

# 스마트 폰 기반 계층적 모바일 컨텍스트 모델 및 사용자 상황 추론 기법<sup>†</sup>

(A Hierarchical Mobile Context Model and User Context Inference Methods based on Smart Phones)

이미연<sup>‡</sup>      이정원<sup>§</sup>      박승수<sup>‡</sup>  
(Meeyeon Lee) (Jung-Won Lee) (Seung Soo Park)

**요약** 스마트 폰은 내장된 다양한 센서와 사용자 휴대성/밀착성으로 인해 정보 수집과 지능형 서비스의 적합한 대상으로 주목 받고 있다. 즉, 센서로부터 사용자의 주변 환경 정보뿐만 아니라 스마트 폰의 사용 정보 등을 수집하여 사용자의 현재 상태를 추론할 수 있고, 추론된 상태 정보는 사용자에게 상황 인지 서비스를 제공하기 위한 중요한 근거로 활용될 수 있다. 하지만 제공하고자 하는 서비스에 따라 필요한 상황 정보가 다르기 때문에, 정확한 상황 추론을 위해서는 컨텍스트 모델링 기법이 전제되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 스마트 폰 사용자의 일상생활 상에서의 상황을 추론하기 위한 모바일 컨텍스트 계층 모델을 제안한다. 센서 데이터로부터 추론할 수 있는 상위 컨텍스트를 컨텍스트-행위-상황의 3-계층으로 분류하여 정의하고, 각 단계를 위한 추론 기법을 제시한다. 이 모델을 통해 사용자의 단순 행위 또는 상태가 아니라 일상생활에서의 의미 있는 상황 추론이 가능해질 것이다.

**키워드** 스마트 폰, 상황 추론, 모바일 컨텍스트, 계층 모델

**Abstract** Since smart phones have various embedded sensors and high portability/usability, they have emerged as suitable targets to collect information and to provide intelligent services. That is, with a smart phone, we can collect information about user's circumstances and phone usage from sensors and infer his/her current state which is the significant basis for context-aware services. However, a service system should be founded on a context model to ensure reasonable context-awareness, because context information the system needs depends on its target services. Therefore, in this paper, we propose a hierarchical mobile context model for context inference of smart phone users in their daily life. We classify high-level context which can be draw from sensing data into three levels, Context-Behavior-Situation, and define inference methods for each level. With our mobile context model, we can user's meaningful context in his/her daily life besides simple actions or states.

**Key words** Smart Phone, Context Inference, Mobile Context, Hierarchical Model

## 1. 서론

상황 인지(context awareness)는 일반적으로 유비쿼터스 또는 퍼베이시브 환경에서 개체의 상황을 정의하고 특징지을 수 있는 정보인 컨텍스트를 감지하여 적절한 상황 판단을 하는 기술을 의미한다[1]. 사용자, 환경, 기기와 같은 개체의 변화하는 상태를 인식하고 컴퓨팅 개체가 내장

<sup>†</sup> 본 연구는 지식경제 프론티어 기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천 기술개발사업의 11C3-T3-10M 과제로 지원된 것임.

<sup>‡</sup> 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0005305).

<sup>§</sup> 비 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과  
ailmy@ewhain.net, sspark@ewha.ac.kr

<sup>§</sup> 정 회 원 : 아주대학교 전자공학부  
jungwony@ajou.ac.kr

논문접수 : 2011년 01월 13일

심사완료 : 2011년 02월 25일

되어 있는 환경에서의 지능형 서비스를 결정하는 상황 인지 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅의 가장 중요한 기반 기술이다. 최근에는 스마트 폰의 발달과 대중화로 모바일 환경에서의 상황 인지에 대한 관심과 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 스마트 폰은 별도의 센서를 부착할 필요가 없을 정도로 다양한 센서가 자체 내장되어 있고 사용자들이 항상 휴대하고 능동적으로 사용하기 때문에 데이터 수집에 유용하다. 이러한 장점으로 인해 스마트 폰 상에서의 다양하고 지능화된 서비스에 대한 요구도 증대되고 있다.

