

논문 2012-50-6-24

안구운동 기반의 사용자 묵시적 의도 판별 분석 모델

(Discriminant Analysis of Human's Implicit Intent based on Eyeball Movement)

장 영 민*, Rammohan Mallipeddi*, 김 철 수*, 이 민 호*

(Young-Min Jang, Rammohan Mallipeddi, Cheol-Su Kim, and Minho Lee[©])

요 약

최근 사용자의 생체 신호 정보를 기반으로 사용자 인지향상을 위하여, 상황에 적합한 서비스를 제공하기 위한 인간-컴퓨터/기계 상호작용 (Human computer/machine interaction: HCI/HMI) 시스템이 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 이와 같이 인간-컴퓨터/기계 상호작용 기반의 효과적인 사용자 인지향상 시스템을 개발하기 위해서는 사용자의 명시적 의도 파악과 더불어 사용자의 묵시적 의도 파악이 중요하다. 사람의 시각 운동 이론에 따르면, 사람의 안구운동 정보와 동공 반응은 사람의 의도와 행동에 대하여 많은 량의 정보를 제공한다. 이에 본 논문에서는 사용자의 묵시적 의도를 판별하기 위하여, 피험자에게 제공되는 자극영상의 관심(흥미) 영역 (area of interest: AOI) 내에서의 안구운동 패턴인 응시 시간/횟수, 동공 응답 패턴의 동공크기와 동공의 크기변화인 기율기 정보를 분석하는 새로운 접근 방법을 제안한다. 제안하는 모델은 항행적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 정보적 의도 소멸과 같은 세 가지 유형으로 인간의 묵시적 의도를 식별한다. 여기서 항행적 의도란 주어진 자극영상 내에서 무언가 흥미로운 것을 찾는 행위를 말하며, 이에 반해 정보적 의도는 특정 위치에서 특정 객체를 찾는 행위를 의미한다. 본 연구에서는 사용자 안구운동 패턴과 동공분석 정보 기반으로 서로 다른 묵시적 의도인 항행적 의도, 정보적 의도 발생, 그리고 정보적 의도 소멸 사이에서 그 천이를 감지할 수 있는 계층적 SVM (hierarchical support vector machine: H-SVM)을 이용하였다.

Abstract

Recently, there has been tremendous increase in human-computer/machine interaction system, where the goal is to provide with an appropriate service to the user at the right time with minimal human inputs for human augmented cognition system. To develop an efficient human augmented cognition system based on human computer/machine interaction, it is important to interpret the user's implicit intention, which is vague, in addition to the explicit intention. According to cognitive visual-motor theory, human eye movements and pupillary responses are rich sources of information about human intention and behavior. In this paper, we propose a novel approach for the identification of human implicit visual search intention based on eye movement pattern and pupillary analysis such as pupil size, gradient of pupil size variation, fixation length/count for the area of interest. The proposed model identifies the human's implicit intention into three types such as navigational intent generation, informational intent generation, and informational intent disappearance. Navigational intent refers to the search to find something interesting in an input scene with no specific instructions, while informational intent refers to the search to find a particular target object at a specific location in the input scene. In the present study, based on the human eye movement pattern and pupillary analysis, we used a hierarchical support vector machine which can detect the transitions between the different implicit intents - navigational intent generation to informational intent generation and informational intent disappearance.

Keywords : human computer interface & interaction, eyeball movement & pupil analysis, implicit intent recognition, navigational intent generation, informational intent generation or disappearance.

* 정회원, 경북대학교 전자공학부

(School of Electronics Engineering, Kyungpook National University)

※ 이 논문은 2011학년도 경북대학교 융·복합연구 지원프로그램의 지원을 받아 연구되었음.

© Corresponding Author(E-mail: mholee@gmail.com)

접수일자 2013년1월14일, 수정완료일 2013년5월19일

I. 서 론

현대 사회의 모습이나 동향에 비추어 볼 때 미래 사회는 인간-컴퓨터/로봇 상호작용 (Human Computer/ Robot Interaction: HCI^[1] / HRI^[2-3]) 기반의 사람의 감성 이해 및 인지를 향상 시키는 기술에 의해 상당부분 좌우 될 것이다. 2009년 Gartner HYPE cycle (융합 기술 분야)^[4]에 따르면 Human augmentation (수명, 기억력, 창조력, 행복감, 활동 등에서 정상인보다 더 좋게 하는 기술) 기술은 도입단계에 있으며, 사람의 감성을 이해하는 기술에는 사용자 의도 파악 및 대응기술이 포함되어 있다고 한다^[3-4]. 이에 많은 연구자들은 컴퓨터 비전, 음성 신호처리, 그리고 인공 지능 기술을 이용해 사용자에게 적응적 서비스를 제공하는 감각 인터페이스 기술을 개발하고 있다. 하지만, 기존 대부분의 인터페이스 시스템은 주어진 환경 하에 주어진 임무만 수행하여 사용자에게 적응적인 서비스가 불가능하며, 오히려 사용자가 인터페이스 시스템 환경에 맞추는 경우가 대부분이다. 이에 최근 연구자들은 사용자에게 적응적 서비스 제공을 위한 HCI^[5-6] 관점에서 사용자의 의도를 파악하고, 이에 필요한 적응적 서비스를 제공하기 위하여 많은 노력을 하고 있는데, 특히 인지 심리학 분야에서 Bernard^[7]는 사용자의 시선 특징 정보를 분석하여 웹 환경 내에서 사용자 의도 분류 모델^[7-8]을 설계하였다. 이에 본 논문에서는 기존의 웹 환경내의 사용자 의도 분류 모델에서 탈피하여 복잡한 실세계 환경 내에서 사용자의 안구운동 패턴^[9-13] 및 동공크기^[9, 14-19] 변화 정보를 이용한 새로운 사용자 목시적 의도 판별 분석 모델을 제안한다. 제안하는 안구운동 기반의 사용자 목시적 의도 판별 분석 모델은 사용자에게 적응적 서비스를 제공하기 위한 인간-기계 상호작용 시스템의 기반 연구로 활용되어 기존의 단방향의 제한적 인터페이스 시스템의 한계점을 탈피할 수 있다.

