시간 페트리 넷을 이용한 상황인지 모델링 기법

정회원 박 병 성*, 김 학 배*

Context-Awareness Modeling Method using Timed Petri-nets

Byungsung Park*, Hagbae Kim* *Regular Members*

요 약

스마트 홈 분야에 대한 관심의 증가와 기술적인 발전은 상황인지 서비스와 베이시안 네트워크 알고리즘, 트리 구조 알고리즘 그리고 유전자 추측 알고리즘과 같은 예측 알고리즘에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 상황인지 서비스는 개별적인 사용자의 패턴을 고려한 맞춤형 서비스를 제공하는 것은 사용자의 삶의 질을 향상시키는데 도움 주는 것을 의미한다. 하지만 상황인지 서비스를 구현 하는 것은 상황정보와의 부합성 문제와 예외적인 상황 처리가 고려하는데 어려움을 겪고 있다.

이 문제를 해결하기 위해서, 본 연구에서는 지능형 순차적 매칭 방식 알고리즘(Intelligent Sequential Matching Algorithm : ISMA)을 제안하고, 페트리 넷에 시간 개념을 추가하여 시간 페트리 넷(Timed Petri-net : TPN)으로 모델링한다. 제안한 지능형 순차적 매칭 알고리즘의 유효성을 증명하기 위하여 시나리오를 제시하고, 그것을 모델링 한다. 또한 동일한 실험 조건 아래, 기존의 예측 알고리즘과 비교를 통하여 과 제안된 알고리즘의 예측 정확도가 4~6% 우수함을 보인다.

Key Words : context awareness, prediction algorithm, flexible window and cache scheme, timed petri-net, smart home

ABSTRACT

Increasing interest and technological advances in smart home has led to active research on context-awareness service and prediction algorithms such as Bayesian Networks, Tree-Dimensional Structures and Genetic prediction algorithms. Context-awareness service presents that providing automatic customized service regarding individual user's pattern surely helps users improve the quality of life. However, it is difficult to implement context-awareness service because the problems are that handling coincidence with context information and exceptional cases have to consider. To overcome this problem, we proposes an Intelligent Sequential Matching Algorithm(ISMA), models context-awareness service using Timed Petri-net(TPN) which is petri-net to have time factor. The example scenario illustrates the effectiveness of the Timed Petri-net model and our proposed algorithm improves average 4~6% than traditional in the accuracy and reliability of prediction.

I. 서 론

상황인지란 사용자가 처해진 상황을 인지하여 그 사용자에게 보다 능동적이고 유용한 서비스를 제공하는 것을 말한다. 디지털 시대로의 변화에 따라 유비쿼터스 환경이 구축되고 있고 핵심적인 기술인 상황인식에 대한 많은 연구가 이뤄지고 있다[1-3].

상황인지를 구현하기 위해서는 상황정보를 수집하는 감지기술, 모델링 기술과 서비스 구조 기술, 추론 및 예측기술이 필요하다. 그 중에서 추론 및 예측 기

* 연세대학교 전기전자공학과 디지털정보처리 연구실(bs.park@yonsei.ac.kr, hbkim@yonsei.ac.kr)
논문번호 : KICS2010-12-584, 접수일자 : 2010년 12월 3일, 최종논문접수일자 : 2011년 1월 27일

술은 다양한 상황정보 데이터를 융합하여 상위 상황 정보를 유도하기 위한 확률적인 메커니즘을 제공하는 기술을 말한다. 즉 계층적 상황정보를 기반으로 지능적인 추론 및 예측 방안을 제시해 사용자에게 상황에 맞는 최적의 서비스를 제공하는데 목적을 두고 있다. 지금까지 학계에서는 상황인지를 위한 추론 및 예측을 위한 다양한 방면으로 알고리즘이 연구되어져왔다. 마르코프 과정, 뉴럴 네트워크, 베이시안 네트워크 등이 그 예인데 실제 구현의 어려움과 실시간 환경에서 트레이닝 데이터 처리에서 오는 시간 지연 문제를 한계점으로 갖고 있다[1,4-5].

이러한 문제를 해결하기위해 연구되어지고 있는 순차적 매칭 알고리즘은 다양한 센서를 통해 얻어진 상황 패턴을 데이터베이스와 매칭해서 다음 상황을 예측하는 사용자의 습관이나 행동양식을 고려한 알고리즘이지만, 이 또한 일련의 패턴을 데이터베이스의 처음부터 끝까지 비교해나가면서 매칭이 된 패턴을 카운팅하는 방법을 취했기 때문에 상대적으로 처리시간이 길고 예외적인 상황을 처리하지 못한다는 문제점을 갖고 있다[6]. 또한, 캐쉬를 사용하는 방법(자주 사용하는 패턴을 먼저 비교하고, 없을 경우 전체 패턴을 비교하는 방법)을 연구하고 있지만 이 역시 시간을 배제한 사용자의 위치만을 정보로 활용한다는 점에서 한계가 있다[7].