그로 인해 스마트 폰을 활용한 상황 인지 및 자동 서비스에 대한 연구와 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 사용자의 위치, 주변 환경의 상태 등을 스마트 폰 센서로 감지하여 사용자의 현재 상태와 행위를 추론하고, 이를 근거로 스마트 폰의 설정을 변경하거나 적합한 콘텐츠를 제공하고자 하는 연구들이다. 하지만 대부분이 목표 서비스의 부재 또는 단순함으로 인해, 추론하고자 하는 컨텍스트가 사용자의 단일 행위로 국한되어 있다는 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 스마트 폰 상의 어플리케이션을 활용한 지능형 서비스 제공을 위한 선행 연구로서, 사용자의 일상생활(daily life) 상에서의 컨텍스트를 모델링하고 추론하기 위한 개념 모델을 정의한다. 일반적으로 컨텍스트를 상위-하위로 구분하는 기존의 컨텍스트 모델과 달리 다중 레벨로 세분화하여 사용자의 상황을 의미 있는 수준으로 정의하고 추론한다.

## 2. 관련 연구

스마트 폰의 등장 초기부터 모바일 컨텍스트 표현 기법과 사용자의 상태 추론에 대한 연구들이 이루어지고 있다. VTT 연구소에서는 다양한 자동

서비스를 위한 모바일 상황 인지 연구를 진행해 오고 있다. 내장 센서 데이터로부터 자동차 운전, 걷기, 축구 게임과 같은 사용자의 상태 및 주요 행동을 파악하기 위한 컨텍스트 표현 방법을 제안하였다. 그림 1과 같이 기본적으로 모바일 컨텍스트에서 필요한 위치, 시간, 환경적인 정보들을 컨텍스트 타입으로 분류하고 각각의 컨텍스트 값, 신뢰도, 속성 등의 정보를 기술하기 위한 온톨로지 구조를 정의하였다. 이를 기반으로, 베이지안 네트워크와 SVM(Support Vector Machine) 등의 데이터 마이닝 기법을 적용하여 상황을 추론하고, 그에 따라 화면 밝기 조절, 글씨 크기 조절과 같은 폰의 기본적인 기능을 자동 조작하는 서비스를 구현하였다[2,3,4].

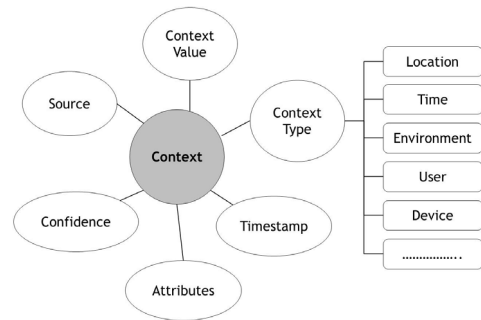


그림 1. VTT의 컨텍스트 모델

스마트 폰 기반의 모바일 컨텍스트를 표현하는 기법을 제안한 대표적인 연구들 중, 사용자의 상태와 프로필을 기반으로 적합한 콘텐츠를 추천하기 위해 사용자의 일정, 선호 항목, 관심 항목 등을 기술하는 모델도 제안되었다[5]. 또한 시간과 사용자의 위치에 따라 사용자의 목표와 역할을 구분하고 그에 맞는 정보를 스마트 폰에서 제공하고자 하는 연구도 진행되었다[6]. 대부분의 기존 모바일 컨텍스트 모델은 공통적으로 위치, 시간, 환경적 정보, 사용자 정보를 포함하고 있지만, 제공하고자 하는 서비스에 따라 범위와 표현 방식에 차이점이 있음을 알 수 있다.

