begin{cases} s_{p,t-1} + e(u_{i^*}) (s_{p,t-1} > T, z_{t-1} = a_{t-1} = p) \\ s_{p,t-1} + e(u_{i^*}) (s_{p,t-1} < T, z_{t-1} = a_{t-1} = p) \end{cases}$$

즉, 흥미의 강도는, 반응을 일으키는 최소의 물리량 T 의 조건을 채웠을 경우에 단위 시간 즉 $e(u_{i^*})$

변화로 생각한다. $e(u_{i^*})$ 는 대상의 수나 대상 간의 관계가 사용자의 흥미에게 주는 영향을 나타낸다. 여기에서, 간단화를 위해서 δ 가 있다고 한다. 식 (4)의 조건식에 들어맞지 않는 경우의 $s_{p,t}$ 의 변화는 -(음)으로 한다. 흥미의 강도는 주시 모방의 영향을 받지 않고 자율적으로도 변동하지만, 이 모델의 영향을 받고, 흥미가 있는 정도만큼 주시 시간이 길어진다고 생각한다.

식 (3)의 모방 함수에 의한 주시 모방은, 의인 에이전트가 사용자와 동조 및 동기의 행동을 보이는 아바타를 통해 나타낸다. 그러므로, 사용자는 자기와의 공동 주의를 실시하게 된다. 공동 주의를 다른 사람의 마음을 이해하는 프로세스의 하나이다. 이때, 자기와의 공동 주의를, 자기 스스로 인식하고 있지 않는 자신의 일면의 이해를 돕는다. 즉, 주시 모방에 의해서 잠재적인 자기의 흥미를 눈치채게 할 수 있을 가능성이 있다. 따라서, 제안된 주시 모방 모델로부터, 우리는 주시 모방에 따른 자기 스스로의 잠재된 흥미 표출로부터 사용자의 흥미를 인식하게 한다.

3. 주시 모방 모델 기반의 지능형 정보 시스템

3.1 상황 설정

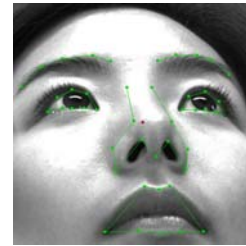
주시 모방에 의해서 흥미 추정을 실시한다고 상황을 가정하고, 정보 시스템은 대화면 디스플레이에 유사한 여러 개의 상품을 제시하고, 이때 사용자가 그 상품들을 보고 비교하여 기호의 것을 선택한다고 하는 상황을 상정한다. 눈앞에 복수의 상품들이 주어지고, 그 중에서 하나를 선택한다고 하는 상황은 일상적이며, 또한 선택 기준이 명확하지 않을 경우에는 미혹을 일으키기 때문에, 이때 시스템에 의

한 서포트가 효과적으로 필요할 것이라고 생각할 수 있다. 상품의 상세 정보에 대한 제공이나 추천이 미혹의 해소로 연결되지만, 나아가 흥미를 추정할 수 있으면, 더 적절하고 재치 있는 서포트가 가능해질 것이다. 본 연구에서는, 사용자에게 의한 상품에의 주시 행동으로부터 흥미 대상을 추정하는 것을 시도한다. 덧붙여 사용자가 상품에 흥미를 가지는 근거는 여러 가지이지만, 신호의 정도를 흥미의 정도로서 파악한다. 따라서 본 연구에서는, 주시 모방을 실시하지 않는 경우나 다른 모방 함수를 도입하는 경우에 비해, 주시 모방을 통해 사용자의 흥미가 명확하게 반영된 행동을 표출시키는 것이 보다 흥미 대상의 추정 정도를 향상시킬 수 있을까에 대해, 피실험자 실험을 통해서 검증한다.

3.2 시스템 구성

제안된 시스템은 사용자의 시선 방향을 계측하는 ‘시선 계측 모듈’과 정보 표시 및 의인 에이전트의 주시 행동 제어를 실시하는 ‘정보 제공 모듈’로 구성된다. 먼저, 시선 계측 모듈에는 우리가 종래 제안한 얼굴 화상 인식에 근거하는 시선 추정 수법(Satake, et al., 2007; Satake, et al., 2008)을 사용 하였다.

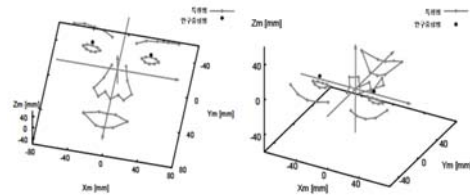
<그림 3>에서 보여지듯이, 디스플레이에 설치한 카메라들로부터 사용자의 얼굴 화상을 촬영해, 얼굴 검출, 얼굴 특징점 추출, 홍채 검출, 얼굴의 3차원 위치 및 방향 추정을 거치고, <그림 4>와 같이, 홍채 중심과 안구 회전 중심의 3차원 위치를 묶는 선을 ‘시선’으로 정의하고, 디스플레이와 시선이 교차하는 위치로부터 주시 위치를 추정한다. 이때, 의학적 근거를 바탕으로, 안구의 반경을 13mm로 가정하여 홍채의 영상 위에서의 2차원 좌표와 안구중심의 3차원 좌표로부터 (Satake, et al.,



(가) 검출된 얼굴영역에서 특징점 추출한 결과의 한 예



(나) 홍채 검출 및 홍채 중심점 추출 결과의 한 예

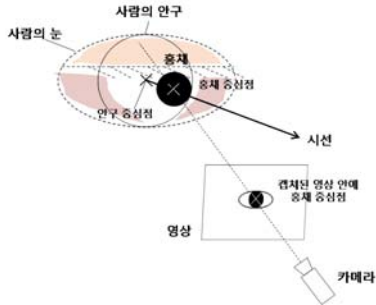


(다) 얼굴의 3차원 위치 및 방향 추정 모델

<그림 3> 시선 계측 모듈 프로세스

2007)에서 제안한 방법을 바탕으로 3차원 홍채 중심을 구한다. 이렇게 단안에 대한 값들은 카메라 3대에 대해서 좌우 각각의 값을 구하고, 그 값을 사용하여 3차원 시선을 추정한다.

