개인별 행동특징을 중심으로 한 수면과 연관된 일상행동 판단

(Decision of Daily Activities Associated with Sleeping based on Individual Behavioral Characteristics)

조 승 호 † 손 선 동 ††
(Seungho Cho) (Seon Dong Son)
김 진 태 †† 문 봉 희 †††
(Jin-Tae Kim) (Bonghee Moon)

요 약 본 논문은 수면과 관련된 행동에 대한 연구로서 수면과 연관된 사람의 행동유형을 구별함으로써 궁극적으로는 수면과 관련된 행동 로그를 추적하고자 한다. 이러한 목적하에 침대에서 수면 전후 또는 수면 중 행동들을 판단하기 위하여, 행동로그를 정의하고, 사람의 행동유형들에 대해 보다 단순화된 특징벡터를 추출하였다. 그 다음, 특징조건들의 기준값을 토대로 개인별 행동유형 판단 알고리즘을 적용하는 실험을 하였다. 이러한 실험으로부터 얻은 중요한 결과들은 개인별 행동 특성을 반영한 방식이 기존의 단일 집단 방식보다 유용함을 의미한다.

키워드 : 수면, 개인별 행동유형, 특징 벡터, 무선 센서

Abstract As a study on activities associated with sleeping, this paper is aimed to trace a behavior log by differentiating human behavior patterns. Toward this research purpose, we define a behavior log and a simplified feature vector about human behavior patterns associated with sleeping. Then, based on thresholds of the feature vector, we did experiments applying the individual-base behavior pattern decision algorithm to human behavior patterns. The important results derived from these experiments indicate that the proposed approach reflecting individual behavioral characteristics is more useful than the existing single group approach.

Key words : sleeping, individual behavioral pattern, feature vector, wireless sensor

1. 서 론

대한수면의학회의 최근 조사[1]에 의하면, 조사대상 직장인의 19.5%가 수면시 불편함을 느끼고 있으며, 졸림 때문에 주간 활동에 영향을 받는 사람들은 56%에 달할 정도이고 졸음으로 인한 직업 관련 사고나 교통사고 경험이 있는 사람이 12.6%로 집계되었다. 이밖에 수면 중 무호흡 증상을 보이거나 코골이를 호소하는 경우도 10%에 달하는 것으로 보고되었다. 최근 아이폰 열풍으로 많은 응용 프로그램들이 애플의 앱스토어에서 활발하게 다운로드가 이루어지고 있다. 이 중에서 한 때 다운로드 1위를 차지한 것이 바로 수면 사이클(sleep cycle)이라는 응용 프로그램이었다. 이 프로그램은 아이폰을 침대 위에 놓고 알람 시간을 설정해 놓으면 아이폰이 자는 사람의 수면 사이클을 분석하여 알람시간 30분 전후하여 잠이 깊이 들지 않은 시간대를 택하여 알람을 울려준다[2].

본 논문은 수면과 관련된 행동에 대한 연구로서 수면과 연관된 사람의 행동유형에 대한 특징 벡터를 추출하고 이를 기초로 행동유형에 대해 판단함으로써 궁극적으로는 수면과 관련된 행동 로그를 추적할 목적으로 연구되었다. 일반적으로 수면과 관련된 행동유형에 관심이 높은 관계로 본 논문의 연구 범위를 잠자는 동안 또는 잠자기 전후한 행동유형을 구별하기 위한 것으로 국한한다. 본 논문의 2장에서는 본 연구와 관련된 기존 연구들을 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 정의한 행동 로그, 행동유형, 제안된 특징벡터 등을, 4장에서는 특징벡터 추출 알고리즘과 행동유형 판단 알고리즘을 기술하고, 5장에서는 제안된 특징벡터를 적용한 실험 및 결과를 설명하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

일상생활 리듬에 대한 연구로 신체 움직임을 측정하는 가속도 센서를 활용하여 수면의 질을 평가하는 연구가 있었고[3], 집 또는 요양시설내 거주자들이 일상생활

· 이 논문은 2009년도 강남대학교 교내연구비 지원에 의한 것임
· 이 논문은 2010 한국컴퓨터종합학술대회에서 '수면 전후한 행동유형의 특징벡터 추출에 관한 실험적 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 종신회원 : 강남대학교 컴퓨터미디어공학부 교수
shcho@kangnam.ac.kr
†† 학생회원 : 강남대학교 컴퓨터미디어공학부
kkoria@nate.com
gotboy@naver.com
††† 종신회원 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 교수
moon@sookmyung.ac.kr

논문접수 : 2010년 8월 12일
심사완료 : 2010년 10월 18일

Copyright©2010 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.

