

기계학습을 이용한 지능형 모바일 HCI

삼성종합기술원 | 조성정 · 김연배

1. 서론

컴퓨터가 생활 곳곳에 널리 퍼져 활용되는 **편재 계산(ubiquitous computing) 환경의 확산에 따라 사람과 컴퓨터간 자연스러운 인터랙션(Human-Computer Interaction: HCI)에 대한 필요성이 증대되고 있다.** 최근에는 MP3P, 게임, 웹 탐색, 카메라 등 다양한 기능이 휴대기기에 통합되는 디지털 컨버전스 시대의 도래에 따라 휴대기기와 사용자간의 상호 작용을 연구하는 모바일 HCI의 중요성이 더욱 커지고 있다.

이러한 모바일의 환경은 기존 데스크탑 PC로 대표되는 정적인 환경과는 여러 가지 차이점을 갖는다[1]. 첫째, 사용자의 위치와 상황이 가변적이어서 오랫동안 사용자의 주의를 요구할 수 없다. 예를 들어 이동 중인 사용자는 기기 화면에 오랫동안 시선을 고정하고 주의를 기울일 수 없다. 둘째, 휴대성에 따른 물리적 제약으로 입출력 장치의 크기와 무게에 제한이 존재한다. 이 때문에 화면과 키패드의 크기가 소형이어서 웹 탐색과 이메일 접속 등의 작업에 제약이 많다. 마지막으로 기기와의 인터랙션이 다양한 컨텍스트에서 여러 활동의 결합으로 이루어진다. 카메라 촬영, 전화 및 문자 메시지 수발신, 음악 및 동영상 감상 등의 활동이 서로 동시에 수행되는 경우가 많다. 반면 PC상에서의 문서작업과 지식 검색 등의 활동은 비교적 장시간 동일한 컨텍스트에서 지속적으로 수행된다.

모바일HCI는 이러한 특성을 고려하여, 사용자가 모바일 환경에서 직관적이고 자연스럽게 휴대기기를 사용하는 방법을 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위하여 사용자의 상황을 파악하여 적절한 시점에 정보를 제공하여 입력 작업의 수고를 줄이는 상황 인지 서비스, 키보드로 대표되는 기존 입력 방식보다 사용자의 시선과 주의 집중을 적게 필요로 하는 자연스런 멀티모달 입출력 방법, 사용자의 사용 행태에 따라 기기가 사용자에게 적응하는 사용자 모델링 등의 연구가 수행되고 있다.

이러한 모바일 HCI는 기존 정적 환경의 수동적인 HCI에 비하여 시스템의 지능 수준이 높아야 한다. 사용자와 외부 환경을 명시적, 암묵적으로 센싱하여 사용자의 의도와 외부 상태 등의 상황을 판단하고, 이에 따라 사용자의 만족도를 높일 수 있는 서비스를 실행하여 사용자에게 반응하는 과정을 거쳐야 하기 때문이다.

모바일 HCI의 주요 요소 기술은 **센싱 기술, 상황 판단 및 입력 해석을 위한 지능형 처리 기술, 멀티모달 입출력 기술이다.** 이 요소 기술들은 근래에 들어 MEMS기반 센서 기술과 기계 학습 이론의 급속한 발전에 따라 휴대기기에 활발히 적용되고 있다. 휴대기기에 장착되는 센서의 종류가 가속도 센서, 각속도 센서(gyroscope), 조도(light) 센서, 압력 센서, 지자기 센서, 피부 수화도 측정 센서 등으로 다양화되고 있다. 지능 처리 기술로는 패턴 분류 기술(Neural networks, Hidden Markov models, Support vector machines, Decision tree) 및 추론 기술(Bayesian network, 전향/후향 추론 규칙) 등이 활발히 적용되고 있다. 멀티모달 입출력 기술로는 음성인식, 필기 인식, 손모양 및 동작 인식, 음성합성, 소리 및 촉각 생성 등을 들 수 있다.