다음으로, 정보 제공 모듈에서는 시선 계측 모듈로부터 추정된 사용자의 주시 위치를 근거로 의인 에이전트의 행동을 제어한다. 의인 에이전트의 형상은, 상품에의 주시만을 표현하기 위해서 눈만을 가지는 심플한 디자인으로 했다. 이때, 공동 주의는 손가락으로 포인팅하기 등의 비언어적인 행동에 의해도 표현할 수 있지만, 시선이 사용자에게 있어서 가장 직감적으로 공동 주의를 감지할 수 있는 행동이기 때문에, 주시를 통한 공동주의를 실현한다.



<그림 4> 단안에 대한 홍채중심과 시선 추정

의인 에이전트는 디스플레이 중앙부에 표시해, 상품 정보의 표시 영역에의 접근 이동을 차후 표현하는 것에 의해서 공동 주의를 실현한다. 의인 에이전트의 눈을 이동시키지 않고 눈동자의 검은 자만을 이동시키는 것에 의해서도 시선 변화를 표현할 수 있지만, 시각적으로 변화가 작아, 사용자가 공동 주의를 눈치채지 못할 가능성이 있기 위해, 이러한 디자인으로 했다.

3.3 사용자와 시스템의 상호작용 시나리오

본 절에서는, 흥미 추정을 위한 사용자와 시스템의 상호작용 시나리오에 대해 기술한다. 제 2장에서 말한 것처럼, 사용자가 정보를 입력하는 상태와 평가하는 상태를 분리하는 것이 흥미의 추정에 효과적이라는 것을 알고 있다. 따라서, 본 연구에서도 사용자를 정보의 입력 상태에 유도하는 ‘순차적 제시 모드’와, 평가 상태에 유도하는 ‘일괄 제시 모드’로 분류해, 2개의 정보 제시 모드의 시간 제어를 도입한다. 제안된 시스템은 우선 4개의 상품의 정보를 순차적으로 바꾸어 배타적으로 표시하는 순차적 제시 모드를 기동한다. 정보를 표시하는 순서는, 좌상(상품번호 $i=1$), 우상($i=2$), 좌하($i=3$), 우하($i=4$)로하고, 1개의 상품 정보를 표

시하고 있는 동안은 다른 상품 정보를 표시하지 않는다. 또, 순차적 제시 모드에서는 주시 모방을 적용하지 않고, 의인 에이전트도 표시하지 않는다. 각 상품 정보를 표시하는 시간은 15초로 설정했다. 이는 여러 명의 피실험자로부터 사전 실험을 통해, 정보 입력에 필요한 시간으로 가장 적절한 시간이다. 다음, 모든 상품 정보를 동시에 재표시하는 일괄 제시 모드로 이행 한다. 이 모드에 대해 사용자는 정보의 평가를 실시하는 것과 상정해, 주시 모방을 적용한다.

3.4 실험 디자인 및 비교 시스템

본 절에서는 주시 모방에 의한 사용자의 흥미를 명확하게 반영한 행동을 표출시킴으로써, 흥미 대상의 추정 정도를 향상시킬 수 있는지를 검증한다. 먼저, 주시 모방 함수를 기반으로 주시 모방에 따른 사용자의 흥미를 추정하기 위해, 4개의 주시 모방 실험 시스템을 다음과 같이 디자인한다.

- (A) 시스템 : 주시 모방을 실시하지 않는 시스템, 디스플레이 중앙부에 의인 에이전트를 표시하는 것만으로 정보에의 주시 행동을 실시하지 않는다.
- (B) 시스템 : 제 2.1절 안의 식 (3)의 모방 함수에 근거한 주시 모방 시스템.
- (C) 시스템 : 식 (5)의 모방 함수에 근거한 주시 모방 시스템, 사용자에게 의한 주시의 누적시간이 현재시각 t 에서 최대인 대상을 주시하는 것이다.

$$\begin{aligned}
 f_3(z_t^+) &= \arg \max r_i(z_t^+), \\
 r_i(z_t^+) &= \sum_{j \in R_i(z_t^+)} 1, \\
 R_i(z_t^+) &= \{j | 0 \leq j \leq t, z_j = i\}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

이것은, 사용자에게 의한 주시에 대해서 의인 에이전트는 동조적으로도 비동조적으로도 주시를 실시할 수 있어 사용자와 의인 에이전트의 주시의 변환은 기본적으로는 비동기가 된다.

(D) 시스템 : 식 (6)의 모방 함수에 근거한 주시 모방 시스템, 사용자에게 의한 주시의 대상에 대해서 대각 축에 표시되고 있는 대상을 동기해 주시한다고 하는 비동조인 행동을 일으키는 것이다.

$$f_2(z_z^t) = 5 - z_z \quad (6)$$

식 (6)의 계산식에 대한 설명은 다음과 같다. 제 3.3절에서 기술한 것처럼, 제안된 시스템은 4개의 상품에 대한 정보를 표시해 준다. 이때 (D) 시스템의 경우는 사용자가 t 시각에 좌상(상품번호 $i=1$)의 정보를 주시한다면, 그때 의인 에이전트는 식 (6)에 의해 좌상의 대각에 있는 우하(상품번호 $i=4$)의 정보를 주시한다. 따라서, 4개의 상품에 대한 정보를 표시해 주는 시스템에 있어서 t 시각에 대각 축 정보 표시를 위한 계산식을 위해 상수 5를 사용하였다.