에서 반복하는 행동들을 각종 장치들을 통해 데이터를 수집한 다음, 상황 인지를 통해 행동들을 식별하고자 하는 연구들이 이루어진 바 있다[4,5]. 진동 및 적외선 감지 센서들을 활용하여 거주자의 행동유형에 대한 분류 모델을 정립하기 위한 연구가 시도된 바 있다[6].

수면 사이클[2]은 애플의 앱스토어에 올려져 있는 응용 프로그램으로 iPhone에 탑재된 가속도 센서를 이용하여 사람의 수면을 관찰하고자 한다. 이 응용 프로그램은 잠의 유형을 awake · dreaming · deep sleep 등 세 가지 수준으로 구별하여, 사람이 잠에서 깨는 시점을 포착한다. 부엉이[7]란 응용 프로그램은 스마트폰의 마이크를 이용한다. 마이크를 켜놓은 상태에서 사람이 자면서 내는 소리를 수집하여 수면 상태를 측정한다. 사람의 코고는 소리를 상 · 중 · 하 세가지로 분류하여 그래프로 제시하고, 그 결과를 수면 지수, 수면 시간 등을 통해 수면의 질적인 측면을 측정하고자 한다.

빛나는 베개[8]는 시끄러운 알람 소리 대신에 조명으로 알람을 대신하고자 한다. 알람시간이 되면 햇빛이 서서히 밝아오는 조명 효과를 내어 잠을 깨워주는 베개이다. 닥터필로우[9]는 시트 속에 수면 스캔 센서를 내장한 베개로서, 머리의 움직임을 검출하여 뇌파를 측정한다. 측정된 뇌파를 분석하여 수면의 쾌적도를 계산한다.

3. 행동 로그 개념

3.1 시스템 개요

본 연구에서 사용된 시스템은 무선 센서노드들, 기본 노드(base node), 센서 네트워크 모니터링 프로그램, 데이터베이스로 구성된다. 무선 센서노드들로는 진동 센서 2종, 적외선 감지센서 1종을 기본 단위로 사용한다. 센서노드들이 감지한 데이터들을 기본 노드에게 무선통신으로 보내면, 기본 노드는 USB 통신으로 PC상의 모니터링 프로그램에게 전송한다. 모니터링 프로그램은 전달된 센서 데이터들을 데이터베이스나 파일에 저장한다[6].

실험에 사용된 센서노드들은 Huins사의 UBee430 센서노드 모듈[10]이다. 이 모듈은 적외선 감지 센서, 진동센서와 TI MSP430 프로세서, 저전력 무선 통신을 수행하는 Chipcon사의 CC2420 RF로 구성된다. 무선통신 방식은 Zigbee인 IEEE802.15.4이고, 센서노드에는 TinyOS 2.0.2가 탑재되었다.

인체감지 센서는 PIR(Pyroelectric Infrared sensor) 센서와 Fresnel Lens로 구성되고, 감지 허용각도가 138°이다[10]. 센서 부분은 실리콘으로 제작되어 센서 부위의 먼지, 분진 등의 오염에 매우 강하며, 비교기 회로 내장으로 센서 입력 처리가 간단한 특징이 있다. 진동센서인 'Minisense 100'는 Piezo 효과 원리에 의해 동작의 진동을 감지한다[11]. 전원없이 미세한 진동 감지가 가능한 모듈이다. 본 연구의 실험에서 센서 감지 값은 0~32765의 범위를 갖도록 조정되었다. 본 연구에서 사용된 적외선 감지나 진동센서는 천장이나 침대에 부착하는 비침투식 방식을 채택하였으므로, 사람에게 불편함을 주지 않고 사람의 동작을 감지할 수 있는 장점이 있다.

3.2 행동 로그 개념

본 절에서는 침대에서 수면 전후 또는 수면중 행동들을 판단하기 위하여 행동로그(activity log)를 정의한다. 행동 로그는 사람의 정적인 상태(state)와 동적인 행동유형으로 표현된다.