본 논문의 II장에서는 제안하는 사용자 안구운동 기반 목시적 다중 의도 판별 분석 모델을 설명하고, III장에서는 복잡한 실 환경 속에서 사용자의 강건한 시선 특징 추출 및 목시적 의도 지표 기반의 사용자 의도 판별 분석 성능을 보인다. 그리고 IV장에서 결론 및 향후 연구 방향 순으로 서술한다.

II. 사용자 목시적 의도 해석을 위한 안구운동 특징 추출 및 판별 분석 방법

1. 사용자 목시적 의도의 재해석

신경 생리학 및 신경 심리학 분야에서 Bernard^[7]는 웹 환경 내에서 사용자 안구운동 정보를 기반으로 사용자 의도 분류 모델을 설계하였고, 이를 이용하여 웹 환경에서 발생하는 사용자 의도를 항행적 의도와 정보적 의도로 구분하였다. 이에 본 논문에서는 Bernard의 연구를 이해하고, 기초로 하여 복잡한 실세계 환경으로 적용하기 위하여 사용자 목시적 의도를 새롭게 정의하였다. 사용자가 관심 및 흥미 있는 분야를 찾으려하는 “항행적 의도 (navigational intent)”와 어떠한 정보를 획득 하려는 목적의 “정보적 의도 (informational intent)”를 실생활 배경에 맞게 수정하였다^[7, 20-21]. 그리고 정보적 의도 내에서 어떠한 정보를 획득하려는 “정보 의도 발생 (informational intent generation)”과 기존의 정보적 의도가 없어지는 “의도 소멸 (informational intent disappear)”로 세부 정의하여 사용자 목시적 다중 의도를 재해석 하였다.

2. 사용자 목시적 의도 해석을 위한 분석 모형 구축

복잡한 실세계 환경 속에서는 주어진 상황 및 사람에 따라 사용자의 다양한 목시적 의도가 존재한다. 본 논문에서는 실세계 환경(실내/실외) 내에서, 신경심리학의 이론적 배경을 기반으로 II장 1절에서 언급한 항행적 의도, 정보적 의도, 그리고 정보적 의도 안에서 발생하는 정보

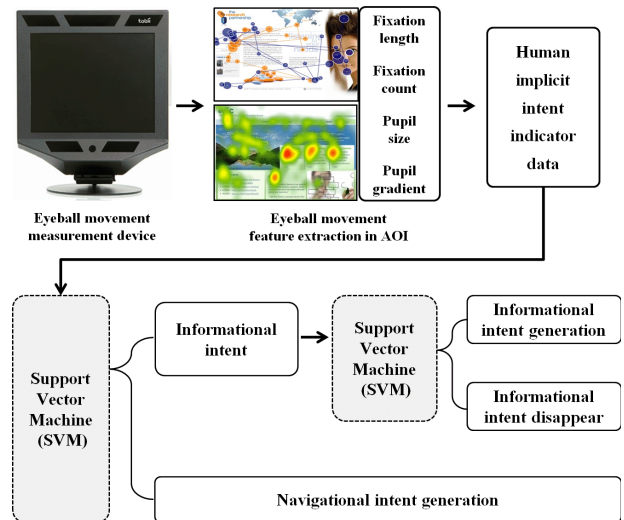


그림 1. 사용자 목시적 의도 판별 분석 모형
Fig. 1. Discriminant analysis model of human's implicit intention

적 의도의 발생과 소멸에 대한 사용자의 목시적 의도를 계층적으로 판별 분석하는 모형을 구축하였다.

그림 1은 Tobii 1750 안구추적 장치^[22]를 통해 얻은 사용자의 의도 변화에 따라 획득한 안구운동 정보를 통해 사용자 목시적 의도 지표를 생성하고, 이를 기반으로 한 계층적 의도 판별 분석 모형의 블록 다이어그램을 보이고 있다. 본 논문에서는 Hierarchical support vector machine (H-SVM)^[23-24] 모델을 이용하여 앞서 언급한 4가지 사용자 목시적 의도를 판별 분석 하였다.