(C)와 (D)의 시스템에서 모방 함수의 특징은, 사용자와 의인 에이전트에 의한 주시 대상의 불일치이며, 사용자에게 의한 주시 행동에 대한 부정적인 인상 표현이나 사용자의 흥미 유도라고 하는 효과로도 생각될 수 있다.

이를 근거로, 흥미 함수 ϕ 는 식 (4)에 가세해 다음과 같이 상정할 수 있다.

$$s_{p,t} = \phi(u_i, a_{i-1}, z_{t-1}, s_{i^*, t-1}) \quad (7)$$

$$= \begin{cases} s_{p,t-1} + e(u_{i^*}) \begin{pmatrix} s_{p,t-1} > T, s_{q,t-1} < -T, \\ Z_{t-1} = p, a_{t-1} = q \end{pmatrix} \\ s_{p,t-1} + e(u_{i^*}) (s_{p,t-1} < T, Z_{t-1} = q, a_{t-1} = p) \end{cases}$$

여기서 우리는 이러한 비교 시스템은, 사용자의 주

시를 분산시킴으로써, 식 (3)에 표현된 모방 함수를 기반으로 하는 주시 모방만큼 흥미가 있는 상품에 대해 사용자의 주시 시간이 길지 않을 것이라고 추정한다.

앞서 설명한 주시 모방 함수를 기반으로 한 시스템 A에서 D까지를 순서 대로 각 피실험자들에게 각각 4개의 태스크 실험을 실시했다. 태스크는 같은 4개의 카테고리에 있는 각각의 요리로부터 기호의 것을 한 개 선택 하는 것으로 했다. 모든 시스템은 4개의 카테고리(외국 요리, 라면 요리, 냄비 요리, 점심메뉴)가 준비된다. 이때 알고 있는 상품에 의한 실험결과는 적절한 결과값을 도출하기 어렵다고 판단하여, 일반적으로 잘 접해보지 못한 희귀한 요리에 대한 정보로 결정하고 제시하였다. 각 태스크는, 제한 시간을 3분 30초(순차적 제시 모드 1분, 일람 제시 모드 2분 30초)로 했다. 피실험자에게는 일람 제시 모드에서 선택한 요리를 선언 받았다. 덧붙여 피실험자에게는 시스템마다 의인 에이전트의 행동이 변화한다는 것만 가르쳐 주고, 주시 모방 계략에 대해서는 언급하지 않았다. 이 실험은 20대 5명(남자 4명, 여자 1명)을 대상으로, 피실험자 한 명당 총 16번(총 4개의 시스템에 대해 총 4개의 카테고리에 대한 태스크)의 실험 시나리오를 실시하였다. 계측한 피실험자의 주시 대상의 시간계열 데이터와 선택한 요리의 결과로부터, 주시 모방이 주시 행동에 미치는 영향에 대해 분석을 실시한다.

4. 시스템 구현 및 실험 결과 및 분석

제 2.1절에서 설계한 모델을 기반으로, 주시 모방이 사용자의 주시 시간에 영향을 미칠 것이라는 점을 고려하여, 주시 시간에 주목한 분석을 실시한다. 이를 위해, 먼저 주시 모방을 실시하는 정보 제

공 시스템의 프로토-타입을 구축했다. 서론의 <그림 1>에서 보여지듯, 대화면 디스플레이를 인터페이스로서 사용자와 시스템이 상호작용을 실시한다. 사용자와 디스플레이간의 거리는 1m로 설정했다. 시선 위치 추정 정도는 약 5도로써, 디스플레이상에서 약 9cm범위이다. 이러한 시선 추정은 약 20fps로의 실시간 처리가 가능하다. 대화면 정보 제시 시스템은 FUJITSU 회사의 UBWALL을 사용하였다. 이때, 그 안에 정보 표시 영역은 높이 1106mm, 폭 622mm이고, 화면 중심 위치는 시스템 바닥으로부터 높이 1462mm이다. 이때 본 실험에서는 정보시스템에서 나타나는 정보는 총 4개의 상품에 대한 설명 정보이며, 이들은 화면을 상하 및 좌우로 4분할한 영역에 각각 1매의 사진과 100자 정도의 설명문으로 나타난다. 또한 시선 위치의 추정의 오차를 최소화하기 위해, 각 상품 정보에 대한 표시 영역들 사이에 18cm 이상의 경계 영역을 만들어 주시하고 있는 상품의 추정 오차를 줄였다.

4.1 흥미의 추정 실험 결과

흥미 추정 실험 결과에 대해 설명하기 위해, 우선 흥미의 추정 정도로서 피실험자에 의한 주시의 누적 시간에 대한 실험을 실시하였다.

<표 1>은 누적 시간이 가장 길었던 대상을 피실험자가 선택한 비율을 나타낸다.¹⁾ 먼저 시스템 B에 대해서 분석한 결과는 다음과 같다. <표 1>을 보면 알 수 있듯이, 동조 및 동기의 주시 모방

1) 피실험자가 5명으로 그 표본수가 적으나, 피실험자 한 명당 4개의 카테고리(1개의 카테고리에 대한 주시 대상은 4개씩 나옴)에 대한 4개의 태스크(시스템 A~D)를 실험하였으므로, 한 명당 총 64개의 대상에 대한 주시 정보임. 따라서 총 320개의 대상에 대한 실험결과임을 밝힘.