행동 로그 = {상태, 행동유형}

침대에서 사람이 취하고 있는 정적인 상황은 상태로 표현한다. 여기서, 상태는 사람이 시간적으로 머물러 있는 정적인 상황을 나타낸다. 표 1은 사람이 취하는 침대에서의 상태를 두 가지로 표현한다. 상태 S는 사람이 침대위에 앉아 있는 상태이고, 다른 상태 L은 사람이 침대위에 누워있는 상태를 나타낸다.

표 1 침대에서의 행동 상태

행동상태	내용
S(Sitting)	사람이 침대에 앉아 있는 상태
L(Lying)	사람이 누워있는 상태

표 2 침대에서 행동 유형

구분	상태천이	행동유형
B_{SL}	S-->L	침대에 앉아 있다가 눕는 행동유형
B_{LL}	L-->L	침대에 누운 상태에서 뒤척이는 행동유형
B_{LS}	L-->S	누워 있다가 일어나 침대에 앉는 행동유형

침대에서 일어나는 동적인 행동들을 표 2와 같이 3가지 행동유형(behavior pattern)으로 정의한다. 이러한 행동유형은 침대위에서 사람이 움직이는 행동유형을 나타낸다. 이 중에서 B_{LL}은 침대에서 뒤척이는 행동유형으로 수면 습관이나 질을 평가하는데 중요한 행동유형이다.

3.3 제안된 특징벡터

침대위에서 수면과 연관된 행동유형 모델을 정립하기 위한 기초 데이터들을 수집하는 실험은 실험실내 침대에서 수행되었다. 그림 1은 실험 진행 중 피실험자가 누워있는 상태를 보여준다. 진동 센서는 베개 밑에 1개, 침대 옆에 1개를 설치하였고, 적외선 감지 센서는 침대위의 천정에 설치하였다. 이들 센서들은 0.25초 주기로 감지된 값들을 PC의 데이터베이스로 전송한다. 표 3은 실험 환경과 관련된 사항들을 제시한다.

그림 1 실험의 일부인 누워있는 상태를 보여주는 화면

표 3 실험 환경 개요

항목	내용
센서 노드	센서노드 3개
센서 종류	인체감지센서 1개 진동감지센서 2개
실험 기간	2010년 1월 13일, 20일, 27일 8월 3~4일, 9월 13일
센서 설치 장소	실험실내 1인용 침대
실험 대상자	남성 10명(20대, 50대)
반복 실험 횟수	매 행동유형마다 5회 이상 반복

그림 2는 행동유형 B_{LL}인 침대에서 뒤척이는 행동유형을 측정한 그래프이다. 이 그래프에서 빨간색은 인체감지 값을, 초록색은 침대 진동 감지값을, 파랑색은 베개진동 감지값을 나타낸다.

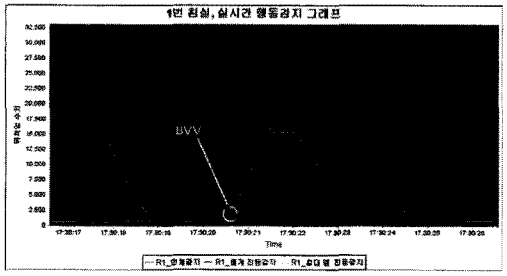

그림 2 행동유형 B_{LL}의 측정 그래프

그림 2의 그래프를 분석해 보면, 인체감지가 시작되고 얼마 후 침대 옆 진동과 베개진동이 감지되기 시작하였음을 알 수 있다. 이들의 관계를 이벤트 발생 관점에서 보면 그림 3과 같다.

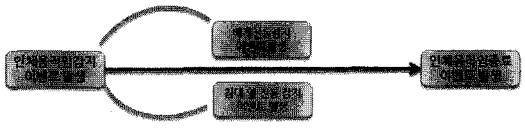

그림 3 이벤트 발생 관계

이러한 이벤트 중심의 관찰 실험과 기존 연구[6]에서 행동의 순차성이 개인별로 다르게 나타날 수 있다는 점을 고려하여, 행동유형에 대한 특징벡터는 아래와 같이 세 개의 특징 조건으로 단순화하였다.

① 움직임 감지값(Motion Detection Value): 움직임 변화를 감지한 값으로 기준값을 기준으로 이벤트를 발생시킨다.

② 침대진동값(Bed Vibration Value): 침대 옆 진동을 감지한 값으로 기준값 또는 최대값을 기준으로 이벤트를 발생시킨다.