본 논문에서는 모바일 HCI의 개요를 소개하고, 요소 기술들에 대한 관련 연구를 살펴본다. 그리고 대표적인 사례연구로서 사용자의 동작을 해석하여 기기를 제어하는 동작 기반 인터랙션 방법 및 이에 사용된 기계학습 알고리즘들을 살펴본다. 마지막으로 모바일 HCI의 연구 동향을 전망하며 결론을 맺는다.

2. 지능형 모바일 인터랙션 개요

지능형 모바일 인터랙션은 지능적, 능동적으로 사용자의 의도와 입력을 파악하여 정보를 처리한다. 그림 1(a)는 기존의 수동적인 UI로서, 마우스 조작, 키보드 조작 등 사용자의 명시적인 명령을 입력받아 미리 정해진 알고리즘에 따라 반응하여 작업을 수행하

고, 그 결과를 사용자에게 제시하는 과정의 정보 흐름도이다. 시스템은 외부 상태에 관계없이 주어진 입력에 대한 고정된 처리를 수행하기 때문에 복잡한 작업의 경우 사용자의 지속적인 제어가 필요하다. 그림 1(b)는 지능형 인터랙션의 정보흐름도로써 휴대기기는 사용자의 명시적인 의도와 암묵적인 상황을 센서를 통하여 센싱한다. 이 센서 신호를 해석하여 사용자 모델과 외부 상황 모델에 대한 정보를 갱신한다. 이 모델들로부터 사용자의 만족도와 사용성을 최대화하도록 정보 구조를 개편하고, 시각, 청각, 촉각 등의 멀티모달 출력을 수행한다. 기기가 센싱과 피드백 루프를 통하여 사용자의 상태에 따라 반응하기 때문에 작업 수행을 위한 사용자의 지속적인 제어에 대한 필요성이 줄어든다.

모바일 환경에 사용되는 센서로는 가속도, 각속도 센서, 지자기 센서, 터치 센서, 온도 센서, 조도 센서, 이미지 센서, GPS 센서 등이 있다. 가속도 센서는 관성의 힘에 의한 가속도량을 측정하며, 동작 인식 UI 및 사용자 활동상태 파악 등에 사용된다. 각속도 센서는 회전하는 물체에 작용하는 Coriolis 힘을 토대로 회전 각속도량을 측정하며, 동작 인식UI 및 카메라 손떨림 방지에 사용된다. 지자기 센서는 자력선의 방향을 토대로 지자기 북쪽 방향을 측정하며, 지도를 기기 방향에 따라 자동 회전하는데 사용된다. 터치 센서는 정전용량의 변화에 따라 인체의 근접여부를 측정한다. 조도센서는 빛의 밝기를 토대로 물체의 근접여부 판단 및 조명제어에 사용된다. GPS센서는 위성들과의 거리를 토대로 지표면 좌표를 계산하여 지도 매칭에 사용한다. 이미지 센서는 이미지들간 광류(optical flow)를 계산하여 기기의 이동방향을 추출하며, 지도의 화면이동 등에 사용한다.

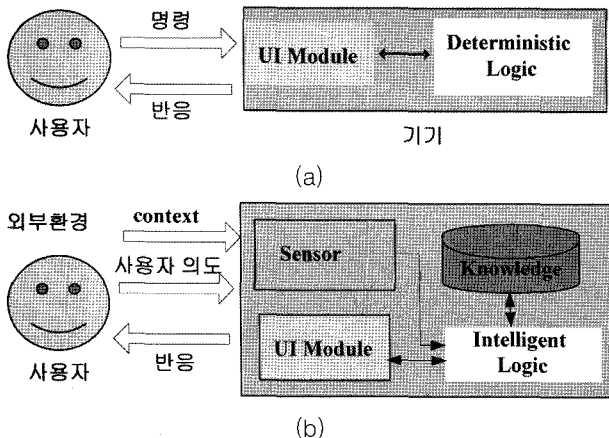


그림 1 사용자 인터랙션 방법 (a) 기존 수동형 UI (b) 지능형 UI: 사용자 상태를 센싱하고 지능적으로 반응함

UI module은 사용자의 상황에 따라 정보를 전달할 적절한 시점과 적절한 방법을 선택한다. 적절한 시점은 일반적으로 현재 수행중인 작업과 주변 환경을 고려하여 사용자가 충분한 주의를 집중할 수 있는 순간을 의미한다. 적절한 방법은 사용자가 가장 효과적으로 정보를 전달받을 수 있는 시각, 청각, 촉각 등의 multi-modality를 의미한다. 또한 실제 악기를 연주하거나 사진첩을 보는 것과 같은 인터랙션의 실감성을 높이기 위하여 서로 연관된 시각, 청각, 촉각 자극 등이 동시에 멀티모달로 출력될 수도 있다.