<표 1> 피실험자가 최대한 흥미를 가진 대상에의 추정 정도

피실험자	시스템 A	시스템 B	시스템 C	시스템 D
1	25%	100%	100%	-
2	50%	100%	100%	25%
3	50%	75%	75%	25%
4	25%	75%	25%	75%
5	25%	75%	0%	75%
평균	35%	85%	60%	50%

을 실시하는 시스템 B에서는 흥미 추정 정도가 85%로 가장 높았을 뿐만 아니라, 추정 정도의 분산이 작은 것을 알 수 있다. 이와 다르게, 시스템 C와 시스템 D는 추정 정도의 분산이 큰 것으로 확인할 수 있다. 따라서 비교적 시스템 B에서는 흥미의 추정 결과가 높을 뿐만 아니라, 실험 대상자 전원에게 대해 추정 결과가 비교적 비슷하게 나왔음을 알 수 있고, 시스템 C와 D는 실험 대상자에 있어서 그 추정 결과 차이가 많이 났음을 알 수 있었다. 다음으로, 누적 주시 시간이 최대의 것을 주시 모방하는 시스템 C에 관한 분석으로, 제 4.4절에서 설명할 실험 후의 주관 평가를 통한 실험 결과이다. 시스템 C에서 피실험자 1부터 3의 경우는 의인 에이전트의 모방 계락을 자신의 주시량으로, 피실험자 4와 5는 자기의 주시에 대한 타이밍 지연이라고 대답하였다. 이러한 결과는 의인 에이전트의 행동 패턴을 파악하는 방법이 피실험자의 주시 행동에 있어서 차이를 가져올 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다. 한편, 피실험자가 최대한 흥미를 가진 대상에 대해 의인 에이전트는 비동조의 의미에서 피실험자가 주시하는 대상의 대각에 있는 대상을 주시하는 시스템 D에서는 피실험자 2와 3이 시스템 D에 대해 흥미 추정 정도가 25%로 비교적 다른 피실험자에 비해 비율이 낮다. 이러한 결과는, 에이전트의 비동조 및 동기의 주시 모방이 피

실험자의 주시에 흥미를 유도하는 효과가 나타났다는 실험결과를 도출하였다. 이는 피실험자 2, 3은 주시 누적 시간이 가장 길었던 대상을 선택할 확률보다 의인 에이전트의 주시 모방에 영향을 받아 대상을 선택할 확률이 더 높기 때문이다.

4.2 주시 행동의 시간 변화와 분석

다음은 주시 행동의 시간 변화와 그에 따른 분석 결과를 설명한다. 먼저, 주시 행동의 시간 변화에도 주시 모방의 효과가 나타났다. 그 전형적인 예로서 <그림 5>는 각 시스템에 있어서의 피실험자 2에 대한 주시 대상의 시간 변화를 나타낸다. 먼저 <그림 5>의 (가)는 주시 모방이 없는 시스템 A로, 피실험자 2는 4번 요리를 선택했다. 반면, (나)는 시스템 B로 피실험자는 1번 요리를 선택했다. 이때, 태스크의 중반으로부터, 가장 흥미를 가지는 대상에의 주시 시간과 그 이외에의 주시 시간에 명확한 차이가 나타나는 경향을 알 수 있었고, 이로써 시스템은 빠른 시점에서 사용자의 흥미를 추정할 수 있다고 말할 수 있다. 또, 시스템 C는 (다)에서 나타나며, 누적 시간이 최대인 것을 주시 모방한 것으로, 피실험자는 1번 요리를 선택했다. 마지막으로, (라)는 시스템 D로, 피실험자가 가장 흥미를 가지는 대상(요리 1번)의 대각 측에 표시되고 있는 요리 4번을 주시한 시간이 가장 긴 경향을 보였다. 따라서, 시스템 D에 대한 실험 결과는, 제 4.1절에서 기술했듯이, 피실험자 2와 3의 분석 결과, 유도의 효과를 나타냈다고 볼 수 있다.

4.3 흥미 표출화에 관련 분석

다음은, 흥미 표출화에 대한 분석 및 결과를 설명한다. 먼저, <표 2>에서 흥미 표출화 정도에 관련된 파라미터를 나타낸다. 이 파라미터는, 피실험

자가 선택하지 않았던 3개의 대상에 대한 누적 주시 시간의 최대치에 대해, 선택한 대상의 누적 주시 시간의 비율을 구한 것이다. 그 값이 큰 만큼 흥미가 주시 시간에 명확하게 반영됨을 나타내 보인다고 생각할 수 있다. 그러므로, 이 표로부터, 시스템 B에 대해 모든 피실험자로부터 주시 행동에의 흥미 표면화가 촉진되었던 것을 확인할 수 있다.

<표 2>의 분석을 통해, 가장 흥미를 가진 대상 및, 그 이외의 대상에 대해서 한 번 주시했을 때의 지속 시간의 분포를 <그림 6>에 표시한다. 그림에서 빈도는, 1000밀리-초단위로의 주시 지속 시간에 대한 것으로, 모든 피실험자가 각 대상 정보에 대해 각 시스템에 있어서 주시 시간의 빈도수를 나타낸다. 주시 모방을 실시하는 시스템 B, C, D에 대하여 가장 흥미가 있는 대상에의 4000밀리-초 정도의 중기적 주시와 10000밀리-초 이상의 장기적 주시가 증가하는 경향에 있었다. 이 결과는, 주시 모방에 의한 주시 행동의 다이내믹스에 흥미가 강하게 반영할 가능성을 나타내기 때문에, 이러한 분석 및 결과를 통해, 흥미의 추정 정도를 향상시킬 수 있다고 생각할 수 있다.