③ 베개진동값(Pillow Vibration Value): 베개 밑 진동을 감지한 값으로 기준값 또는 최대값을 기준으로 이벤트를 발생시킨다.

여기에서 기준값은 사람의 움직임이 발생한 것으로 간주할 수 있는 기준이 되는 센서 감지값이다. 이 값은 사람이 가만히 침대위에 누워있는 경우를 실험으로 측정하여 결정한다. 최대값은 센서 가 감지한 최대값을 뜻한다.

4. 특징벡터 추출 및 행동유형 판단

4.1 특징벡터 추출 알고리즘

표 4 특징벡터 추출 알고리즘

입력: {MDV, BVV, PVV}를 저장하고 있는 파일
출력: 특징벡터 {MDV, BVV, PVV}로 구성된 파일

```
1) int MDV, BVV, PVV; // 센서 감지값
2) int iniMDV // 움직임 초기 감지값
3) int iniBVV, maxBVV; // 침대진동 초기 감지값, 최대값
4) int iniPVV, maxPVV; // 베개진동 초기 감지값, 최대값

// 이벤트 발생 포착을 위한 상태 변수 정의
5)  enum { noEvt, evtCaptured } capMDV, capBVV,
capPVV;  // noEvent, eventCaptured를 의미

// 이벤트 발생 없음으로 초기화
6) capMDV = capBVV = capPVV = noEvt;

7) MDV, BVV, PVV를 읽는다.
8) while ( 입력이 존재 ) {
9)    if ( MDV >= 기준값 && capMDV == noEvt)
10)  then {
11)     capMDV = evtCaptured; // 이벤트 발생
12)     intMDV = MDV; // 초기 감지값으로 설정
13)     while ( MDV >= 기준값 &&
                  capMDV == evtCaptured ) {
14)       if (BVV >= 기준값 && capBVV == noEvt)
15)       then {
16)         capBVV = evtCaptured; // 이벤트 발생
17)         iniBVV = BVV; }
18)       else maxBVV 값 조정;
19)       if (PVV >= 기준값 && capPVV==noEvt)
20)       then {
21)         capPVV = evtCaptured; // 이벤트 발생
22)         iniPVV = PVV;  // 초기 감지값 설정; }
23)       else maxPVV 값 조정;
24)       다음 MDV, BVV, PVV를 읽는다;
25)    }
       // 행동특징 벡터값 출력
26)    print iniMDV,iniBVV,maxBVV,iniPVV,maxPVV;

       // 다음 특징벡터 추출을 위한 초기화
27)    capMDV = capBVV = capPVV = noEvt;
28) }
29) 다음 MDV, BVV, PVV를 읽는다;
30)}
```

표 4는 행동유형에 대한 특징 벡터를 추출하는 알고리즘을 제시한다. 알고리즘은 센서로부터 전송된 측정값들을 입력받고, 이 값들로부터 특징벡터를 추출하여 파일에 출력한다.

4.2 개인별 행동유형 판단 알고리즘

표 5 개인별 행동유형 판단 알고리즘

```
입력: 특징벡터 {iniMDV,iniBVV,maxBVV,iniPVV,
maxPVV} 파일
출력: 행동유형 판단 파일
    // 두 가지 상태 변수 정의
1) enum { S, L } state; // Sitting, Lying 의미
2) int trials=0, errors=0; //행동유형 시도, 판단오류 횟수

    // 앉아있는 상태에서 시작
3) state = S;
4) while ( 특징벡터 입력이 존재 ) {
5)   if ( state = S && BSL를 만족)
6)   then {
7)     print "행동유형 BSL 발생: S-->L로 상태 천이";
8)     state = L; trials++;
9)     continue; }
10)  if ( state = L && BLL를 만족)
11)  then {
12)    print "행동유형 BLL 발생: L-->L로 상태 천이";
13)    state = L; trials++;
14)    continue; }
15)  if ( state = L && BLS를 만족)
16)  then {
17)    print "행동유형 BLS 발생: L-->S로 상태 천이";
18)    state = S; trials++;
19)    continue; }
20)  print "행동유형 판단오류:",state,특징벡터,trials++,
           errors++;
21)  현 상태를 적합하게 교정;
22)}
23)print trials, trials-errors;
```

표 5의 행동유형 판단 알고리즘의 주요 문장은 다음과 같고, 이 알고리즘에서 표 6의 행동유형 판단표를 참조한다.