따라서 본 논문은 기존 연구 단점을 해결하기 위해 요일, 시간 팩터를 추가로 고려해 정확도가 향상시킬 수 있는 지능형 순차적 매칭 알고리즘(ISMA)과 그에 따른 모델링 기법을 제안한다. 기존의 대다수의 연구가 알고리즘제안에서 끝났던 것에 비해 본 연구는 시간 요소를 추가한 시간 페트리 넷을 이용해 모델링을 통하여 유효성을 입증한다. 페트리 넷은 동시성(concurrency)과 병렬성 측면(parall- elism)에서 효과적인 시스템 모델링 방법으로 하드웨어나 소프트웨어 뿐만 아니라 인간 행동(human behavior)에 대해서도 모델링이 가능하다[8-9].

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기반 기술연구로 상황인지와 페트리 넷의 개념을 살펴본다. 3장에서 시간과 예외적인 상황이 고려된 순차적 매칭 알고리즘을 제안하고, 시간 페트리 넷을 이용한 모델을 구축한다. 4장에서는 본 연구의 타당성을 증명하기 위하여 사례시나리오 제안하고, 유효성을 입증한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 내린다.

Ⅱ. 관련연구

본 장에서는 상황인지(Context-aware)의 정의와 기본적인 개념, 기술동향에 대해 알아보고, 본 논문의 모델링 도구인 시간 페트리 넷(TPN)의 기본이 되는 페트리넷 (PN)을 알아본다.

2.1 상황인지 및 상황인지 컴퓨팅

상황인지란 특정 실체의 상황(context)를 인지(aware)하여 그 실체에게 맞는 최적의 서비스를 제공하는 개념이라고 볼 수 있다. 상황에 대한 정의는 지금까지 다양한 개념으로 제시되었다. Schilit의 경우 상황은 '위치'를 의미하는 것으로 근접한 사물의 확인 및 이러한 실체에 대한 변화라고 정의 하였다[9]. 또 Schilit는 상황의 중요한 측면으로 '어디에 존재하고 누구와 함께 있으며, 주변에 무슨 자원이 있는지'를 상황으로 정의하였고, Pascoe는 상황을 '특정 관심이 가는 실체의 물리적 개념적 상태의 부분집합'으로 정의하였다[10-11]. 이와 같이 상황에 대한 개념적인 접근이 조금씩 상이하긴 하지만 공통적으로 본질적인 정의는 '실세계(Real World)에 존재하는 실체(Entitiy)의 상태를 특징화하여 정의하는 정보' 라고 할 수 있다

상황은 실세계에 존재하는 실체의 상태를 특징화하여 정의 할 수 있으며, 상황인지는 이러한 상황 정보가 상호 작용하여 인간의 현재 상황을 특성화 할 수 있는 기술적 방법을 의미한다. 실세계의 상태를 표현하는 것은 정보의 표현 및 지식 표현과 관련되며, 상황인식 컴퓨팅은 이러한 지식 표현 방법에서 출발한다고 할 수 있다[8].

상황인식 컴퓨팅은 1994년 Schilit와 Theimer에 의하여 최초로 논의된 바 있다. 그 당시 상황인식 컴퓨팅을 '사용 장소, 주변 사람과 물체의 집합에 따라 적응적이며, 동시에 시간이 경과되면서 이러한 대상의 변화까지 수용할 수 있는 소프트웨어'로 정의하였다. 이후 상황인식 컴퓨팅을 정의하고자 여러 차례 시도하였으나 대부분의 경우, 지나치게 특정적이었다. 최근에 개선된 상황인식 컴퓨팅의 정의는 "사용자의 작업과 관련 있는 적절한 정보 또는 서비스를 사용자에게 제공하는 과정에서 '상황'을 사용하는 경우 이를 상황인식 시스템"이라고 할 수 있다.

2.2 페트리 넷

페트리 넷 (Petri-Net : PN)은 분산 시스템을 설명하고 분석하기 위한 수학적인 모델이다. 페트리 넷은 시스템의 정확성을 측정하기 위한 여러 가지 정보의 흐름과 기본적 특징들을 분석하기 위해 쓰인다. 페트리 넷은 장소, 변이, 아크로 이루어져 있다[9]. 두 장소(place)가 주어졌을 때(i 와 j) i와 j 를 있는 곡선은

변이 i에서 나가 j 로 들어올 것임을 의미한다. 실행 과정에서 입력 혹은 다른 시스템의 규칙에 따라 나타날 수 있는 데이터는 토큰이나 점으로서 표기된다. 예를 들자면 키보드 자판의 'a' 키를 누르면 그에 상응하는 토큰이 키보드에 전달되는 것이다. 이러한 전달은 각각의 입력 장소들의 '토큰'을 가지고 있을 때만 '발사'될 수 있다. 변이가 '발사' 되었을 때 토큰이 각각의 입력 장소에서 상응하는 출력 장소로 전송된다. 페트리 넷의 '토큰'은 이러한 토큰들이 시스템 상에서 어떻게 분포하여 있는지를 보여준다.