<표 2> 피실험자가 선택하지 않은 대상에의 누적 주시 시간의 최대값에 대한 선택한 대상의 누적 주시 시간의 비율(4개 태스크의 평균, 괄호 안은 분산)

피실험자	시스템 A	시스템 B	시스템 C	시스템 D
1	0.79(0.47)	1.18(0.03)	1.22(0.02)	-
2	2.40(4.94)	1.74(0.23)	1.49(0.48)	0.92(0.12)
3	0.98(0.26)	1.29(0.07)	1.28(0.09)	0.90(0.04)
4	0.98(0.31)	1.25(0.43)	1.28(1.31)	1.08(0.04)
5	0.84(0.08)	1.17(0.54)	0.79(0.01)	1.22(0.32)

4.4 주관 평가

각 피실험자에게는 실험의 종료 후에, 《참고》와 같은 설문조사를 통해, 각 시스템의 의인 에이전트의 행동에 대해 주관 평가를 실시했다. 설문조사에서 질문 4번, 5번, 7번에 대한 피실험자의 답변을 통해, 시스템 B에 대해서는 호감을 가질 수 있었다는 평가를 하였다. 또한, 시스템 C에 대해서는, 질문 4번, 6번, 7번에 대한 답변을 통해, 흥미가 있는 것을 간파되었다거나 의인 에이전트가 보고 있는 것이 신경이 쓰였다는 평가를, 시스템 D에 대해서는, 에이전트가 주시하고 있는 대각축이 신경이 쓰인다거나, 조금 불쾌했었다 등의 평가를 얻었다. 덧붙여 에이전트의 주시 모방에 전혀 없는 시스템 A에 대해서는, 질문 1번, 2번, 4번에 대해 특별하게 기술할 평가를 얻을 수 없었다. 그러므로, 주관적으로도, '동조 및 동기의 주시 모방이 정보 시스템을 통해 사용자의 흥미를 추정하는데 효과적이다'라고 생각할 수 있다. 따라서, 이러한 결과는 다음과 같이 3가지로 정리된다.

- ① 동조 및 동기의 주시 모방에 의해서, 사용자의 주시 시간이 흥미를 가지는 대상만큼 길어진다.
- ② 비동조 및 동기의 주시 모방이 사용자의 흥미를 유도한다.
- ③ 주시 모방이 사용자의 주시 행동의 다이내믹스를 변화시킨다.

다만, 이러한 결과는 피실험자의 미혹의 정도가 영향을 주고 있기 때문에, 한층 더 실험 샘플을 늘려 검증할 필요가 있다. 향후 이에 관한 실험을 더 보충할 계획이다.

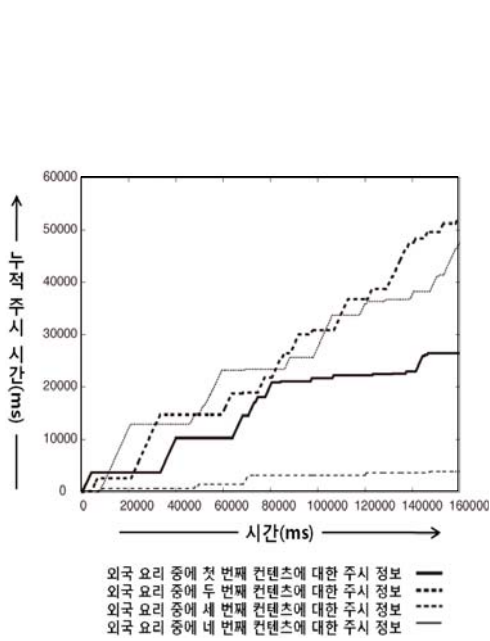
《참고》 설문조사

1		각 시스템의 행동이 다르다는 것을 눈치챘는가?
2		어떤 종류의 실험(몇 개의 시스템 행동)들이 진행되었다고 생각하는가?
3		시스템의 행동들을 인식했다면, 그 범위에 대해 쓰라.
4	(가)	태스크를 수행함에 있어서, 캐릭터 ¹⁾ 는 영향을 미쳤는가?
	(나)	영향을 미쳤다면, 어떤 것인가?
5	(가)	캐릭터는 당신의 시선에 반응하여 2가지 종류의 행동을 했다. 먼저는, 당신이 본 것을 곧바로 따라 보는 행동이었다.
	(나)	그것에 대해서, 어떻게 생각하는가? (당신은 캐릭터가 무엇을 한다고 생각하는가?)
6	(가)	그 행동을 하는 캐릭터에 대해 무엇인가 기대한 것이 있는가?
	(나)	또 하나의 행동은, 당신이 보고 있는 것을 때때 따라 보거나 또는 보지 않는 행동을 했다.
	(다)	그것에 대해서, 어떻게 생각하는가? (당신은 캐릭터가 무엇을 한다고 생각하는가?)
7	(가)	그 행동을 하는 캐릭터에 대해 무엇인가 기대한 것이 있는가?
	(나)	이러한 행동을 하는 캐릭터가 보고 있는 곳이 당신의 흥미를 반영했다고 생각하는가?
7		다른 의견이 있으면 써라.

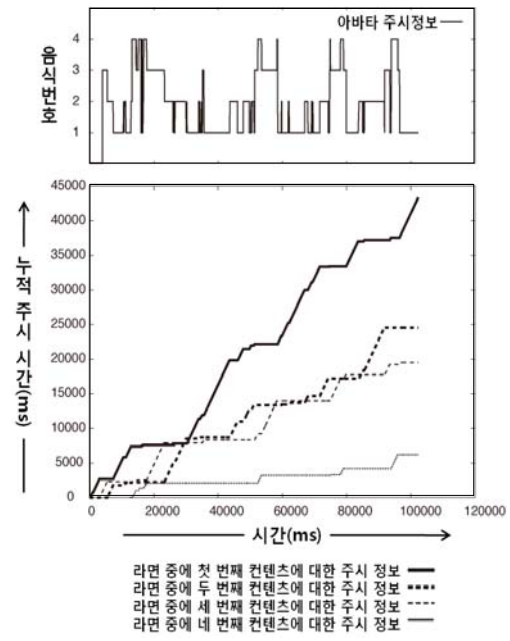
캐릭터¹⁾ : 의인에이전트를 말하며, 사용자에게는 시스템 중간에 눈동자로만 표현된 캐릭터라고만 설명함.