지능형 처리 기술은 센서로부터 입력된 신호를 해석하여 사용자의 명시적, 암묵적 의도를 인식하고, 사용 이력(usage history)로부터 사용자 모델을 개인화 한다. 이를 토대로 모바일 환경에서 사용자의 목표 달성도와 사용성을 높이도록 전체 시스템을 최적화 한다.

사용자의 명시적 의도 입력은 사용자의 입력 행동을 인식하여 기기를 제어하는 것으로서, 문자, 심볼, 실행 기능의 종류 등 이산적인 기호의 입력과, 시간에 따른 방향 변화 및 화면의 이동과 같은 연속적인 상태의 입력으로 나눌 수 있다. 전자의 경우 가속도 센서와 각속도 센서로 사용자의 움직임 궤적을 센싱하고 제스처를 인식하여 휴대기기상의 단축 다이얼링, MP3 음악감상 등을 제어하고[1-2], 단일 버튼 리모콘 상에서 제스처 입력을 통한 TV 채널선택, 음량조절[3]과 제스처를 통한 DVD의 기능 제어[4] 등이 있다. 후자의 경우 기기의 기울임과 회전 방향을 감지하여 사진의 가로/세로 방향을 정렬하고, 문서와 지도를 상하 좌우로 스크롤하며, 화면상의 가상 물체의 위치를 기울임 방향에 따라 변화시킨다[5-6]. 또한 손의 움직임 시점에 따라 단위 소절의 음악 패턴을 결합하여 음악을 생성한다[7].

암묵적 의도 파악은 사용자의 일상적인 사용 행태를 지속적으로 입력받아 이로부터 의도를 추론하는 것을 의미한다. 관련 연구로는 가속도 센서 신호로부터 사용자의 활동상태(걸고 있음, 뛰고 있음 등)를 파악하는 것[8]과 터치 센서 신호로부터 기기를 쥐는 손의 모양 형태를 분류한 후 그 결과에 따라 기기의 기능을 실행하는 방법이 있다[9].

사용자의 입력과 의도를 파악하기 위한 대표적인 지능형 처리 알고리즘은 기본적으로 패턴 분류와 의도 추론 방법을 근간으로 한다. 이러한 방법론의 예로는 Bayesian Networks(BN), Hidden Markov Models (HMM), Support Vector Machines(SVMs), N-gram Probability Model 등을 들 수 있다[10]. BN은 다차원 변수간의 확률 관계 모델링에 효과적이며, 주어진 현상

에 대한 원인의 확률적 추론이 가능하다. 따라서 사용자의 행동을 추론하고 제스처 동작을 판별하는데 주로 사용된다. HMM은 시계열 데이터의 확률적 처리에 효과적이며, 공간적 변이와 시간적 변이를 동시에 처리할 수 있기 때문에, 음성인식과 제스처 인식에 효과적이다. SVM은 두 클래스간 변별력이 가장 큰 결정평면(decision plane)을 찾아 판별을 하며, 일반화에 대한 성능이 우수하여 패턴 인식 전반에 사용된다. N-gram probability model은 다차원 순열을 갖는 변수간 조건부 확률을 계산하며, 과거 데이터로부터 향후 변화 예측이 용이하다. 따라서 자주 사용하는 메뉴를 상위에 위치시키는 메뉴 트리의 재구성 등에 사용할 수 있다.