사용자의 요구에 맞게 최적의 서비스를 제공하기 위한 상황인지는 페트리 넷을 통하여 설명할 수 있다. 페트리 넷은 분산 시스템을 설명하고 분석하기 위한 수학적인 모델이다. 분산 시스템을 모델링하는 시각적 툴로서, 페트리 넷은 기존의 방법과 비교해 몇 가지 장점이 있다. 한 가지 예로 페트리 넷은 규칙을 규정하고, Flow chart, 그리고 Finite State Machine (FSM)의 형태로 에이전트들의 행동을 정의 할 수 있다. 페트리 넷은 정지 구조와 정보의 흐름, 충족된 조건, 그리고 다른 상태·조건으로의 이행간의 의존관계(흐름, 순서, 충돌하는 요구사항 등)를 확실하게 보일 수 있다[9]. 그 중 객체 기반으로 페트리 넷을 확장한 G-Net은 페트리 넷의 연장선으로 볼 수 있으며, 독립적이고 각각의 의존성을 느슨하게 짝지어진 모듈로 규정된다[8-9].

Ⅲ. 시간 페트리 넷을 이용한 지능형 순차 매칭 알고리즘 디자인

본 장에서는 기존의 예측 알고리즘과는 다르게 데이터베이스를 요일별, 시간별로 나누어 저장한다. 또한 요일별, 시간별 사용자의 일련의 위치 정보를 감지 및 수집하여 이것을 기존의 데이터와 비교함으로써 다음 사용자의 상황을 예측하는 지능형 순차적 매칭 알고리즘(ISMA)을 제시하고 시간 페트리 넷(TPN)을 이용해서 모델링한다. 예측 오발생 가능성을 최소화하기 위해, 각 장소마다 사용자가 머문 시간을 측정해서 일정시간 이하로 머물었을 때는 무의미한 행동으로 인식하고 해당 요소를 삭제함으로 써 예측정확도를 향상시킨다.

3.1 지능형 순차적 매칭 알고리즘 (ISMA)

기본적으로 순차적 매칭 알고리즘은 센서를 통해 얻은 과거의 사용자 상황정보를 축적한 히스토리를 기반으로 한다[1,6]. 사용자가 위치한 공간이 바뀔 때마다 감지하여 그 정보를 저장하고 축적함으로써 알고리즘의 데이터베이스가 된다. 기존의 순차적 매칭 알고리즘이 매 번 전체 데이터베이스와의 매칭을 필요로 했던 단점을 피하기 위해서 우리가 제안한 알고리즘은 요일별로 데이터베이스를 나누고 이를 각 요일별로 오전, 오후로 나누어서 데이터를 저장한다. 제안된 알고리즘은 그림 1에 표현하였다.

규칙1 : 매칭 사이즈는 기존의 연구를 통하여 가장 적합하다고 하는 사이즈 3으로 설정한다. 규칙2 : 오전, 오후의 시간대를 구별하기 위해 스타팅 포인트를 지정한다. 규칙2-1 : 오전의 경우는 사용자마다 각자의 방에서 기상을 하기 때문에 각자의 방을 포인트로 갖는다. 규칙2-2 : 오후 상황에는 사용자가 출근했다가 돌아오는 경우로 가정해서 현관 출입구를 스타팅 포인트로 잡는다. 오전의 경우는 각자의 방에서부터 사용자의 위치 변화에 따른 세 군데의 위치를 센싱한 후, 데이터베이스와의 매칭을 시작하게 된다. 오후의 경우에는 사용자가 현관에 들어온 후부터의 세 군데의 위치를 센싱한 후, 데이터베이스와 매칭을 시작한다. 규칙3 : 3개의 정보가 순서대로 정확하게 매칭이 되면 데이터베이스의 다음 순서 데이터가 사용자의 다음위치로 추론된다. 요일, 시간별로 데이터베이스를 구분함으로써 상황을 세분화할 수 있고, 일치할 확률이 낮은 다른 요일, 시간과의 매칭하는 시간을 절약할 수 있다. 이 알고리즘에서는 세 군데의 위치를 센싱한 후 해당되는 요일과 시간대의 데이터베이스에 매칭해서 일치하면 데이터베이스의 다음 정보를 예측되는 상황정보로 한다. 하지만 예측 시 오류가 발생하는 경우가 있을 수 있다. 여기서는 이와 같은 오류에 대처하는 방법을 제시한다. 규칙 4: 예측 오류 발생 시 오류로 판명된 위치를 포함한 최근의 세 개의 정보를 갖고 다른 요일의 동시간대에서 매칭을 시도한다. 이후에 매칭되는 패턴이 있으면 해당 요일로 넘어가서 순차적 매칭을 계속 수행한다.