4.5 자기자신의 잠재적 흥미에 대한 자각 관련 고찰

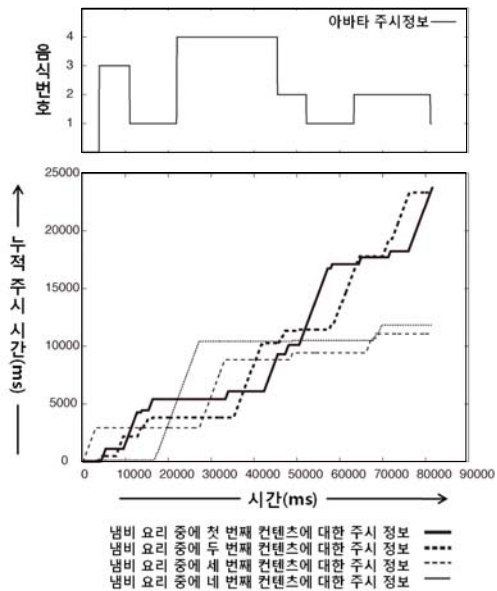
피실험자 실험의 분석 결과로부터, 주시 모방이 사용자의 주시 행동에 영향을 주어 동조 및 동기의 모방 함수를 적용하는 것에 의해서, 사용자에게 흥미를 명확하게 반영한 주시 행동을 표출 당하는 것으로 나타났다. 주시 모방의 효과로서는, 사용자의 흥미 주시 행동에의 표출화 뿐만 아니라, 사용자에게 자기의 잠재적인 흥미에 대한 스스로의 자각



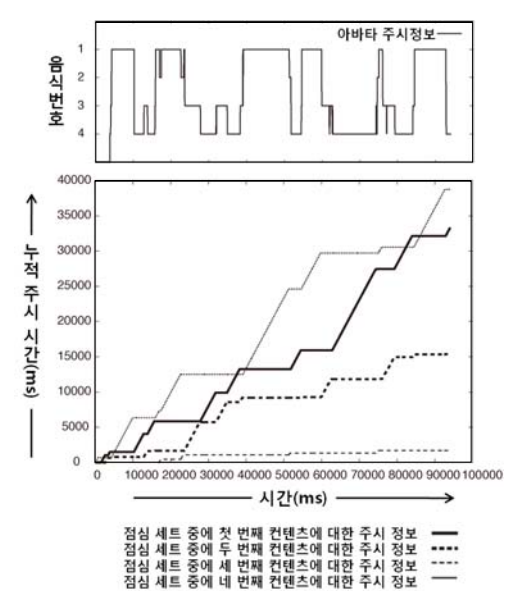
(가) 시스템 A : 주시 모방이 없는 경우



(나) 시스템 B : 동조 및 동기 주시 모방의 경우

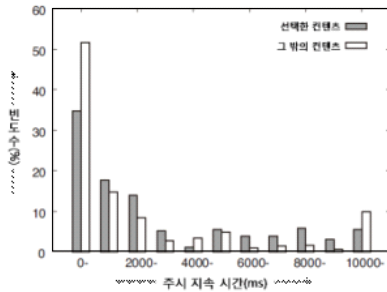


(다) 시스템 C : 최대 누적 시간에 대한 주시 모방의 경우

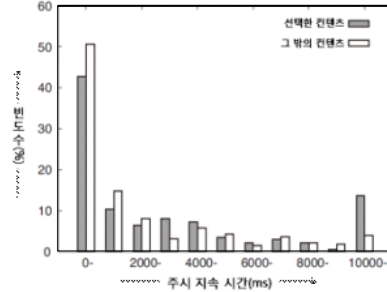


(라) 시스템 D : 비동조 및 동기 주시 모방의 경우

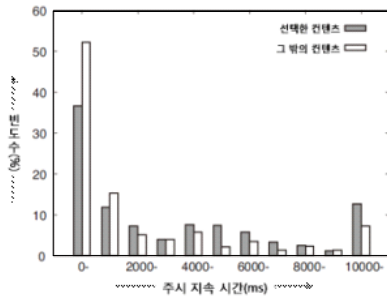
<그림 5> 피실험자 2에 대한 시스템 A, B, C, D에 의한 주시 행동의 한 예