3. 사용자 시선 특징 추출

복잡한 실세계 환경 및 상황 변화에 강건한 사용자 목시적 의도 판별 분석을 위해서 사용자의 안구운동(응시 점, 응시시간, 응시횟수, 동공크기 변화) 특징 정보를 획득하였다. 그리고 사람의 안구 운동 중 동공크기 변화는 외부 환경적인 요소에 매우 민감하게 반응하는데, 이에 본 논문에서는 사용자의 동공크기 변화를 관찰할 때, 외부 환경적인 요인에 의한 영향을 최소화하기 위한 기저선(base-line)모델^[25]을 적용하여, 사용자의 심리 상태만을 고려하는 사용자 의도에 따른 동공크기 변화에 대한 특징 정보를 추출하였다.

사용자 안구운동 정보는 제공된 시각 콘텐츠에 맵핑 되는 시선의 응시 점(fixation point), 응시시간(fixation length), 응시횟수(fixation count) 및 동공크기 변화(pupil size variation)가 있으며, 이들을 목시적 다중 의도 판별의 중요한 특징 정보로 활용하여, 상황 및 사용자 의도에 따른 안구운동 패턴 특징 정보의 상관관계를 분석한 후, 최종적으로 사용자 시선 특징 정보를 추출 하였다.

가. 사용자 안구운동 패턴에 따른 응시 점 / 응시시간, 응시횟수 특징 추출

사용자 안구운동의 일차적 기능은 눈의 위치를 바꾸어 관심 대상에 초점을 두는 것으로, 시각적 장면에서 얻고자 하는 정보에 따라 안구운동의 형태가 결정된다. 이러한 안구운동은 초기에는 정보적 영역에 안구를 고정시키며, 점차 시선을 정보량이 적은 부분까지 이동시키는 경향을 보인다. 사용자 의도 분류에 따른 안구운동은 시각적 탐색 과정을 통해서 이루어지는데, 이러한 시각적 탐색은 원하는 물체를 사용자의 시각 장(망막 내부의 중심 와)에 위치시키는 시각 정보처리의 첫 단계로서 시각적 장면에서 눈 고정의 수(응시횟수)와 지속시간(응시 점에 따른 응시시간)과 같은 사용자 안구

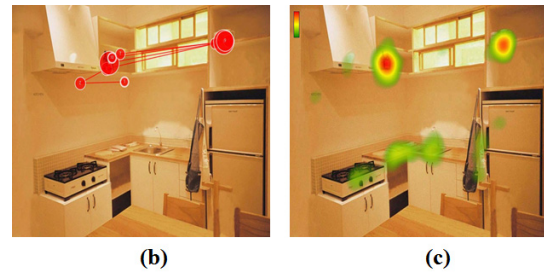
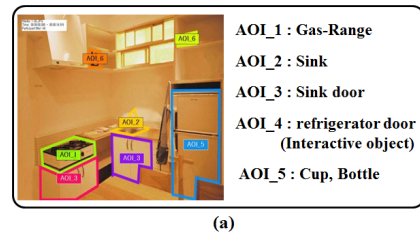


그림 2. AOI 영역의 안구운동 특징정보 추출: (a) 관심 흥미 영역 (b) 시선 경로 (c) 시선 응시 지도
Fig. 2. Feature extraction of eye movement in AOI : (a) AOI, (b) Gaze plot: scan path, and (c) Heap map.

운동 특징패턴 정보를 추출할 수 있다. 사용자 목시적 의도에 따른 안구운동 특징 정보는 그림 2에서 보인다.

그림 2 (a)는 자극 영상 내에서 정의된 사용자의 관심(흥미) 영역 (area of interesting: AOI)을 기반으로 사용자 시선 정보를 분석한다. 그림 2 (b)는 사용자 의도에 따른 응시 점 기반의 시선 경로 및 응시 시간, 응시횟수에 대한 정보를 보이며, 그림 2 (c)는 사용자 시선의 응시시간에 대한 응시정도를 시각적 색채를 이용하여 표현 하였다.

나. 사용자의 심리상태만을 고려하기 위한 동공 변화의 기저선 모델

사람의 시선 정보중 동공의 크기변화에 대해 신경 생리학에서는, 동공은 홍채의 중심에 위치하여 빛을 투과시키는 곳으로써 홍채의 움직임 제어로 동공의 팽창과 축소가 이루어지는데, 어두운 곳에서는 빛을 받아들이기 위해 동공을 팽창 시키고, 밝은 곳에서는 동공을 수축 시킨다고 한다. 그리고 이러한 동공의 수축은 홍채의 원형섬유(circular fiber)로 분포된 부교감 신경의 뉴런의 원형근 섬유가 동공 괄약근을 담당하며, 동공의 팽창은 홍채의 방사섬유(radial fiber)로 분포된 교감신경 뉴런의 방사섬유가 동공 확장 근을 담당한다고 알려져 있다. 이와 같이 동공의 팽창과 수축은 자율신경계의 지배를 받으며, 자율신경계는 정서행동과 밀접한 관

련이 있다. 이러한 동공반응은 사람이 정신활동을 하는 동안 그 일에 어느 정도 몰두하고 있는가의 신뢰 지수로, 과제가 어려울수록 동공 크기는 증가하는 경향을 보인다. 하지만 동공의 크기 변화는 앞서 언급한 것처럼 정신활동/정서행동에서만 반응하는 것이 아니라, 외부의 조명이나 잡음에 의해서도 동공크기의 반응정도가 심하기 때문에, 이러한 잡음의 요소를 배제하고, 사람의 심리상태만을 고려한 동공크기의 변화를 구하기 위해 2012년 M. Lee가 제안한 동공 기저선 모델 3가지를 활용하였다^[25].