3) 초기 상태를 S로 정한다.

5) 현재 상태가 S이고 특징벡터가 BSL의 조건을 만족하는지 검사한다.

6~9) 행동유형 BSL로 판단되었고 이를 출력한다. 다음 상태는 L이 되고, while 반복문으로 돌아간다.

20) 정의된 행동유형으로 판단되지 못한 경우 현 상황을 출력한다.

21) 오류 상태를 적합하게 교정한다.

23) 행동유형 판단 시도 횟수, 오류 횟수를 출력한다.

표 6 개인별 행동유형 판단표

행동유형	MDV	BVV	PVV
B_{SL}	iniMDV	iniBVV	iniPVV
B_{LL}	iniMDV	iniBVV	maxPVV
B_{LS}	iniMDV	maxBVV	X

표 6에서 B_{LL} 판단시에는 maxPVV 값을 고려하나, B_{LS} 판단시에는 PVV 값이 발생하지 않을 것으로 가정하여 PVV 값이 발생하지 않는다는 조건을 X로 나타낸 것이다.

5. 개인별 특징벡터 적용 실험 및 결과

5.1 개인별 특징벡터 적용 실험

기존 논문[6]에서는 피실험자들의 실험 데이터 전체를 하나의 집단으로 모아서 MDV, BVV, PVV, MDP의 평균과 표준편차를 산출하고 이를 토대로 판단표를 적용한 바 있다. 이 방식에서는 전체 집단의 유형과 다른 피실험자의 행동유형인 경우에는 분류하지 못하는 한계가 있었다. 본 논문에서는 이에 대한 대안으로 각 개인별로 실험 데이터를 누적하는 방식을 취하여 개인별 행동유형 특징을 활용하고자 한다.

본 실험에서는 7명의 피실험자를 대상으로 제시된 특징벡터에 대한 유효성 검증을 시도하였다. 세 가지 행동유형에 대한 총 175회 실험을 통해 각 개인별 특징벡터에 대한 기준값(threshold)을 구하였다. 이를 토대로 전체 155회에 걸쳐 적용 실험한 결과, 이 중에서 135회의 행동유형이 제대로 분류되었다. 전체적으로 87.1%의 성공률을 보였고, 표 7은 각 피실험자별 실험 결과를 제시한다.

표 7 피실험자별 실험 결과

피실험자	기준 실험횟수	적용 실험횟수	분류 성공횟수	성공률 (%)	비고
피실험자1	15	20	18	90	1차 적용
	35	15	15	100	2차 적용
피실험자2	20	20	18	90	1차 적용
피실험자3	15	15	14	93.3	1차 적용
	30	15	13	86.7	2차 적용
피실험자4	15	15	11	73.3	1차 적용
피실험자5	15	15	11	73.3	1차 적용
피실험자6	15	15	14	93.3	1차 적용
피실험자7	15	25	21	84	1차 적용
소계	175	155	135	87.1	

이 실험에서 행동유형을 분류하지 못한 원인들은 크게 두가지로 분석된다.

① 미분류 비율인 60%나 되는 제1의 원인은 BVV 값이 현저히 미약하여 초래된 것이다. 이 현상은 8월 3~4일자 실험에서 침대 옆 진동센서의 부착 상태가 적절하지 못하여 피실험자가 앉거나 눕는 동작에서 감지된 BVV 값이 기준값 이하로 감지되었기 때문이다. 결과적으로, 특징 조건 BVV의 이벤트가 발생하지 않은 것이다.

② 미분류 비율인 30%나 되는 제2의 원인은 PVV 값이 미약하여 초래된 것이다. 1월 27일자 실험에서 주로

나타났다. 베개 위로 머리를 두거나 뒤척일 때, 피실험자의 머리 움직임이 나무 상자 안에 부착된 진동센서에 의해 제대로 감지되지 못한 것으로 분석된다.

5.2 추가 적용 실험 및 기존 연구와 비교

전반적으로 행동유형이 미분류된 주요 원인이 진동센서의 감지 상태가 미흡한 것으로 분석되어 실험 환경을 보완하고 새로운 피실험자들을 대상으로 추가 적용 실험을 수행한 결과가 표 8에 제시된다. 이러한 실험 결과는 본 연구가 단일 집단 방식을 취한 기존 연구의 문제점을 극복한 것으로 평가할 수 있다. 표 9는 본 연구의 개인별 방식과 기존 연구인 단일 집단 방식[6]을 비교한 것이다.