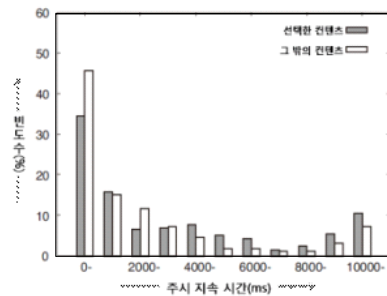
(가) 시스템 A : 주시 모방이 없는 경우



(나) 시스템 B : 동조 및 동기 주시 모방의 경우



(다) 시스템 C : 최대 누적 시간에 대한 주시 모방의 경우



(라) 시스템 D : 비동조 및 동기 주시 모방의 경우

<그림 6> 각 대상 정보에 대한 주시 시간의 빈도수

도 있었다. 피실험자의 주관 평가에서는, 자기의 흥미에 의식적으로 눈치챘다고 하는 사람은 볼 수 없었다. 또, 태스크의 달성 시간에 자기의 흥미에 대한 자각이 촉진되었다고 하는 경향은 나타나지 않았다. 그런데도, 종래 연구를 기반으로 사용자 시선의 가시화나 동작의 모방에 의해서, 행동이나 흥미에 대한 자각이 실현된다는 연구들(Yamaguchi, et al., 2001; Sejima, et al., 2008)을 근거로 하면, 주시 모방에 의해 주시 행동이 변화하고 있는 것으로부터도, 사용자는 무의식적으로 자기의 흥미를 자각하고 있을 가능성이 있다. 또, 뇌의 신경계 레벨에서는, 다른 사람에 대한 이해 및 자기 자신에 대한 이해에 관여한다고 여겨지고 있는 미러 뉴런

(mirror neuron)(Rizzolatti and Craighero, 2004)의 활동을 활성화 하고 있을 가능성이 있다. 향후, 자기 흥미에 대한 자각에 대해 평가하기 위한 실험 디자인을 좀더 심층적으로 검토할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서는, 사용자의 시선 정보를 이용한 주시 모방 모델 기반의 지능형 정보 시스템을 개발하였다. 제안된 시스템은 사용자의 주시 정보를 통하여, 사용자의 잠재적 흥미를 표출함으로써, 사용자의 의도를 이해해, 사용자가 원하는 정보를 제시해 줄 수 있다. 이를 위해, 의인 에이전트를 이용

해 사용자의 '본다' 행동을 모방해, 시스템이 사용자에게 공동 주의를 실시하는 것에 의해서, 흥미를 명확하게 반영한 주시 행동을 표출시키는 주시 모방이라고 하는 기능을 설계했다. 이를 통해, 시스템에 의한 주시를 사용자에게 의한 주시와 동조 및 동기 시키는 것에 의해서, 사용자가 흥미를 가지는 정도만큼 주시 시간이 길어지는 경향을 확인했다. 그러나, 제한한 모델은 단순 단조로운 주시 모방을 실시하기 위해 의인 에이전트에 의한 주시 변경이 과잉으로 눈에 띄는 등, 사용자에게 불쾌감을 주고 있을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서, 향후 의인 에이전트의 주시 타이밍을 사용자 상태에 맞추어 제어하는 것 등을 검토하여, 이를 보강한 보다 자연스러운 상호작용 기능을 갖추는 안내계 시스템의 실현을 목표로 한다.

참고문헌

- Jacobs, T. J. "On Unconscious Communications and Covert Enactments : Some Reflections on Their Role in the Analytic Situation", *Psychoanalytic Inquiry*, Vol.21(2001), 4~23.
- Hirayama, T., Dodane, J. B., Kawashima, H. and Matsuyama, T. "Estimates of User Interest using Timing Structures between Proactive Content-Display Updates and Eye Movements", *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, Vol.E93-D, No.6(2010), 1470~1478.
- Picard, R. W., Vyzas, E. and Healey, J., "Toward machine emotional intelligence : Analysis of affective physiological state", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.23, No.10(2001), 1175~1191.
- Emery, N. J., "The Eyes Have It : The Neuroethology, Function, and Evolution of Social Gaze", *Neuroscience and Bio-behavioral Reviews*, Vol.24(2000), 581~604.
- Mundy, P. and Newell, L., "Attention, joint attention, and social cognition", *Current Directions in Psychological Science*, Vol.16, No.5(2007), 269~274.
- Fujimoto, T., Sunayama, W., Yamaguchi, T. and Yachida, M., "Focusing Skill Transmission Support by Visualized Gaze Behavior", *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol.19, No.3(2004), 174~183, in Japanese.
- Avarfordt, P. and Zhai, S., "Conversing with the user based on eye-gaze patterns", *In Proceedings of SIGCHI 2005 Conference on Human-Factors in Computing Systems*(2005), 221~230.
- Nadel, J., Guerini, C., Peze, A. and Rivet, C., "The Evolving Nature of Imitation as a Form for Communication", *Imitation in Infancy*, Univ. Press, Cambridge(1999), 209~234.
- Satake, J., Kobayashi, A., Kawashima, H., Hirayama, T., Minakuchi, M., Kozima, H. and Matsuyama, T., "Non-contact and Non-constraint Gaze Estimation for Interactive Information Display", *Information Processing Society of Japan, SIG technical reports*, Vol.2007, No.99(2007), 9~16, in Japanese.
- Yamaguchi, T., Nakamura, T., Sunayama, W. and Yachida, M., "Mirror agent : An interface agent that mirrors and supports user's behaviors by visualizing gazing lines", *In Proceedings of International Conference on Human-Computer Interaction*, Vol.4(2001), 394~398.
- Sejima, Y., Watanabe, T. and Yamamoto, M., "Analysis by Synthesis of Embodied Communication via Virtual Actor with a Nodding

- Response Model”, *Proceedings of Second International Symposium on Universal Communication*, (2008), 225~230.
- Rizzolatti, G. and Craighero, L., “The Mirror-neuron System, *Annual Review of Neuroscience*”, Vol.27(2004), 169~192.
- Hirayama. T., Park, H. S. and Matsuyama, T., “Gaze Mirroring Approach Making User’s Latent Interest Explicit”, *Technical Report of IEICE*, Vol.108, No.487(2009), 79~84, in Japanese.
- Satake, J., Kobayashi, A., Hirayama, T., Kawashima, H., Minakuchi, M., Kozima, H. and Matsuyama, T., “Accuracy Improvement of Real-Time Gaze Estimation using High Resolution Camera”, *Technical Report of IEICE*, Vol.107, No.491(2008), 137~142, in Japanese.