- 자극 영상의 전체 명암 도에 따른 대표 동공크기
- 동공이 외부 환경변화에 대하여 적응하기 위하여 수축/팽창 과정을 거치는데 이에 따른 동공크기의 안정화 되기까지의 시간.
- 자극 영상의 부분영역에 따른 명암도 및 색상의 차이로 인하여, 동공의 크기 변화.

4. 사용자 목시적 의도 지표 기반의 계층적 목시적 의도 판별 분석 모델

복잡한 실세계 환경변화 내에서 외부의 환경적인 요소의 영향을 배제하고, 사용자의 심리상태만을 고려한 사용자 시선 특징 정보로서 자극영상의 관심(흥미) 영역인 AOI 내에서의 동공의 크기변화(동공의 평균 크기 및 단위 시간당 동공의 기울기 변화량), 그리고, 사용자 시선 패턴 정보인 응시 점/응시시간, 응시횟수 등의 시각인자를 발굴하였고, 이를 정규화 한 4가지 사용자 목시적 의도 지표를 다음과 같이 정의하였다.

- 동공크기 지정된 AOI 영역 내의 단위 시간당 변화하는 동공 평균 크기
- 동공크기에 따른 기울기 변화량 지정된 AOI 영역 내의 단위 시간당 변화하는 동공 기울기 변화량
- 관심 영역의 응시횟수 지정된 AOI 영역 내의 시선 응시 점의 단위 시간당 누적된 응시횟수

- 관심 영역의 응시시간 지정된 AOI 영역 내의 시선 응시 점의 단위 시간당 누적된 응시시간

본 논문에서는 앞서 언급한 바와 같이 사용자 시선 특징 정보를 입력으로 하여 사용자 목시적 다중 의도 지표를 추출하였으며, 획득된 사용자 목시적 의도 지표 정보를 그림 1에서 보인 것처럼 계층적 SVM(H-SVM)^[23, 24] 모델을 이용하여 항행적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 그리고 정보적 의도 소멸로 사용자 목시적 의도를 판별 분석하였다.

III. 실험

1. 정규화된 사용자의 목시적 의도 지표 추출

복잡한 실세계의 환경에서는 사람 또는 주어진 상황에 따라서 여러 가지의 목시적 의도가 존재한다. 본 논문에서는 실세계 환경 내에서 신경 심리학의 이론적 배경을 근거로 실세계의 환경변화(조도 300 ~ 360 Lux) 내에서 60명의 피험자들(연령21~28, 여성 34명, 남성 26명) 대상으로 사용자 시선 특징 정보를 기반의 사용

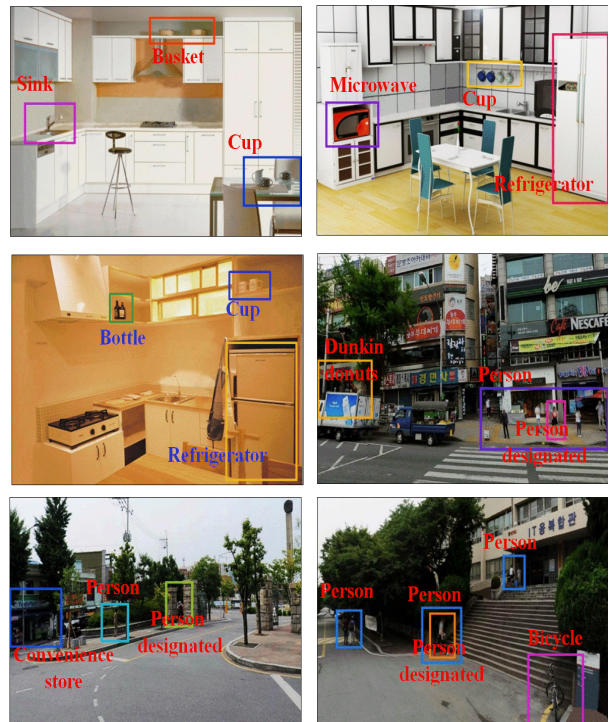


그림 3. 실세계 환경의 실험 자극 영상
Fig. 3. Experimental image set from real-world environments.

자 묵시적 의도 지표에 대한 실험 결과 및 방법론을 보인다. 그림 3은 실험에 사용된 다양한 실세계 자극 영상 및 각 영상에서 설정된 AOI 영역을 나타낸다.

실세계 환경의 실험자극 영상들을 이용하여 4단계로 구성된 실험의 시나리오를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 자극 영상 제시 전에 피험자에게 제공되는 지시문 내용은 항행적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 그리고 정보적 의도 소멸에 관한 내용으로 다음과 같이 제시되었다.