추론한 사용자 의도는 다양한 지능적인 서비스 구현에 사용된다. PDA에 응용한 예로는 터치센서로 기기와 손의 접촉 여부를 판단하여, 전화벨이 울리는 중에 기기에 접촉하면 진동으로 변환되며, 기울임 감지를 통하여 PDA를 자신쪽으로 기울이면 전화를 확인한 것으로 간주하고, 조도 센서를 통하여 PDA가 주머니에 들어 있으면 자동으로 전화를 종료한다[11]. 휴대폰의 경우에는 접촉 센서를 통하여 기기가 손과 접촉하지 않으면 스피커폰을 자동으로 켜고, 조도 센서로 외부의 밝기를 측정하여 조명의 발광정도를 조절한다[12]. 또한 착용형 기기의 경우에는 가속도 센서, 마이크 센서, 조도 센서 정보를 결합하여 외부 소음 정도와 사용자의 운동상태를 추론하고, 이로부터 사용자의 네가지 활동 상태를 구분하고, 진동/벨 소리의 자동 변환, 전화 연결대신 자동응답으로의 전환 등을 수행한다[13].

3. 베이지안 네트워크를 적용한 동작 기반 인터랙션

3.1 동작 기반 인터랙션 개요

동작에 기반한 인터랙션은 사람에게 가장 자유도가 큰 손의 동작을 인식하여 기기를 제어하는 것으로써 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 간단한 동작으로 입력이 가능하고 사용자의 시선을 요구하지 않는다. 따라서 MP3 음악 감상과 같이 오디오 피드백이 제공되는 경우에 편리하며, 시각 장애인들도 기기를 쉽게 사용할 수 있다. 둘째, 동작으로 이루어지는 현실 세계의 행위를 모사하는데 유용하다. 예를 들어 테니스 게임, 볼링 게임, 드럼 연주 같은 응용에서는 동작이 가장 자연스런 입력 방식이다. 마지막으로 입력 활성을 위한 한 개의 버튼만 필요하기 때문에 버튼공간을 극단적으로 줄여서 기기의 혁신적인 외형 디자인을 가능하게 한다.

동작을 센싱하는 방법은 크게 외부 센서와 내부 센서를 이용하는 방법으로 구분된다. 외부 센서의 경우에는 적외선이나 초음파를 발신하는 펜과, 이들을 수신하는 외부 수신 모듈을 사용하여 펜의 위치를 측정하는 방법, 태블릿 상에서의 펜의 위치를 측정하는 방법 등이 있다. 외부센서 방식은 동작의 궤적을 비교적 적은 오차로 추정가능하며, 입력 시간이 길어져도 오차가 누적되지 않는 장점이 있다. 그러나 실내, 책상 위와 같은 정해진 공간 내에서만 입력이 가능한 제약점이 있다.

내부 센서 방식에는 가속도, 각속도 센서를 이용하여 기기의 이동 방향을 추정하는 방법, 펜끝에 장착한 카메라를 통하여 취득한 영상간의 광류(optical flow)를 계산하여 이동방향을 추정하는 방법 등이 있다. 전자의 경우에는 센싱 시간이 길어짐에 따라 이동 오차가 누적되어 증가하며, 후자의 경우에는 광량이 충분하지 않은 환경에서 오차가 증대되는 제약점이 존재한다. 그러나 별도의 외부 장치없이 어느 곳에서도 사용이 가능하기 때문에 모바일 환경에 더 적합하다. 따라서 본 논문에서는 가속도 및 각속도 센서를 휴대기기에 적용하여 동작을 인식하는 방법을 소개한다.

3.2 동작 입력 기기: 리모콘 및 휴대폰

사용자의 동작을 인식하기 위하여 그림 2와 같은 휴대용 입력 장치 하드웨어를 설계하였다. 휴대전화의 형태를 갖는 경우[1]에는 배터리, 메모리, 프로세서, 센서 신호를 디지털화하기 위한 ADC 칩을 휴대폰 부품을 사용하여 설계하였다. 추가로 장착한 센서는 실장용 공간의 제약으로 one-chip 3축 가속도 센서이다. 리모콘의 경우[3]에는 3축 가속도 센서에 추가로 3개의 1축 각속도 센서를 장착하였다. 또한 채널 변경, 음량 조절등 TV 제어를 위한 IR 전송 모듈이 존재한다. 기기의 외부에는 사용자의 제스처 동작이 언제 시작되고 끝나는 것인지를 판별하기 위한 제스처 활성화 버튼이 하나 존재한다. 사용자는 활성화 버튼을 누르면서 제스처 동작을 입력하게 된다.