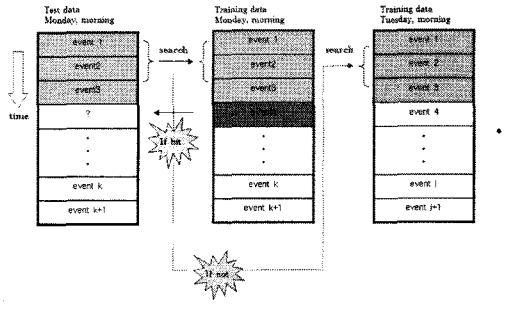


그림 1. 지능형 순차적 매칭 알고리즘의 개념도

3.2 시간 페트리 넷을 이용한 지능형 순차적 매칭 알고리즘 설계

다음 패턴을 인식하기 위한 연속적인 매칭에 있어서 다음 위치를 예측하기 위한 가장 중요한 정보는 사용자의 최근의 위치정보이다. 최근 3번의 위치정보를 바탕으로 데이터베이스와 매칭을 하기 때문에 사용자의 사소한 위치변화가 다음 위치 예측에 영향을 끼쳐 전혀 다른 결과를 가져올 수 있다. 따라서 우리는 사용자의 위치변화를 모델링할 수는 있는 기존의 페트리 넷(PN)을 확장한 시간 페트리 넷(TPN)을 사용하여, 그 위치에 머무는 시간까지 고려하여 기존의 문제점을 해결한다. 시간 페트리 넷 모델링 기법은 사용자가 특정한 위치에 머무는 시간을 상황인식 정보 고려할 수 있게 해준다. 그 모델링 기법으로 제안한 알고리즘의 유효성을 증명하기 위해 시간 페트리 넷 설계 요소는 아래와 같다.

$TPN=(P,T,D,\tau,\alpha,\lambda)$

$P=\{p_1,p_2,...,p_n\}$ 장소들의 유한 집합

$T=\{t_1,t_2,...,t_n\}$ 변이들의 유한 집합

$D=\{d_1,d_2,...,d_n\}$ 처리해야 할 과제들의 유한 집합

$P\cap T\cap D=\varnothing, |P|=|D|$,

τ : $P\rightarrow[0,1]$ 플레이스로부터 토큰까지의 연관성을 나타내는 함수

α : 장소에서의 존속기간

λ : 발사시간의 임계 값

시간 페트리 넷 모델을 상황인식에 적용하기 위해 α,λ값을 고려한다. 최근 지나온 세 위치에서의 토큰 값을 데이터베이스의 값과 비교해서 다음 상황을 파악해 서비스를 제공 하는 것이다. 하지만 각 장소에 주어진 λ값 이전에 사용자가 또다시 이동을 하면 그 장소는 유효하지 않은 정보 때문에 그 장소로 토큰을 넘기지 않고 이전 장소에서 토큰을 계속해서 가지고 있게 된다. α가 λ보다 큰 값을 갖게 되었을 때, 유효한 정보로 인식을 하고 다음 장소로 토큰을 발사시킨다. 따라서 조건을 만족하는 이전 장소에서만 다음 장소로 발사될 수 있으므로 단순 곱셈 규칙을 따른다.

규칙 : IF d_j THEN d_k

이 경우의 규칙에 의해서 적용될 장소(방, 거실, 화장실, 주방 등)에 시간 페트리 넷으로 모델링 하는 방식은 그림 3과 같다. 어느 장소에 토큰이 위치하더라

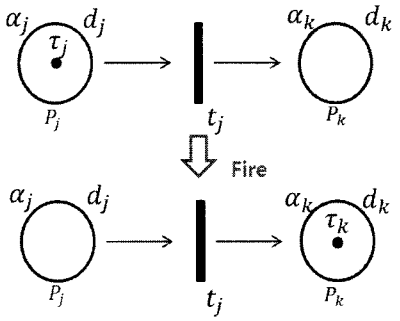


그림 2. 기본적인 페트리 넷 진행 규칙

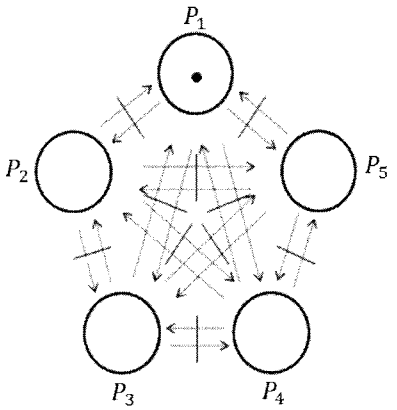


그림 3. 시간 페트리 넷이 적용된 장소

도 토큰 발사 조건이 만족되면 규칙에 의해서 다음 장소로 발사되는 것이다.