- 항행적 의도 발생 다음 제시되는 자극 영상에서 10초간 당신의 흥미 및 관심이 가는대로 자극 영상을 응시해 주세요!
- 정보적 의도 발생 다음 제시되는 자극 영상에서 OO을 하기 위한 객체를 찾으세요!
(객체의 위치 정보 및 모양 정보를 기억해 주세요)
- 정보적 의도 소멸 앞서 객체 정보를 다 찾으셨으면 키보드를 누른 후, 다시 편안하게 당신의 흥미 및 관심이 가는대로 자극 영상을 응시해 주세요!

위와 같은 지시문으로 피험자를 통제하여 사용자의 묵시적 의도에 관한 사용자의 안구운동 패턴 및 동공크기의 특징 정보를 획득 하였다. 그리고 각각 자극 영상으로

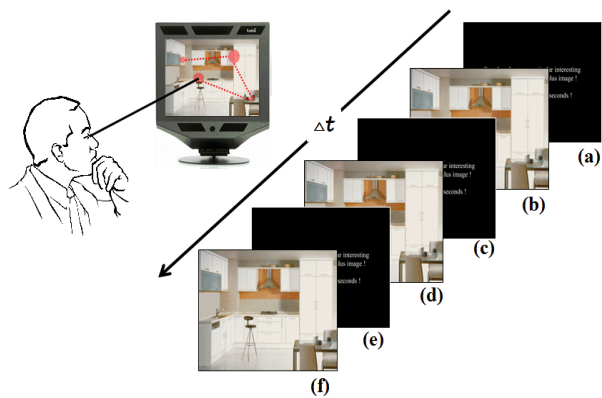


그림 4. 이벤트에 따른 실험 순서 : (a), (c), (e) - 실험 안내문, (b) 항행적 의도 발생, (d) 정보적 의도 발생, (f) 정보적 의도 소멸

Fig. 4. Experimental sequence of Events : (a), (c), (e) - Commands for experiment, (b) Navigational intent generation, (d) Informational intent generation and (f) Informational intent disappear.

부터 획득한 사용자 시선 정보들을 통해 묵시적 다중 의도를 파악하였다. 그림 4의 시나리오 실험에서 획득한 사용자 시선의 원시 데이터(raw-data)를 II장 2절에서 언급한 사용자의 심리상태만을 고려한 동공크기 변화의 기저선 모델을 적용하여 분석하였다.

또한, 다수의 피험자들로부터 정규화 된 사용자 묵시적 의도 지표를 정립하기 위하여 그림 5와 같이 피험자 데이터의 일관된 분석을 위한 시간 샘플링 방법을 도입하였다. 시간 샘플링 방법을 도입한 이유는 피험자마다 객체를 찾는 시간과 각각의 의도를 발생과 소멸을 시키는 시간이 다르기 때문이다. 본 실험에서는 60명의 각 피험자(연령21~28, 여성 34명, 남성 26명)의 데이터를 동일한 시점을 맞추기 위하여 실험 설계 시 피험자에게 지시된 객체를 다 찾았을 때(정보적 의도 발생의 완료 시점) 키보드 스페이스 바를 누르도록 지시하였다.

시나리오 영상은 그림 5에서 보이는 것처럼, 동일한 3가지 자극 영상으로 구성되어 있으며, 각각의 자극 영상은 항행적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 그리고 정보적 의도 소멸로 나뉘어져 있다. 항행적 의도 발생 부분을 제외하고는 피험자들마다 정보적 의도의 발생과 소멸 시점의 데이터가 다르게 취득되기 때문에 각각의 자극영상에 대하여 25 블록씩 샘플링을 하였다. 이와 같이 피험자들의 시선 특징 패턴을 블록 샘플링 함으로써, 동일한 기준대의 시점 적용이 가능해졌으며, 대표적인 사용자 시선 패턴을 분석 할 수 있었다.

그림 6은 사용자 묵시적 의도 변화에 따른 시선 패턴 중 묵시적 의도 지표의 정보를 추출하기 위한 동공 크기 응답의 특징을 보인다. 동공크기 변화의 특징 패턴을 검출하기 위하여 사용자 동공 크기에 대한 원시 데이터 정보에 II장 3-나 절에서 언급한 동공크기 변화 기저선 모델을 적용하였다. 이후 동공크기 정보는 그림 5와 같이 시간 샘플링 과정을 거쳐 그림 6과 같은 항행

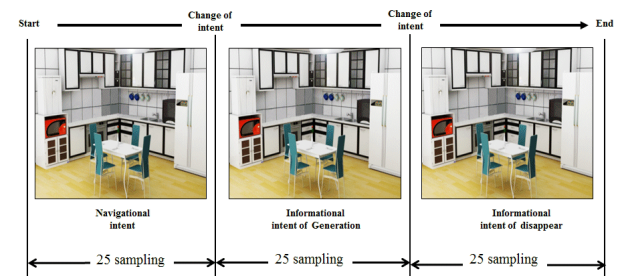


그림 5. 실험 태스크에 따른 시간-샘플링
Fig. 5. Time sampling of the experimental tasks.