사용자의 현재 상황을 추론하고자 하는 연구들도 최근까지 이루어지고 있는데, UCLA에서는 부동, 걷기, 뛰기, 자전거, 자동차의 5가지 이동 모드를 정확하게 인지하기 위한 다양한 실험 결과를 제시하고 있다[7]. 또한 최근에는 위치 및 장소가 사용자의 상태 또는 행위에 대한 결정적 단서가 된다는 가정을 바탕으로 사용자의 상황을 추론하는 방법도 제안된 바 있다[8]. 하지만 기존의 대부분의 스마트 폰 관련 상황 인지 연구들은 컨텍스트를 상위-하위로 분류하고, 센싱 데이터를 하위 컨텍스트로 간주한다. 상위 컨텍스트는 목표로 하는 서비스를 결정하는 근거가 되는 컨텍스트로, 추론하고자 하는 상황들의 집합이다. 따라서 기존의 컨텍스트 모델이나 추론 방법들은 제공하고자 하는 서비스에 따라 사용자의 행위나 상태를 단일 레벨로 정의하고 인지하기 때문에 본 연구가 목표로 하는 사용자의 일상생활을 표현하는데 한계가 있다.

### 3. 계층적 모바일 컨텍스트 모델

기존의 모바일 컨텍스트 모델링 및 인지 연구들은 추론하고자 하는 상위 컨텍스트를 사용자의 의미적 위치, 주변 환경 상태, 사용자의 단일 행위로 규정하였다. 본 연구는 사용자의 일상 생활을 추적함으로써 단순 행위 레벨이 아니라 의미 있는 상태를 인지하여 해당 상태에 적합한 서비스를 스마트 폰을 통해 제공하고자 한다. 이를 위해 필요한 지식 베이스로서, 스마트 폰의 센서로부터 수집된 센싱 데이터의 상위 개념인 컨텍스트를 그림 2와 같이 3가지 레벨로 분류한다.

즉, 센싱 데이터와 컨텍스트 개념을 분리하고, 추론하고자 하는 대상의 크기와 추론을 위해 필요한 정보에 따라 컨텍스트를 “컨텍스트(Context)” - “행위(Behavior)” - “상황(Situation)”의 다중 레벨로

세분화한다. 3-계층 컨텍스트 모델에서는 센서를 통해 얻을 수 있는 가공하지 않은 데이터는 컨텍스트에 포함하지 않는다. 각 레벨의 컨텍스트는 하위 단계의 정보의 조합으로 표현 및 추론될 수 있는데 다음 세부 절에서 설명한다.

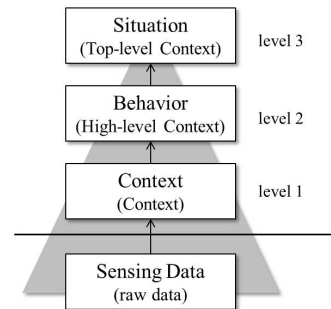


그림 2. 모바일 컨텍스트의 3-계층 모델

본 논문에서는 센싱 데이터의 수집 단계의 자세한 기법은 배제하고 상위 컨텍스트에 초점을 맞춘다.

#### 3.1 레벨 1: 컨텍스트 (Context)

컨텍스트는 “센서를 통해 수집한 1차적인 원시 데이터로부터 간단한 가공을 거쳐 얻을 수 있는 정보”로 정의한다. 고차원적인 기법을 적용하지 않고 대부분 1개의 센서로부터 판단할 수 있는 단계로서, 대부분 사용자의 상태보다는 환경적인 상태가 해당된다. 스마트 폰 센서를 활용하여 사용자의 로그를 수집하고 저장하는데 각 로그 속성 정보를 가공하여 의미적으로 분류하거나 표현한다.

표 1은 사용자 로그 데이터의 구조로, 11개 속성 정보로 구성된다. 이중에서, Location, Site, Speed 등은 센싱된 숫자 데이터가 아니라 의미 있는 정보 형태로 변환하여 저장한다.

컨텍스트를 포함한 로그 데이터는 다음 단계인 사용자의 행위를 추론하는 기반 정보로 활용된다.