지능형 순차적 매칭 알고리즘은 각각의 장소에 배치된 센서에서 사용자의 위치를 감지하는 것으로부터 시작된다. 최근 사용자가 이동한 위치 세 곳을 연속적으로 인식한 후, 해당 요일-시간대의 데이터베이스에 저장되어 있는 각각의 토큰 값으로 매칭 한다. 감지를 통해 인식한 연속 장소가 a, b, c 순서였고 데이터베이스에 저장된 장소가 a, b, c, d 순서 였다면, 위치 흐름이 모두 일치한 경우이므로, 사용자가 이동할 다음 장소는 해당 데이터베이스의 다음 단계 d로 사용자가 움직일 것을 알 수 있게 되는 것이다. 이 때 c에서의 α 값이 장소에 주어진 λ보다 큰 경우에만 다음 장소로 발사된다. 다음 과정은 앞에서의 마지막 세 곳의 장소 정보를 가지고 위의 매칭 과정을 반복하게 된다. 결국, 이 경우에는 b, c, d를 연속 정보로 갖고 매칭을 시도한다. 시간 페트리 넷을 이용한 상황인식 모델은 그림 4에 표현되어있다. 따라서 이 감지된 정보를 갖고 지정된 장소 사이에 반복 수행을 하여 예측 하는

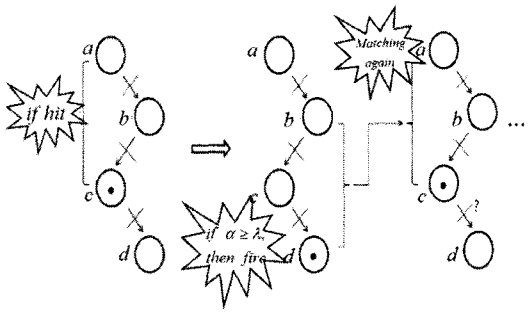


그림 4. 시간 페트리 넷을 사용한 연속적인 매칭 알고리즘

것이다.

3.3 제안된 지능형 순차적 매칭 모델링

본 연구에서는 제안된 알고리즘의 맞게 모델링하기 위해 한 명의 사용자를 대상으로 한정 한다. 이는 다른 사용자들의 패턴으로 인한 상황인식 충돌을 고려하지 않게 해주기 위함이다. 사용자는 각 요일별로 오전, 오후의 패턴을 갖고 있고, 이 패턴 정보는 데이터베이스에 저장되어있다. 또한 이 알고리즘은 사용자의 시작 지점을 기준으로 세 곳의 장소 정보를 받는 과정이 필요하다. 이 과정이 있은 후에야 데이터베이스와의 매칭을 제안한 알고리즘을 기반으로 시행할 수 있다. 다음 예에서는 제안된 알고리즘과 시간 페트리 넷을 실제 생활에서의 사용자의 상황인식에 적용할 수 있음을 보인다.

1) 사용자 수 : 1명
2) 장소 수 : 5곳 (방,(r), 거실(l), 부엌(k), 현관(e), 화장실(b))
3) 나눠진 패턴 : 월, 화, 수, 목, 금, 주말 각각 오전과 오후

사용자는 각각 요일 별로 일정한 패턴을 갖고 있으

표 1. 사용자 행동 패턴(평일, 주말)

요일	오전 사용자 패턴	오후 사용자 패턴
월	r → k → l → b → r → e	e → r → b → k → l → r
화	r → b → r → e	e → r → b → k → r
수	r → k → r → b → r → e	e → r → l → r → l → r
목	r → k → l → r → b → r → e	e → r → b → r → l → r
금	r → k → l → r → b → r → k → e	e → r → l → r → l → r
주말	r → k → l → b → r → l → k	k → r → b → l → r → k → b → r

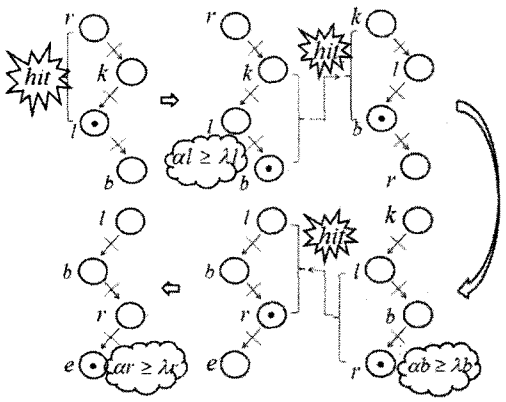


그림 5. 연속적인 매칭 알고리즘 수행

며, 그 패턴은 표 1과 같다. 사용자가 데이터베이스에 저장된 패턴대로 움직였을 경우에는 알고리즘대로 상황인식을 할 수 있다. 하지만 패턴대로 움직이지 않아서, 오류가 발생했을 경우는 그 오류를 처리할 수 있는 방법이 있어야만 한다.