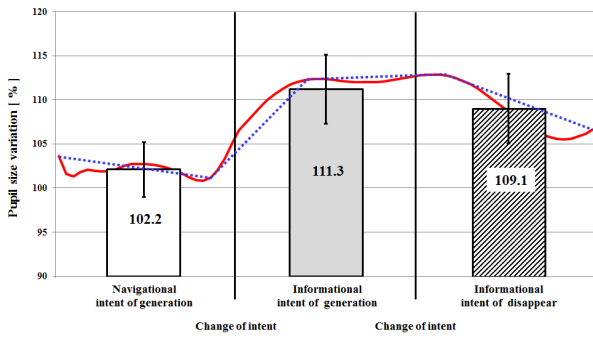


그림 6. 사용자 묵시적 의도에 따른 동공 크기 응답의 실험 결과

Fig. 6. Experimental results of pupillary size response by user's implicit intention

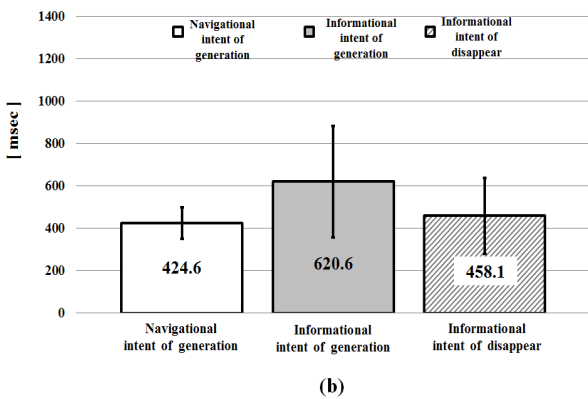
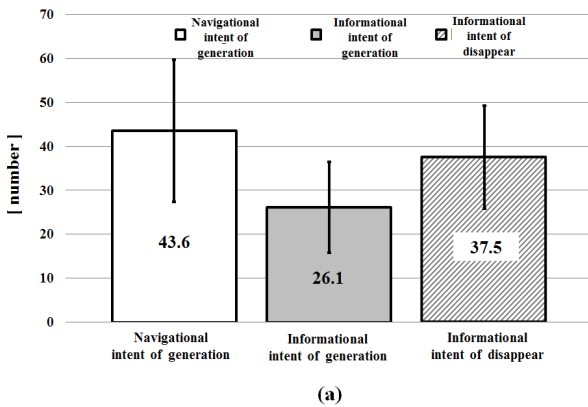


그림 7. 응시횟수 및 응시시간의 실험 결과: (a) 응시횟수 (b) 응시시간

Fig. 7. Experimental result of fixation count and fixation length : (a) Fixation count, and (b) Fixation length

적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 그리고 정보적 의도 소멸의 결과를 보인다. 그림 6에서 표기된 붉은 색 실선과, 파란색 점선은 본 실험에 참여한 피험자에 대하여 분석한 의도에 따른 동공의 크기 변화의 대표 곡선 (붉은색 실선) 및 동공 기울기 변화량(파란색 점선)을 보이고 있다. 그리고 막대그래프 내의 수치는 3가지 의

도 변화에 따른 동공 크기의 평균값을 나타낸다.

사용자의 안구운동에 따른 응시점/응시시간, 그리고 응시 횟수의 특징 패턴에 대하여 실험 설계 시 정의한 AOI 영역에 대하여 II장 1절에서 언급한 항행적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 그리고 정보적 의도 소멸의 사용자 묵시적 의도 변화에 따른 실험 결과를 막대그래프로 그림 7에 나타내었다.

그림 7 (a), (b)에서는 실험에서 설계한 사용자 관심 영역인 AOI 영역에 대하여 항행적 의도 발생, 정보적 의도 발생, 정보적 의도 소멸로 구분 지어 표현 하였다. 그림 7 (a)와 7(b)의 결과를 통해 관심영역의 응시 횟수와 응시 시간 사이에는 반비례 관계가 있음을 확인할 수 있다. 즉 관심영역에 머무는 시간이 길면 응시시간이 증가하고, 이에 따라 응시 횟수가 감소함을 의미한다. 그리고 복잡한 실세계 환경 내에서 얻어진 사용자 시선의 원시 데이터 정보는 앞서 언급한 실험 과정을 거치면서 그림 6 및 그림 7과 같은 시선 특징 정보를 추출할 수 있으며, 얻어진 시선 특징 정보로부터 II장 4절에서 언급한 4가지 의도 지표 특징 정보를 추출한다.

표 1에서는 사용자 시선 특징 정보인 응시횟수, 응시시간, 동공크기 및 변화량 기반의 사용자 묵시적 의도 지표를 나타내었다.

표 1. 사용자 시선 정보에 따른 묵시적 의도 특징 지표

Table 1. User's implicit intent indicators by eyeball movement.

구분	항행적 의도 발생	정보적 의도 발생	정보적 의도 소멸
동공크기	102.2 ±3.14	111.3 ±4.07	109.1 ±3.97
동공크기에 따른 기울기 변화량	-0.07 ±0.09	+0.5 ±0.1	-0.38 ±0.13
관심 영역의 응시횟수	43.6 ±3.52	26.1 ±0.91	37.5 ±1.26
관심 영역의 응시시간	424.6 ±41.74	620.6 ±15.7	458.1 ±48.94