표 1. 사용자 로그 데이터 구조

로그 속성	설명	값
Timestamp	발생 시간	yyyy-mm-dd HH:mm:ss
GPS-latitude	위도	(Real)
GPS-longitude	경도	(Real)
Location	의미적 위치	{Home, Office, Home-around, Office-around, Outside}
Site	실내/실외	{inDoor, outDoor}
Speed	실외 이동 속도	{Fast, Normal, Slow}
P_movement	운동량	{High, Medium, Low}
Illuminance	조도 레벨	{High, Medium, Low}
Noise	소음 레벨	{High, Medium, Low}
Mode	폰의 상태	{Vibrate, Silent, Normal}
App	실행 중인 어플리케이션	(String)

3.2 레벨 2: 행위 (Behavior)

행위는 “스마트 폰의 센싱 데이터로부터 추론 가능한 범위의 사용자 행동 또는 상태”이다. 사용자의 단일 상태 또는 행동으로서, 1단계 컨텍스트로부터 인지 가능하고, 3단계의 상황 정의에 필요한 기본적인 행위를 추출하여 정의하였다. 예를 들어, 걷기, 운동하기, 앉기, 수면하기 등과 같은 사용자의 행동이 이 단계에 해당하고, 1단계까지 가공된 로그 데이터로부터 추론된다.

기존의 모바일 상황 인지 연구들처럼 베이지안 네트워크, HMM(Hidden Markov Model) 등의 데이터 마이닝 기법을 적용하여 추론할 수 있다. 그림 3은 베이지안 네트워크를 통해 학습된 모델의 예를 도식화하고 있다.

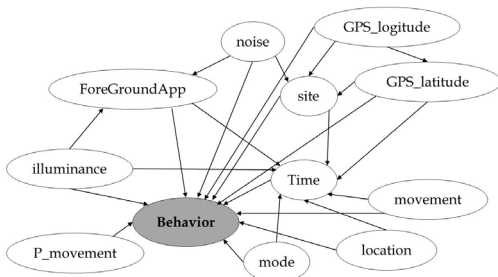


그림 3. 행위 컨텍스트 (2단계) 추론을 위한 베이지안 네트워크의 예

3.3 레벨 3: 상황 (Situation)

본 논문에서 제안한 계층 모델의 최상위 컨텍스트인 상황은 “사용자의 일상생활에서의 주요 일정 또는 상황”으로 정의한다. 즉, 사용자의 단일 행동이 아니라 일련의 다중 행동들과 환경적 요인의 복합적인 조합을 통해 알 수 있는 일정상의 복합 상황이다. 일반적으로 규칙적인 일정으로 표현할 수 있는 회사원의 일상생활을 사례 연구로 선정하여 기상, 출근, 업무 등의 상황을 정의하였다. 또한, 그림 4와 같이, 사용자의 일상생활은 배타적으로 분리되지 않고 연속적이기 때문에 상황들의 시간적인 연속성을 반영하기 위해 각 상황(S<sub>i</sub>)을 해당 상황의 완료 정도에 따라 과거(p), 현재(c), 미래(f)의 3가지 시점으로 모델링하였다.

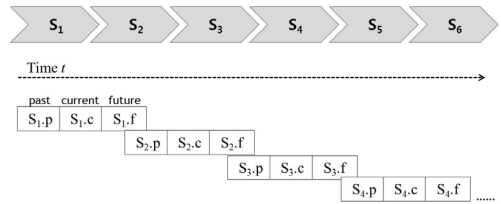


그림 4. 상황 모델링

각 상황은 2단계의 행위 컨텍스트인 사용자의 특정 행동 또는 스마트 폰 상에서의 서비스들의 일련의 집합으로부터 판단할 수 있다. 즉, 각 상황은 사용자의 행동 패턴으로 표현할 수 있다. 사용자의 행동 패턴을 추출하기 위해 로그 데이터에 대한 행위를 추론한 후에 각 로그 데이터를 사용자 행동 아이템(User Behavior Item)으로 표현한다. 사용자 행동 아이템(I)은 다음과 같이 로그 데이터의 11개 속성과 행위를 상황 결정에 중요한 요인이 되는 4개의 속성으로 축소한 형태로 표현한다.