표 8 추가 적용 실험 결과

피실험자	기준 실험횟수	적용 실험횟수	분류 성공횟수	성공률 (%)	비고
피실험자2	45	15	15	100.0	3회 적용
피실험자3	45	15	14	93.3	3회 적용
피실험자8	5	15	13	86.7	1회 적용
피실험자9	5	15	15	100.0	1회 적용
피실험자10	5	15	14	93.3	1회 적용
소계		75	71	94.7	

6. 결 론

본 논문은 수면과 관련된 행동에 대한 연구로서 침대에서 수면 전후 또는 수면중 행동들을 판단하기 위하여 사람의 정적인 행동 상태와 동적인 행동유형으로 구성되는 행동로그를 정의하고, 센서들을 이용하여 잠자기 위해 침대에 눕거나, 수면 중 뒤척임, 수면에서 깨어나 침대에 일어나 앉는 행동유형 등 세 가지 행동유형들을 정의하였다. 이러한 실험 결과는 개인별 행동 특성을 반영한 본 논문의 방식이 기존 방식보다 우월한 것으로 평가된다.

본 연구를 기초로 침대에서 뒤척임 행동유형의 횟수, 크기 등을 추출하여 수면습관 분석을 한다면, 불면증 또는 수면 중 발생할지 모르는 돌연사 등에 대한 파악이 가능해 진다. 이러한 일탈 상황에 대한 정보는 긴급 상황을 대처하는데 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] YTN news, http://www.sciencetv.kr/, 2010-08-08.

[2] Lexware Labs, http://www.lexwarelabs.com/sleep-cycle/index.html

[3] H. Hagiwara, et. al., "Measurement of Human Behavior in a Daily Life based on the Understanding of Biological Rhythm," in *Proc. 41st SICE Annu. Conf.*, vol.2, pp.5-7, Aug. 2002.

[4] Alwan M, Dalal S, Mack D, Kell S, Turner B. Leachtenauer, Felder R., "Impact of Monitoring Technology in Assisted Living: Outcome Pilot," *IEEE Trans on ITB*, vol.10 no.1 pp.192-198, 2006.

[5] G. Virone, et. al., "Behavioral Patterns of Older Adults in Assisted Living," *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, vol.10, no.3, pp.387-398, May. 2008.

[6] S. Cho, W. Kim and B. Moon, "Classification of Behavioral Types Associated with Sleeping in Residential Space," *Journal of KIISE: CPL*, vol.16, no.4, pp.477-481, Apr. 2010. (in Korean)

[7] The owl, http://itunes.apple.com/app/id360558242?mt=8, rorobo.com

[8] Glowing-pillow, http://www.trendhunter.com/trends/glowing-pillow-case-wake-with-light

[9] Doctor pillow, http://health.chosun.com/site/data/html_dir /2006/11/17/2006111756006.html

[10] UBee430, http://www.huins.com/

[11] MiniSense 100 Vibration Sensor Rev 1, http://www.meas-spec.com

표 9 기존 연구와 비교

항목	단일 집단 방식	개인별 방식
특징	피실험자 집단 전체의 통계치를 기준으로 행동유형 판단 범위 설정	피실험자 개인별 통계치를 기준으로 행동유형 판단
내용	· 피실험자의 특징 조건 값이 집단 전체의 조건 범위 기준에 포함되면 해당 특징 조건 충족	· 특징 조건의 기준값에 의거 특징 조건 충족 여부 판단
행동유형	5가지(B_{AS}, B_{SL}, B_{LL}, B_{LS}, B_{SA})	3가지(B_{SL}, B_{LL}, B_{LS})
특징조건	6개(MDP, MDV, BVV, PVV, BVDTAM, PVDTAM) 또는 4개(MDP, MDV, BVV, PVV)	3개(MDV, BVV, PVV)
장점	· 실험 데이타 다량 축적시 안정적일 가능성	· 빠른 적용 가능 · 판단 알고리즘 다소 단순 · 집단의 성향과 다른 경우에도 동작
단점	· 샘플 집단의 성향과 다른 경우, 분류 오류 발생 가능성 높음 · 판단 알고리즘 다소 복잡	· 개인별 데이터 관리로 약간 복잡
성공률	94.8%	94.7%