2. 목시적 의도 지표 기반의 계층적 의도 판별 분석
 실세계의 환경에서 사람 또는 주어진 상황에 따라 목시적 의도가 존재함을 언급하였다. 본 논문에서는 실세계 환경 내에서 획득한 사용자 시선 정보를 가공하여 사용자 의도변화에 따른 목시적 의도 지표를 표 1과 같이 얻었다. 이와 같이 얻어진 목시적 의도 지표 정보를 입력 정보로 계층적인 SVM 모델을 적용하여 사용자 목시적 의도를 판별 및 분석하였다. 본 제안하는 SVM 모델은 RBF(radial basis function) 가우시안 커널을 함수를 사용하였으며, RBF 가우시안의 sigma의 파라미터 값으로 2.5로 설정하였다. 그리고 본 논문의 실험에서는 60명의 피험자(연령21~28, 여성 34명, 남성 26명)를 대상으로 사용자 시선 특징 정보를 획득 하였으며, 총 60명중 20명을 랜덤으로 추출하여 학습 데이터로, 나머지 40명은 테스트 데이터로 구분하였다. 그리고 총 30번의 반복 테스트를 거쳐 평균한 사용자 다중의도 판별 분석 모델의 성능 결과를 표 2에 나타내었다.

본 논문에서 제안된 모델에서 첫 번째 SVM 분류기는 항행적 의도 발생인지 정보적 의도 인지를 구분 짓는데 사용하였으며, 테스트 분류 성능이 86.2 ±0.38 (%)의 결과를 보였다. 다음으로 정보적 의도 내에서 정보적 의도 발생인지, 또는 정보적 의도 소멸인지는 판별하는 두 번째 SVM 모델에 대한 테스트 성능은 90.8 ±0.46 (%)의 결과를 얻었다.

본 실험을 통해 제안된 모델은 사용자의 시선 정보를 활용하여 사용자의 3가지 목시적 의도를 평균 88.5 ±0.42 (%)의 높은 분류 성능을 보임을 확인할 수 있다.

표 2. H-SVM을 이용한 학습 및 테스트 성능
 Table 2. Training and testing performance of H-SVM.

구분	항행적-정보적 의도 구분	의도 발생-소멸 구분	종합
학습 데이터 성능	87.4 ±0.88(%)	92.2 ±0.60(%)	89.8 ±0.74(%)
테스트 데이터 성능	86.2 ±0.38(%)	90.8 ±0.46(%)	88.5 ±0.42(%)

IV. 결 론

본 논문에서는 복잡한 실세계 환경 내에서 사용자 안구운동 패턴(응시시간 및 응시횟수) 정보와 동공크기 정보 분석을 기반으로 하여 사용자 목시적 의도에 대한

새로운 개념 정의 및 판별 분석 모델을 제안하였다. 즉, 사용자가 관심 및 흥미 있는 분야를 찾는 “항행적 의도”와, 어떠한 정보를 획득 하려는 목적의 “정보적 의도”, 그리고 정보적 의도 내에서 어떠한 정보를 획득 하려는 “정보적 의도 발생”과 아니면, 기존의 정보적 의도가 없어지는 “정보적 의도 소멸”로 구분하여 사용자 목시적 의도를 재해석 하였다. 뿐만 아니라, 사용자의 안구운동 정보인 응시시간, 응시횟수, 동공의 크기 정보를 기반으로 사용자 목시적 의도 판별 분석에 상응하는 시각 인자를 발굴하고, 이를 이용하여 4가지의 사용자 목시적 의도 지표를 정립하였다. 사용자 의도 파악은 시선 특징 정보로부터 4가지의 의도 지표 정보를 이용하여 계층적 SVM 모델을 기반으로 분류 하였다. 계층적 SVM 모델을 적용한 결과 항행적 의도인지 정보적 의도인지 구분 짓는데 86.2 ±0.38(%)의 성능을 보였으며, 다음으로 정보적 의도 안에서 정보적 의도 발생인지, 정보적 의도 소멸 인지를 판별하는데 90.8 ±0.46(%)의 성능을 보였다. 향후, 제안된 모델의 사용자 의도 분류 성능의 향상과 사용자 목시적 의도 구분의 세분화 작업을 통하여 사용자의 다중 의도를 판별하여 사용자에게 적응적 서비스를 제공해 줄 수 인간-기계 상호작용 시스템에 응용할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Majaranta, P., and K.-J. Rähkä. “Twenty years of eye typing: systems and design issues,” Proceedings of the symposium on Eye tracking research & applications. New Orleans, Louisiana, ACM, pp. 15-22, 2002
- [2] Breazeal, C., “Social Interactions in HRI: The Robot View,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews, 34(2): pp. 181-186, 2004.
- [3] 변중남, 한정수, “바이오사인에 기반한 HCI 및 서비스 로봇에의 응용,” 대한전자공학회, 전자공학회지 제 28권 제 12호, pp. 37-42, 2001.
- [4] <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1124212>
- [5] 심정연, “개인성을 고려한 지식-감정 반응 모델의 설계,” 대한전자공학회, 전자공학회논문지-CI, 제 47권, 제 1호, pp. 116-122, 2010.
- [6] 권순진, 홍철의, 김원일, “효율적 검색의도 파악을 위한 쿼리 단어 가시화에 관한 연구,” 대한전자공학회, 전자공학회논문지-CI, 제 49권, 제 2호, pp. 44-52, 2012.
- [7] Bernard, J. J., Danielle, L.B., and Amanda, S.: “Determining the informational, navigational, and