오류 발생시 처리방법의 핵심은 기존의 데이터베이스에 일치되는 정보를 검색하는 것이다. 사용자가 월요일 오전에 데이터베이스에 저장된 패턴이 아닌 r → k → l → r → b→ r →e 의 패턴으로 움직일 경우를 생각해보자. r → k → l을 처음에 받은 정보로 해서 다음 패턴으로 화장실을 예측하지만, 실제로는 방이기 때문에 오류가 발생한다. 이 경우 먼저 데이터베이스에 다른 요일이지만 같은 시간대 혹은 그날의 다른 시간대에 이와 같은 패턴이 있는 확인하고 있다면 그 패턴에 맞게 상황인지를 한다.

결국, 본 제안된 알고리즘과 모델링은 시간과 요일 요소를 부가적으로 고려하기 때문에, 예측 오류가 났더라도 손쉽게 복원할 확률이 높아지는 것이다.

하지만 학습된 데이터베이스에 저장된 정보와 매칭이 되는 것이 없다면, 사용자가 상황인지 서비스를 제공할 수 없는 예측하지 못한 행동을 한 것이다. 이와 같은 상황이 발생했을 경우, 먼저 사용자가 한 장소에 머문 시간을 기준으로 상황의 유효 또는 무효성을 판단한다. 사용자가 한 장소에 일정시간 이하로 머문 경우에는, 그 상황에 대한 서비스를 사용자에게 제공하지 않아도 되기 때문에 토큰을 발사시키지 않는다. 예를 들어 월요일 오전에 사용자가 r → k → l → b → r → e 패턴으로 움직이는데, r → k → l 후에 짧은 시간 동안 패턴에서 벗어나 r을 잠시 들른 후 원래 패턴인 b → r → e로 돌아오는 경우를 생각해보자. 이 경우 r → k → l 이후의 실제 사용자 위치가 r인데 b로 상황인식을 하는 오류가 발생하게 된다. 하지만 r

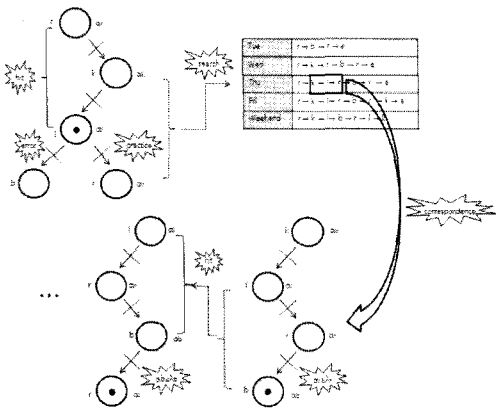


그림 6. 에러 발생시 연속적인 매칭 알고리즘 수행방식

에 주어진 보다 사용자가 머문 시간인 값이 기준시간보다 작으므로 의미 없는 행위패턴으로 인식하고 사용자가 다시 이동한 b가 포함된 최근의 세 군데 k → l → b를 갖고 상황인식을 다시 시도하게 된다.

본 장에서 제안한 알고리즘과 시간 페트리 넷으로 설계한 모델을 가정환경으로 확장하여 4장에서 그 유효성을 검증한다.

Ⅳ. 지능형 순차적 매칭 알고리즘 시뮬레이션

본 장에서는 3장에서 제안한 지능형 순차적 매칭 알고리즘과 모델링 방안이 실질적으로 예측정확도 면에서 기존의 알고리즘들을 이용한 사용자 추적 알고리즘에 비해 어느 정도의 성능향상을 갖는지에 대한 평가를 수행한다.

4.1 데이터 추출과정

AILTB는 독일의 Augsburg 대학에서 상황 예측의 연구목적으로 만들어졌다. 상황예측 시 이동기록 데이터의 부족으로 인해 성능평가에 어려움을 느껴 실제 상황인지 환경을 구축해 이동기록을 DB에 저장한 후 이를 기반으로 성능평가를 수행한 것이다. 데이터의 추출 과정은 다음과 같다. 4명의 다른 사용자가 각각

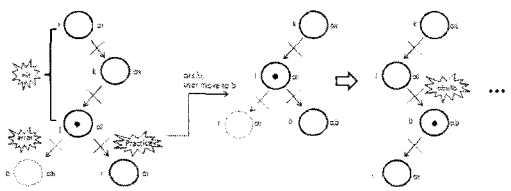


그림 7. α와 λ 적용 순차적 매칭 알고리즘 수행

PDA를 들고 다닌다. 이들이 소지한 PDA에는 그들이 위치한 건물 한 층의 섹터 배치도가 GUI로 표현되어 있고 각 사용자들은 특정 섹터에 들어갔을 때 PDA위의 해당 구역을 클릭한다. 그러면 누가, 언제, 어디에 있는지에 대한 상황정보가 PDA에 저장이 된다. 해당 층의 섹터 배치도는 그림 8과 같다.