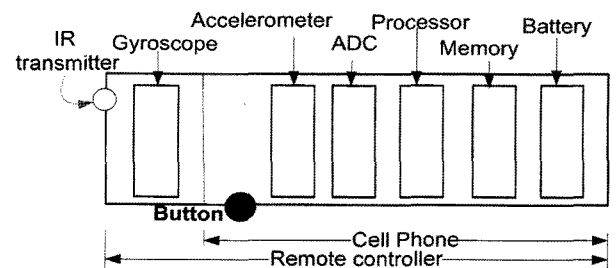


그림 2 동작 인식 장치의 하드웨어 구조

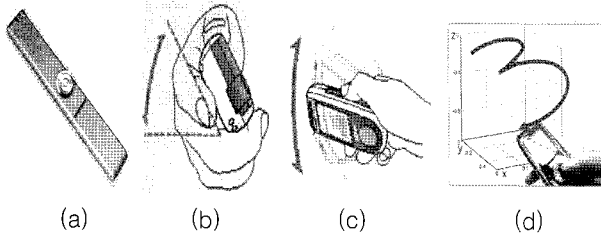


그림 3 동작 입력기 및 인터랙션 (a) 동작인식 리모콘 (b) 동작인식 휴대폰: 기울임 (c) 흔들 (d) 공간상의 궤적 입력

그림 2는 제작한 기기의 형태와 동작에 의한 사용 방법이다. 그림 2(a)의 리모콘 형태는 중간에 위치한 활성화 버튼을 누르면서 동작을 입력하고, 동작이 완료되면 버튼을 떼다[3]. 채널과 음량 조절은 상하좌우 방향으로 이동하였다가 원위치로 돌아오는 제스처로 구성되며, 채널 입력은 숫자 모양의 제스처이다. 그림 2(b), (c), (d)는 휴대폰을 각기 기울이고, 흔들고, 3차원 공간상에서 궤적을 그리는 동작을 통하여 인터랙션하는 방식을 보여준다[1-2]. 그림 4(a)는 기울임 정도와 방향에 따라 휴대기기 화면상에서의 사진을 이동하는 응용의 예를 보인다. 기울임의 각도는 기울임의 자세에 따라 3축 가속도 센서에 측정되는 지구 중력 가속도 값의 비율을 이용한다. 그림 4(b)는 흔들는 힘에 따라 주사위가 굴러가는 형태를 모사하고 이에 적절한 소리가 출력됨으로써 실감성을 높인 응용의 예이다. 동작의 시점 및 강도는 소정 구간내 신호의 변화량을 분석하여 추출된다. 그림 4(c)는 공중에 필기한 제스처의 패턴을 인식하고 이에 따라 단축다이얼을 걸고, MP3 음악을 제어하는 예를 보여준다. 동작의 패턴 인식은 여러 명의 사용자들이 입력한 데이터로

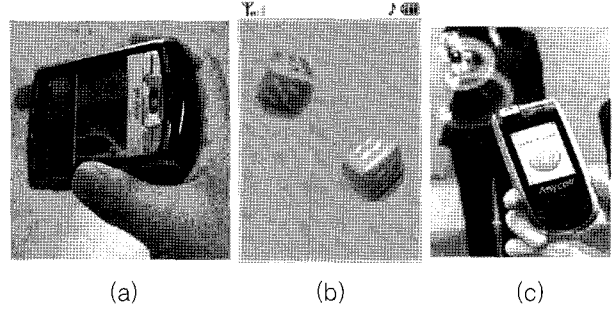


그림 4 동작 기반 입력의 응용 예

부터 제스처 모델을 학습시키고, 제스처 모델로부터 주어진 입력의 생성확률을 계산하여 이루어진다.