Abstract

Gaze Mirroring-based Intelligent Information System for Making User's Latent Interest

Hye-Sun Park* · Takatsugu Hirayama* · Takashi Matsuyama*

The information system that preserves and presents information collections, records, processes, retrievals, is applied in various fields recently and is supporting man's many activities. Conventional information systems are based on the reactive interaction model. Such reactive systems respond to only specific instructions, i.e. the defined commands, from the user. To go beyond the reactive interaction, it is necessary that the interactive dynamic interaction based information system which understands human's action and intention autonomously and then provides sensible information adapted to the user. Therefore, we propose a Gaze Mirroring-based intelligent information system for making user's latent interest using the internal state estimation methods based on the interactive dynamic interaction. Then, the proposed Gaze Mirroring method is that an anthropomorphic agent/avatar actively established the joint attention with the user by imitating user's eye-gaze behavior. We verify that the Gaze Mirroring can elicit the user's behavior reflecting the latent interest and contribute to improving the accuracy of interest estimation. We also have confidence that the Gaze Mirroring promotes the self-awareness of interest. Such a Gaze Mirroring-based intelligent information system also provides suitable information to user by making user's latent interest using the internal state estimation.

Key Words : Gaze Estimation, Gaze-Mirroring, Intelligent Information System, Latent Interest, Avatar

* Graduate School of Informatics, Kyoto University

INTRODUCTION

In this paper, we discuss how the system should approach the user to make the latent interest explicit and aim to design an interaction approach which makes the user show the reaction reflecting the interest. It focuses on a proactive approach action that we humans look at the target. When probing the partner's interest, we often observe what he/she looks at. We turn our attention to the partner's gazing object. This behavior is called the joint attention, which is a process to understand others' mind. It can become the trigger of partner's reaction reflecting the interest. If the partner is gazing at the object of interest, he/she would feel sympathy with the joint attention. If not, the partner may turn the eye gaze away to suggest no interest. In this paper, we attempt to apply the joint attention to the user's interest estimation. We propose a new user-system interaction that the system approaches the user with the joint attention casually. It is the sympathetic gaze action by the system and can influence the user's gaze behavior. Also we suggest Gaze Mirrorinig, as the interaction approach to estimate the user's interest, that an anthropomorphic agent establishes the responding to joint attention with the user by imitating his/her gazing behavior in synchronization and sympathy. Through the Gaze Mirroring, the user is involved in the joint attention with him/herself because the anthropomorphic agent acts as an avatar of the user. Therefore, understanding of others' mind through the joint attention can be transformed into self understanding. It is possible to make the user awake his/her own latent interest. We verify that the Gaze Mirroring can elicit the user's behavior reflecting the latent interest and contribute to improving the accuracy of interest estimation. We also discuss whether the Gaze Mirroring promotes the self-awareness of interest.

GAZE MIRRORING

We design the user-system interaction via the joint attention to elicit frequently a gaze behavior reflecting the interest as follows. The system displays the anthropomorphic agent and establishes the responding to joint attention with the user on the object which is at the end of his/her gaze. The agent imitates the user's gaze behavior in sympathy to establish the joint attention. This interaction induces user's reaction through gaze behavior. We make a hypothesis in consideration for a nature that the imitation induces attention of an imitation receiver and connects between the imitator and the receiver.

INTELLIGENT INFORMATION SYSTEM

The proposed system consists of two modules: a gaze estimation module which estimates the direction of user's gaze and an information service module which controls the gaze behavior of the anthropomorphic agent and provides information on some items on the large screen. The gaze estimation module consists a camera located under the screen and two backup lights. The gaze estimation s performed in four steps: face detection, estimation of face orientation, iris detection, and estimation of gaze direction. The information service module presents an item and the each item is represented by a picture and a caption. The agent's gaze is controlled based on the user's gaze behavior estimated by the gaze estimation module.

저 자 소개



박혜선

경북대학교 컴퓨터공학과 박사학위를 취득하였다. BK 우수대학원생 해외 공동 연구지원 및 한국학술진흥재단의 지원으로 일본 교토대학 대학원 정보학 연구과 마쯔야마 연구실에서 석·박사 기간 동안 공동 연구를 진행했고, 동 대학교에서 JSPS (일본학술진흥재단)의 지원을 받아, Post-doc로써 공동 연구하였다. 현재는 ETRI(한국전자통신연구원)에 친환경차량 IT연구팀의 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심 분야는 인공지능, 컴퓨터 비전 및 패턴 인식, 그리고 HCI(Human Computer Interaction) 등이다.



Takatsugu Hirayama

He received his B. Eng. in electrical and information engineering from Kanazawa University, Japan, in 2000, and his M. Eng. and D. Eng. in engineering science from Osaka University, Japan, in 2002 and 2005. He is currently a visiting researcher in the Graduate School of Informatics, Kyoto University. His research interests include facial image recognition, human communication, and human-machine interaction. He is a member of the Information Processing Society of Japan and the Human Interface Society of Japan.



Takashi Matsuyama

He received his B. Eng., M. Eng., and D. Eng. in electrical engineering from Kyoto University, Japan, in 1974, 1976, 1980. He is currently a professor in the Graduate School of Informatics, Kyoto University. His research interests include knowledge based image understanding, computer vision, cooperative distributed vision, 3D video, and human-machine interaction. He has received nine best paper awards from Japanese and international academic societies including the Marr Prize at the International Conference on Computer Vision in 1995. He is a fellow of the International Association for Pattern Recognition and the Information Processing Society of Japan, and a member of the Japanese Society for Artificial Intelligence and the IEEE Computer Society.