$$I = \{Time, Space, Behavior, App\}$$

- Time: 주중/주말여부와시간정보
- Space: 로그데이터의 location 속성정보
- Behavior: 추론된2단계 컨텍스트정보
- App: 로그데이터의 App속성정보

다음 단계로, 변형된 형태인 아이템들을 시간적 순서로 그룹화하여 사용자 행동 시퀀스(User Behavior Sequence; Se)를 생성한다.

$$Se = \left\{ \begin{array}{l} I_i, I_j, \dots, I_k \\ | I_i.Time < I_j.Time < I_k.Time \end{array} \right\}$$

연속적으로 발생하는 아이템들을 시퀀스 그룹으로 포함 또는 분할하기 위해 각 상황을 대표하는 행위들을 정의하였다. 즉, 사용자는 특정 상황에서 특정 행위를 한다는 가정을 기반으로, 모바일 컨텍스트 모델의 2 단계인 행위 레벨에 대해 추출한 행위들 중, 각 상황을 구별할 수 있는 행위들을 정의하여 상황-행위 매칭 규칙을 생성하였다. 이 규칙에 따라 발생한 아이템들의 행위 속성이 특정 상황을 대표하는 행위 그룹에 속하는지 여부에 따라 동일 시퀀스에 포함시키거나 분할한다.

이렇게 생성된 시퀀스 중, 순차 패턴 마이닝 기법을 적용하여 발생 빈도가 임의의 지지도(support) 이상인 시퀀스들을 각 상황에 대한 사용자 행동 패턴(User Behavior Pattern)으로 추출한다. 이 패턴들은 사용자 행동 패턴 저장소(User Behavior Pattern Repository)에 저장되고, 이를 기반으로 실시간에 발생하는 사용자의 로그 데이터로부터 최종적으로 상황을 유추할 수 있다. 표 2는 패턴 추출까지의 세부 단계에서 생성되는 데이터들의 예이다.

표 2. 상황 추론 시 생성되는 데이터의 예

데이터	생성 예
사용자 컨텍스트 로그 데이터베이스 레코드	"2011-06-13 08:40:56", 37.5623058, 126.946718733333, Outside, outDoor, Slow, High, High, Low, Vibrate, null, walk
사용자 행동 아이템	(weekday 07:30, Home, -, alarm) (weekday 09:19, Office-around, walk, -)
사용자 행동 시퀀스	{(weekday 07:30, Home, -, alarm), (weekday 07:33, Home, wake-up, -), (weekday 07:37, Home, still, Mail), (weekday 07:56, Home, breakfast, -)}
사용자 행동 패턴	{(weekday 07:30, Home, -, alarm), (weekday 07:33, Home, wake-up, -), (weekday 07:56, Home, breakfast, -)} → (S1.f)

### 4. 상황 추론 시스템

앞서 모델링한 3-계층 컨텍스트 모델의 각 단계의 컨텍스트를 추론하기 위한 시스템을 그림 5와 같이 설계하였다. 사용자의 입장을 파악하여 맞춤형을 향상시키기 위해 사전에 훈련 단계를 거쳐 각 사용자에 대한 행위 추론용 베이지안 네트워크 모델과 상황에 대한 사용자 행동 패턴을 생성한다. 이들을 기반으로 실시간에 발생하는 로그에 대해 상황을 추론할 수 있다.