3.3 동작 인식 알고리즘[1]

동작을 인식하는 알고리즘은 그림 5와 같이 데이터 흐름에 따라 크게 입력 데이터의 정규화를 위한 전처리 단계, 기본 구성 요소로 분할하기 위한 특징 추출 단계, 학습된 제스처 모델과의 매칭 단계, 자주 혼동되는 쌍을 구별하기 위한 혼동쌍 구분 단계로 구성된다. 또한 각 단계에서는 처리할 수 없는 입력에 대하여 인식을 거부하고, 사용자에게 입력의 오류에 대한 원인을 피드백하여서 올바르게 사용하도록 유도한다. 전처리 단계에서는 휴대기기를 파지한 자세가 올바르게 맞지 않은 경우와 제스처를 너무 짧은 시간이나 오랜시간 입력 경우를 걸러낸다. 특징 추출단계에서는 너무 작거나 크게 쓴 입력을 걸러낸다. 모델 매칭 단계에서는 등록되지 않는 제스처를 걸러내고, 혼동쌍 구분단계에서는 시스템에서 구별이 어려운 혼동이 되는 입력을 걸러낸다.

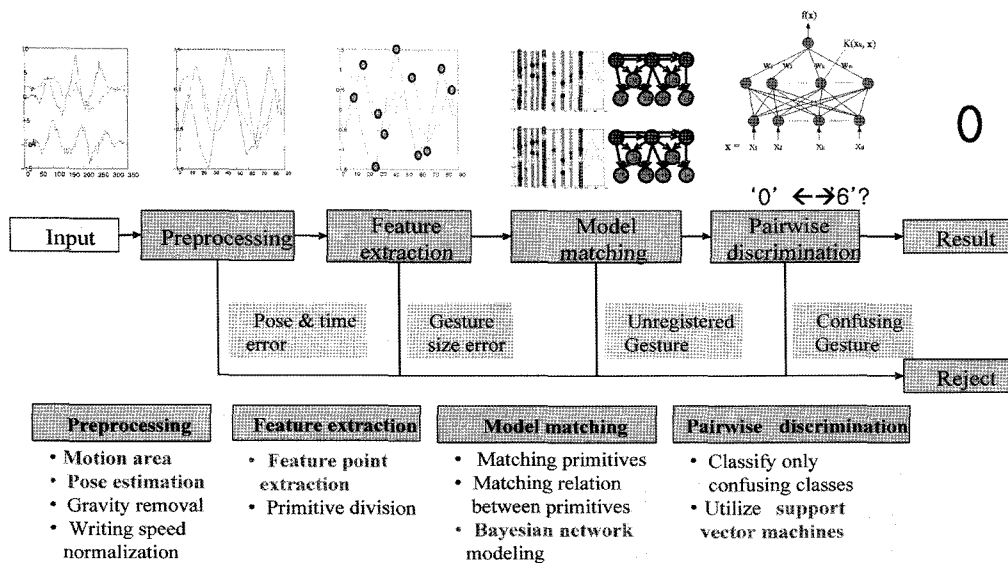


그림 5 Bayesian network 기반 동작 인식 알고리즘

입력 데이터의 전처리 단계는 인식이 용이하도록 신호를 정규화한다. 사용자의 실제 제스처 동작이 시작되고 완료된 시점을 판별하는 동작 구간 검출부, 3차원 공간상의 자세를 추정하는 자세 추정부, 자세에 따라 변화되는 중력가속도 값을 제거하는 중력 성분 제거부, 개인차에 따른 필기 속도를 정규화하는 속도 정규화부로 구성된다. 이 과정을 통하여 제스처 입력 시간의 변이, 자세에 의한 신호의 변이, 개인차에 의한 필기 속도의 변이가 모두 정규화된다.

전처리 단계중 제스처 동작 시점 판별 알고리즘은 또한 흔들 동작에 기반한 인터랙션에도 응용된다. 이는 기본적으로 소정 구간내 가속도 신호의 변화량을 추출하여 소정 문턱치값(threshold) 보다 큰 움직임이 갖는 구간을 동작 시점으로 판별하고, 변화량의 절대값을 동작의 강도로 판별한다. 판별 정확도를 높이기 위하여 사람의 손에 대한 지식으로서 의도적인 손움직임에 대한 최소 요구 시간 등의 제약 조건을 사용한다. 응용으로서 동작으로 음악 생성시 기기를 흔드는 시점과 강도에 따라 연주곡의 소절이나 악기 음악 샘플의 연주 시점과 음량이 결정된다.