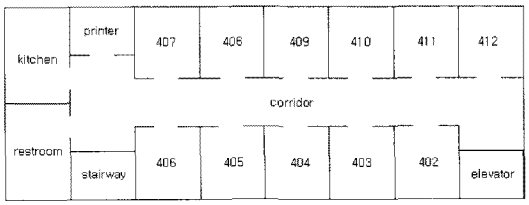


그림 8. 섹터 배치도

4.2 데이터의 내부구조

데이터 추출을 위한 실험은 시뮬레이션의 신뢰도를 높이기 위해 네 명의 연구원(A,B,C,D)에 의해 여름과 가을 두 차례에 걸쳐 수행되었다. 즉 피 실험자를 다수로 두고 실험 시기 역시 계절별로 다르게 하여 알고리즘 예측정확도의 신뢰도를 높였다. 각 피 실험자의 상황정보가 담긴 파일은 다음과 같은 데이터 포맷(data format)으로 이루어져 있다.

yyyy . mm . dd . hh . ss ; location ; person ; timestamp

즉 피 실험자가 특정 섹터에 들어갈 때마다 상황정보는 위와 같은 포맷으로 PDA에 저장이 된다. 첫 번째 상황정보는 시간정보로서 피 실험자가 어떤 섹터에 액세스한 년, 월, 날, 시간, 초를 말한다. 두 번째 상황정보는 본 논문의 시뮬레이션의 기반이 된 위치정보로서 피 실험자가 액세스한 섹터를 말해준다. 다음은 액세스한 피 실험자의 ID이고 마지막으로 timestamp는 머신 포맷(machine format)으로 1970년 1월 1일부터 액세스한 시점까지를 밀리세컨드로 표현한 정보이다. 본 논문에서는 위의 상황정보 중 시간정보와 위치정보만을 사용하여 시뮬레이션을 수행 하였다. 각 섹터에 대한 정보와 이들이 실제 시뮬레이션에 매칭 되는 방식은 표 2에 표현하였다. 각각의 알고리즘을 적용하여 데이터베이와의 매칭 및 예측 정확도를 측정하여 표 3에 결과 값을 나타냈다.

4.3 시뮬레이션 수행결과

제안된 지능적 순차적 매칭 알고리즘과 기존 알고

표 2. 각 섹터 정보

Location	Zone	Description
402	i	Office of person A and B
403	o	Office of person D
404	j	Secretary
405	p	Room P
406	c	Room C
407	n	Room N
408	d	Room D
409	m	Meeting room
410	a	Room A
411	l	Room L
412	h	Office of person C
corridor	k	Corridor
printer	b	Printer
kitchen	g	Kitchen
restroom	f	Restroom
away	e	The person is away

표 3. 제안된 알고리즘과 타 알고리즘과의 비교

Prediction Algorithm / Person Type	A	B	C	D	Avg.
Elmanet	91.07	78.88	69.92	78.83	79.68
MLP	87.39	75.66	68.68	74.06	76.45
Bayesian Network	85.58	86.54	86.77	69.78	82.17
State predictor	84.39	80.35	75.17	76.42	77.48
Markov	90.18	78.97	75.17	78.05	80.59
Sequential matching	81.71	80.04	72.04	78.45	78.15
Intelligent Sequential Matching	84.45	85.37	77.79	81.23	82.21

리즘과 Neural Network, Bayesian network, State predictor, Markov predictor, Seque- ntial Matching의 예측 정확도 면에서의 비교 및 성능평가이다. 시뮬레이터를 통하여 네 명의 사람으로 나누어 1000번 수행시킨 결과는 표 3에서와 같이 제안된 알고리즘과 타 알고리즘과의 예측정확도 측면에서의 성능평가 비교결과를 보여준다. 제안된 지능형 순차적 매칭 알고리즘(ISMA)은 동일한 실험조건 아래 타 알고리즘과 비교했을 때 거의 비슷한 성능을 보여준다. 특히 신경망 계열의 MLP 알고리즘 보다 5.25% 더 향상된 것을 볼 수 있다. 하지만 Bayesian network와 Markov predictor와 비슷한 성능을 보이지만, 이 두 알고리즘은 실제 적용 부분에 있어 이론적인 가정이 필요하다. 따라서 실제적인 적용이 어렵고, 모든 경우의 수를 고려하는 방식이기에 데이터와 복잡도가 증가하면 타 알고리즘에 비해 수행시간이 증가 할 수밖에 없는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서 제안된 알고리즘이 우수하다는 것을 알 수 있다. 따라서 지능형 순차적 매칭 알고리즘은 3장에서의 모델링과 시뮬레이션 결과를 통하여 실제 적용 가능성의 향상과 예측 정확도 향상에 기여하였다. 또한 각 요일, 시간별로 상황인식을 세분화해서 할 수 있으며 정확성을 높이기 위한 오류처리에 대한 새로운 방안을 제안하였다.