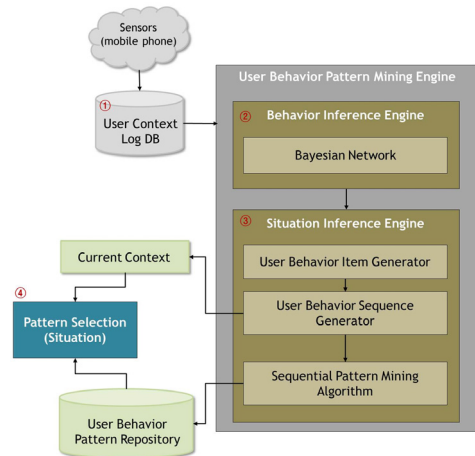


그림 5. 3계층 컨텍스트 모델 기반 추론 시스템 구조

- ① 사용자 컨텍스트 로그 데이터베이스 생성: 센서 데이터를 가공하여 1단계 컨텍스트로 변형하고 데이터베이스에 저장한다.
- ② 행위 추론: 로그 데이터베이스의 각 레코드에 대한 2단계 컨텍스트를 추론한다.
- ③ 상황 추론(패턴 추출): 12개 속성(11개 로그 데이터 + 행위)으로 구성된 각 레코드를 사용자 행동 아이템으로 변형하고 사용자 행동 시퀀스를 생성한다. 높은 지지도를 갖는 시퀀스들을 선별하여 사용자 행동 패턴으로 추출한다.
- ④ 실시간 상황 추론: 실시간에 발생하는 로그들에 대한 사용자 행동 아이템들을 생성하고, 사용자 행동 패턴과 비교하여 현재의 상황을 결정한다.

```

procedure Pattern_Selection (Current_Sequence)
return Situation
begin
  most_similar = null;
  for (P: each pattern in user behavior pattern repository) do
    begin
      Cal_Similarity(Current_Sequence, P); // ①
    end

  most_similar = P with the max similarity score;
  Situation = Situation of most_similar;

  return Situation;

procedure Cal_Similarity (s, p) // ②
return sim
begin
  sim = 0;
  for (s.I: each item in s, p.I: each item in p) do
    begin
      sim = Sim(s.I.T, p.I.T) + Sim(s.I.S, p.I.S) // ②
          + Sim(s.I.B, p.I.B) + Sim(s.I.A, p.I.A);
    end
  return sim;
end

```

그림 6. 실시간 상황 추론 알고리즘

실시간 상황 추론을 위해서는 그림 6과 같은 알고리즘을 사용한다. 실시간의 사용자 행동 시퀀스로부터 현재의 상황을 결정하기 위해서 사용자 행동 패턴 저장소의 모든 패턴들과의 유사성을 분석한다. 이 알고리즘의 핵심 부분은 현재의 시퀀스와 각 패턴의 유사도를 계산하는 부분이다(①). 3.3절에서 설명한 사용자 행동 시퀀스 형태로 표현된 현재 시퀀스와 패턴은 사용자 행동 아이템들로 구성되어 있다. 따라서 포함하고 있는 아이템들 간의 유사도가 두 시퀀스의 유사도를 결정하기 때문에, 아이템을 구성하는 4가지의 속성 값을 비교한다(②). 시간 인접성과 공간 인접성 계산 기법을 사용하여 시간과 공간 속성의 유사도를 계산하고, 행위와 App 속성은 일치 여부를 타진한다. 현재 시퀀스의 상황은 가장 높은 유사도를 갖는 패턴이 대표하는 상황이다.

$$T_j - T_i < \alpha \wedge S_j \approx S_i \Rightarrow \{I_i, I_j\} \in Sc_k$$

$$I_i = (T_i, S_i, B_i, A_i), I_j = (T_j, S_j, B_j, A_j)$$

$$T_i < T_j$$

$$\approx : \text{within a } \beta\text{-radius}$$

이와 같이, 3-계층 컨텍스트 모델은 스마트 폰 센서를 통해 수집된 원시 데이터로부터 사용자의 일정상의 중요 상황을 추론하기 위한 기반이 된다.