전처리 단계중 자세 추정 단계는 기울임에 따라 변화되는 3축 가속도값을 측정하여 이루어지며, 기울임에 기반한 인터랙션에도 응용된다. [14]에서는 기기를 기울임에 따라서 사진 목록을 좌우로 탐색하는 응용을 제시하였다. 사진 감상의 조작성을 향상시키기 위하여 기울임과 사진 위치에 따른 탐색 화면 조작 다이내믹스를 제안하였고, 시각, 청각, 촉각에 따른 멀티모달 출력을 구성하였다. 이를 통하여 영화 필름을 실제로 넘기는 듯한 아날로그적 감성으로 사진을 감상할 수 있으며, 조작성이 iPod의 클릭휠보다 더 우수함을 실험적으로 제시하였다.

특징추출 단계에서는 가속도 시계열 데이터를 유사한 특성을 갖는 기본 단위로 분할한다. 분할 기준은 시계열 데이터의 극소값, 극대값 등의 특징점이다. X, Y, Z 축에서 각기 추출된 특징점들은 서로간의 간격과 특징점에서의 신호 변화량에 따라 걸러져서 주요 특징점만이 남게된다. 분할된 신호들은 구간내에서 시간에 따라 단조 증가 또는 단조 감소 형태를 갖는다.

모델 매칭 단계에서는 분할된 입력 요소와 Bayesian network에 기반한 모델을 매칭하여, 최대 확률 모델을 선택한다. 입력 요소내 신호들간의 관계와 입력 요소간 신호들의 관계가 확률적 의존 관계로 모델링 되었다. 이러한 의존 관계 모델링을 통하여 제스처들에 대한 변별력이 증대된다. 그림 6은 분할된 입력 구성요소와 이에 매칭되는 BN 모델을 보여준다. BN에서의 각

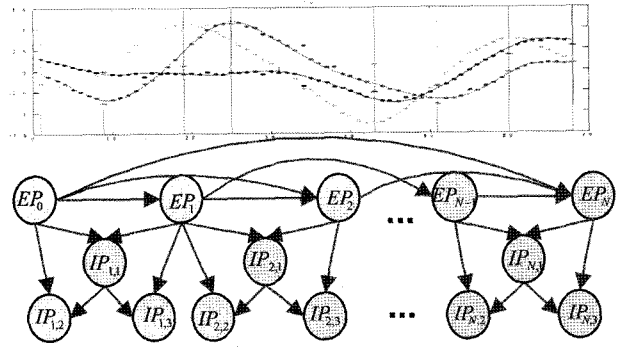


그림 6 분할된 입력 요소와 BN 기반 제스처 모델

노드들은 구성요소에 대응하는/신호성분들이고, 각 아크들은 신호값들의 선형적 의존 관계이다.

흔동쌍 구분 단계에서는 가속도 신호 모양이 유사하여 자주 흔들을 일으키는 '0'과 '6' 등의 흔들쌍을 상세 구분한다. SVM을 사용하여 흔들쌍만을 따로 학습하여 인식하였다.

실험결과 동작기반 인터랙션의 사용 경험이 없는 100명의 사용자들이 0-9, 'X'의 11개 제스처에 대하여 각 3회씩 입력한 데이터에 대하여 매칭 단계까지 적용시 96.3%, 흔들쌍 구분까지 적용시 97.0%의 인식률을 얻었다. 이는 일상생활에서 일반인들이 약간의 연습 후 바로 사용 가능한 수준으로 판단된다.

제한한 동작 기반 인터랙션 기술은 세계 최초로 상용화 되어 2005년도에 국내 삼성 SCH-S310를 시작으로, 미국(A960), 유럽(E750), 중국(F329)등 전세계 20여개 모델에 적용하여 시판되고 있다.