V. 결 론

스마트 홈 환경에서의 상황인식 서비스를 제공하기 위한 많은 연구들이 이루어져 왔지만 대부분이 사용자위치와 물리적 정보를 주로 이용한 방법이며 단순히 알고리즘을 제안하는데 그치고 있다. 이에 반하여 본 논문에서는 특정 상황인지 환경에서의 사용자 위치예측 시 기존의 알고리즘 보다 예측 정확도에서 더 향상된 성능을 가지는 지능형 순차적 매칭 알고리즘을 제안하였다. 결과, 시나리오 평가에서 나타낸 것과 같이 평균 4~6%의 성능 향상을 얻을 수 있었다. 또한 시간 페트리 넷 모델링을 이용해 제안한 지능형 순차적 매칭 알고리즘이 실제 상황인식에 적용될 수 있음을 보이고 증명하였다.

아직까지 한명 이상의 사용자가 있을 경우의 서로간의 상호간섭 부분을 고려하기가 쉽지 않기 때문에 상황인식 충돌문제는 추후에 연구되어야 할 과제이다. 또한 다수의 사용자의 패턴을 예측하기 위해서는 정확하면서도 간결한 알고리즘 및 모델링이 요구되어지기 때문에 연속된 패턴을 사용하는데 있어서 최적의 크기 연구 또한 필요하다. 이에 따라 물리적 정보와 사용자 위치 이외에 시간정보를 활용하는 본 연구는 다양한 방법으로 응용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김용훈, "An Inhabitant Location Prediction Algorithm in a Context Aware Environment", *University of Yonsei*, 2006년 6월

[2] 임신영, 허재두, 박광로, 김채규, "상황인식 컴퓨팅 기술 동향", *주간기술동향통권 1142호 정보통신연구진흥원*, 2004년 4월

[3] Ju Hyun Lee, Hyun Soo Lee, "Developing a Context-Aware Inference Model for Ubiquitous Housing Environments" *Journal of Architectural Institute of Korea*, October 2008

[4] E. Behrends, "Introduction to Markov Chains", *Advanced Lectures in Mathematics View*

eg, 1999

[5] F.V.Jensen, "An Introduction to Bayesian Networks", *UCL Press*, 1996

[6] 손병희, 김용훈, 김학배, "Flexible Window 기법을 이용한 위치 예측 알고리즘 설계", *한국통신학회논문지*, 2007년 6월

[7] 손병희, 김상희, 김학배, " 캐시 기법을 이용한 위치 예측 알고리즘 설계", *한국통신학회논문지*, 2007년 6월

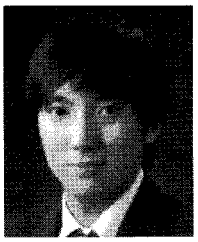
[8] Jung-mo Yoon, "Timed Fuzzy Petri Net Model for Fuzzy Control Model", *Journal of Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol.34-C, No.5, May 1997

[9] T. Murata, "Petri nets: Properties, analysis, and applications," *Proc. IEEE*, Vol.77, No.4, pp.541-580, Apr. 1989.

[10] Jason Pascoe, "The Stick-e note architecture : Extending the interface beyond the user," *International Conference on Intelligent User Interfaces*, ACM Press. pp.261-264, Orlando, FL, January 1997.

[11] R.Want, B.N.Schilit, N.I.Adams, R.Gold, K. Petersen, D.Goldberg, J.R. Ellis, and M. Weiser, "The ParcTab Ubiquitous Computing Experiment," *Mobile Computing, chapter2, Kluwer Academic Publishers*, 1996.

박 병 성 (Byungsung Park) 정회원



2005년 2월 연세대학교 전기전자공학부(학사)

2007년 2월 연세대학교 전기전자공학과(공학석사)

2007~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

<관심분야> 홈 네트워크, 상황인지, 페트리 넷 모델링, 유비쿼터스

김 학 배 (Hagbae Kim) 정회원

1988년 2월 서울대학교 전자공학과(학사)

1990년 2월 미국미시간대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)

1994년 2월 미국미시간대학교 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)

1996~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야> 실시간 시스템, 홈 네트워크, 유비쿼터스, 고장포용 및 신뢰도 평가분야