## 5. 결론

스마트 폰 기반의 상황 인지와 지능형 서비스에 대한 요구가 증대되면서 다양한 기법들이 개발되고 있지만, 대부분 상위 컨텍스트로서 사용자의 단일 행동을 유추하는데 그치고 있다. 따라서 본 논문에서는 스마트 폰의 어플리케이션 기반 서비스 제공에 적합한 계층적 컨텍스트 모델을 제안한다. 사용자의 일상생활을 상위 레벨로 모델링하기 위해 센싱 데이터와 컨텍스트 개념을 분리하고 컨텍스트를 3가지 단계로 세분화하였다. 특히 최상위 컨텍스트로 “상황” 단계를 두어 사용자의 일정을 추적함으로써 일상 생활을 지원할 수 있도록 하였다. 제안한 다양한 레벨의 상황 모델을 기반으로 사용자의 상황이 판단되면 이를 기반으로 스마트 폰 상에서의 지능형 서비스가 가능할 것이다. 향후에는 제안한 3-계층 컨텍스트 모델을 바탕으로 스마트 폰 서비스 시스템을 개발할 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] M. Perttunen, J. Riekkilä, O. Lassila, “Context Representation and Reasoning in Pervasive Computing: a Review”, International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol.4, No.4, pp.1-28, 2009
- [2] P. Korpipää, J. Mäntyjärvi, “An Ontology for Mobile Device Sensor-Based Context Awareness”, 4th International and Interdisciplinary Conference

on Modeling and Using Context, pp.451-458, 2003

- [3] P. Korpipää, J. Mäntyjärvi, J. Kela, H. Keränen, E.J. Malm, “Managing Context Information in Mobile Devices” , Pervasive Computing, Vol.2, No.3, pp.42-51, 2003
- [4] V. Könönen, J. Mäntyjärvi, H. Similä, J. Pärkkä, M. Ermes, “Automatic feature selection for context recognition in mobile devices” , Pervasive and Mobile Computing, Vol.6, No.2, pp.181-197, 2010
- [5] N. Weisberg, R. Gartmann, A. Voisard, “An Ontology-Based Approach to Personalized Situation-Aware Mobile Service Supply” , Geoinformatica, Vol.10, No.1, pp.55-90, 2006
- [6] Y.L. Chang, “A Dynamic User-Centric Mobile Context Model” , A Thesis of University of Waterloo, 2010
- [7] S. Reddy, M. Mun, J. Burke, D. Estrin, M. Hansen, M. Srivastava, “Using Mobile Phones to Determine Transportation Modes” , ACM Transactions on Sensor Networks, Vol.6, No.2, pp.13:1-13:27, 2010
- [8] H.Y. Noh, J.H. Lee, S.W. Oh, K.S. Hwang, S.B. Cho, “Exploiting indoor location and mobile information for context-awareness service” , Information Processing and Management, 2011

## 저 자 소 개



이 미 연

2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과 졸업(학사).  
2005년 이화여자대학교 컴퓨터학과 졸업(석사).  
2007년~현재 이화여자대학교 컴퓨터공학과 박사과정.

<관심분야> 유비쿼터스 컴퓨팅, 온톨로지, SOA, 인공지능 등



이 정 원

1993년 이화여자대학교 전자계산학과 졸업(학사).  
1995년 이화여자대학교 전자계산학과 졸업(석사).  
1995년~1997년 LG종합기술원 주임연구원.  
2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과 졸업(박사).  
2003년~2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과 BK교수, 전임강사(대우).  
2006년~현재 아주대학교 전자공학부 조교수.

<관심분야> 유비쿼터스 컴퓨팅, SOA, 임베디드 소프트웨어 등



**박 승 수**

1974년 서울대학교 수학과 졸업(학사).

1976년 한국과학기술원 전산학 졸업(석사).

1988년 미국 텍사스대학 전산학 졸업(박사).

1988년~1991년 미국 캔자스대학 컴퓨터학과 조교수.

1991년~현재 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수.

<관심분야> 인공지능, 시맨틱웹, 온톨로지 등