4. 결론

모바일 환경의 확산으로 휴대기기에서 수행할 기능의 종류와 사용 시간이 증대되고 있다. 하지만 작은 화면과 키패드만으로는 기기와 효과적인 인터랙션이 어렵기 때문에 보다 자연스럽게 능동적인 인터랙션의 필요성이 커지고 있다. 이를 위하여는 기기의 지능 수준이 높아져 사용자의 의도와 주변 환경을 이해할 수 있어야 한다. 본 고에서는 지능형 모바일 HCI의 요소 기술인 센서기술, 지능형 정보 처리기술 및 출력 기술에 대한 현재 수준을 정리하여 보았다. 그리고 대표적인 사례연구로서 사용자의 손동작을 인식하는 휴대기기와 이에 적용된 베이지안 네트워크 기반의 인식 시스템을 소개하였다.

향후 지능형 HCI 연구방향으로는 과거 이력 학습을 통한 사용자 모델링의 강화, 뇌의 연구에 기반한 Brain-machine Interface, 주변환경 컨텍스트 및 멀티모달 입력력 등 다중 정보 결합에 의한 상위 컨텍스트

추론 등을 들 수 있다. 이러한 기술 발전을 토대로 사람과 기기사이의 의사소통의 비용을 줄이고 정확도를 향상시키어, 언제 어디서나 편하게 기기와 인터랙션할 수 있는 시스템의 개발이 지능형 HCI 분야의 궁극적인 목표라고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] S.-J. Cho, et. al., "Two-stage Recognition of Raw Acceleration Signals for 3-D Gesture-Understanding Cell Phones", 10th IWFHR, La Baule, France, Oct. 2006.
- [2] W.C. Bang, et. al, "SCH-S310: Gesture Understanding Cell phone," Proc. 7th Mobile HCI, 2005.
- [3] S.-J. Cho, et. al, "MagicWand: A hand-drawn gesture input device in 3-D space with inertial sensors," 9th IWFHR, Tokyo, 2004.
- [4] J. Mäntyjärvi, et. al, "Enabling fast and effort-less customisation in accelerometer based gesture interaction," MUM, Maryland, 2004 pp. 25-31.
- [5] Rekimoto. Et. al., "Tilt Operations for Small Screen Interfaces(Tech Note)", UIST, 1996, pp. 167-168.
- [6] B. Harrison et. al, "Squeeze Me, Hold Me, Tilt Me! An Exploration of Manipulative User Interfaces," CHI 1998.
- [7] E.-S. Choi, et. al, "Beatbox Music Phone: Gesture Interactive Cell phone using Tri-axis Accelerometer," IEEE Int. Conference on Industrial Technology, 2005.
- [8] E. Welbourne, et. al, "Mobile Context Inference Using Low-Cost Sensors," Int. Workshop on location and context-awareness, Germany 2005, pp.254-263.
- [9] K.-E. Kim, et. al., "Hand Grip Pattern Recognition for Mobile User Interfaces", 21th National Conference on Artificial Intelligence, 2006.
- [10] R. Duda, et. al. Pattern Classification, Welly Interscience, ISBN 0471056693, 2000.
- [11] K. Hinckley, J. Pierce, M. Sinclair and E. Horvitz, Sensing techniques for mobile interaction, ACM UIST 2000, pp. 91-100.
- [12] Nokia 7650 Review, "http://www.ocworkbench.com/2002/nokia/7650review/p1.htm".
- [13] D. Siewiorek, et. al, "SenSay: A context-Aware Mobile Phone," Int. Sym. on Wearable Computing 2003.
- [14] S.-J. Cho et. al, "Dynamics of Tilt-based Browsing on Mobile Devices," CHI Extended Abstract, 2007.



조성정

1996년 KAIST 전산학과 졸업(학사)
 1998년 KAIST 전산학과 졸업(석사)
 2003년 KAIST 전산학과 졸업(박사)
 2003~현재 삼성종합기술원 전문 연구원
 관심분야 : 지능형 HCI, 기계학습, 패턴인식,
 Bayesian networks
 E-mail : sung-jung.cho@samsung.com



김연배

1983 University of Sao Paulo(Dipl. Eng)
 1998 University of Tokyo(Ph.D.)
 1984~1990 Bravice International Inc.
 1991~2004 NHK Science & Technical Research
 Labs.
 2004~현재 삼성종합기술원 상무
 관심분야 : Software Agent, NLP, HCI, MT