- transactional intent of Web queries,” *Information Processing and Management* 44, pp 1251-1266, 2008.
- [8] Chen, Z., Lin, F., Liu, H., Ma, W. Y., and Wenyin, L., “User Intention Modelling in Web Applications Using Data Mining,” *Internet and Web Information Systems Journal*, Kluwer Academic Publishers, vol. 5, pp. 181-192, 2002.
- [9] 이인혜, *정신생리학*, 학지사, 1997, ISBN-8975481654
- [10] Schwarz, U., and Schmuckle, T., “Cognitive Eyes, *Schweiz Arch Neurol Psychiatr*,” vol. 153, pp. 175-179, 2002.
- [11] Schütz, A. C., Braun, D. I., and Gegenfurtner, K. R., “Eye movements and perception: A selective review,” *Journal of Vision*, vol. 11, pp. 1-30, 2011.
- [12] Just, M. A., and Carpenter, P. A., “Eye fixations and cognitive processes,” *Cognitive Psychology*, vol. 8, pp. 441-480, 1976.
- [13] Gareze, L., Harris, J. M., Barenghi, C. F., and Tadmor, Y., “Characterising patterns of eye movements in natural images and visual scanning,” *Journal of Modern Optics*, vol. 55, pp. 533-555, 2008.
- [14] Claudio, M. P., Laura, W. R., Thom, C., Stanley, K., and Mario, A., “The pupil dilation response to visual detection,” *Human Vision and Electronic Imaging XIII / SPIE-IS&T*, vol. 6806, 2008.
- [15] Hess, E. H., and Polt, J. M., “Pupil size in relation to mental activity during problem-solving,” *Science*, vol. 143, pp. 1190-1192, 1964.
- [16] Kahneman, D., and Peavler, W. S., “Incentive effects and pupillary changes in association learning,” *Journal of Experimental Psychology*, vol. 79, pp. 312-318, 1969.
- [17] Kahneman, D., and Beatty, J., “Pupil diameter and load on memory,” *Science*, vol. 154, pp. 1583-1585, 1966.
- [18] Libby, W. L., Lacey, B. C., and Lacey, J. I., “Pupillary and cardiac activity during visual attention,” *Psychophysiology*, vol. 10, pp. 270-294, 1973.
- [19] Iqbal, S. T., Zheng, X. S., and Bailey, B. P., “Task-evoked pupillary response to mental workload in human-computer interaction,” *Human Factors in Computing Systems*, pp. 1477-1480, 2004.
- [20] Rose, D. E., and Levinson, D., “Understanding User Goals in Web Search,” in *Proceedings of the 13th International Conference on World Wide Web*, pp. 13-19, 2004.
- [21] Young-Min Jang, Sangil Lee, Rammohan Mallipeddi, Ho-Wan Kwak, and Minhoo Lee, “Recognition of Human’s Implicit Intention Based on an Eyeball Movement Pattern Analysis,” *LNCS 7062*, pp. 138-145, 2011.
- [22] Eye tracking system of Tobii Technology, <http://www.tobii.com/>
- [23] 임정수, 송지현, 장준혁, “SVM의 미세조정을 통한 음성/음악 분류 성능향상,” *대한전자공학회, 전자공학회논문지-SP*, pp. 141-148, 2011.
- [24] Kecman, V., *Learning and Soft Computing* Cambridge, MA, MIT Press, 2001.
- [25] Young-Min Jang, Sangil Lee, Rammohan Mallipeddi, Ho-Wan Kwak, and Minhoo Lee, “Human implicit intent transition detection based on pupillary analysis,” *IEEE International Conference on World Congress on Computational Intelligence 2012*.

저 자 소 개



장 영 민(정회원)
 2006년 경일대학교 정보통신 공학과 공학사
 2008년 경북대학교 전자전기 컴퓨터공학부 공학석사.
 2011년 경북대학교 전자공학과 박사수료

<주관심분야 : 신경망, 시-청각 융합 정보처리, HRI, 뇌공학, 사람 의도 인식>



김 철 수(정회원)
 1989년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1991년 경북대학교 전자공학과 공학석사
 1997년 경북대학교 전자공학과 공학박사

1995년~1998년 김천대학교 전자통신과 전임강사
 1998년~2010년 경주대학교 컴퓨터정보과 부교수
 2011년~현재 경북대학교 IT대학 강사
 <주관심분야 : 신호처리, 3차원 디스플레이, BCI, HCI, 뇌공학>



Mallipeddi Rammohan(정회원)
 2005년 Acharya Nagarjuna Univ. Electrical and Electronics Engineering
 2007년 Nanyang Technological Univ., Computer Control and Automation

2010년 Nanyang Technological Univ. Computer Control and Automation
 2012년~현재 경북대학교 IT대학 전자공학부 조교수

<주관심분야 : 인공지능, 영상신호처리, 진화 알고리즘>



이 민 호(정회원)-교신저자
 1988년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1995년~1998년 한국해양대학교 조교수
 1998년~현재 경북대학교 IT대학 전자공학부 교수

<주관심분야 : 영상/음성 신호처리, 생물학기반 선택적 주의집중, 뇌-기계 상호작용, 뇌공학>