

# 상황인식 서비스를 위한 스마트 모바일 플랫폼

포스텍 | 강준명 · 고탁균 · 서신석 · 성백재\* · John Strassner · 김 중\*\* · 박찬익\*\* · 홍원기\*\*

## 1. 서론

이동통신 및 휴대폰 산업이 급격하게 성장하고, 이를 활용한 다양한 부가서비스들도 활발하게 성장함에 따라 다양한 기능을 제공할 수 있는 스마트폰은 향후 가장 주목받는 기술로 전망되고 있다. 스마트폰이란 기존의 음성통화 중심의 휴대전화 기능에 인터넷을 가능하게 하는 네트워크 기능과 PC와 비슷한 기능을 하는 다양한 응용 프로그램을 실행할 수 있는 차세대 모바일 단말이다. 이를 통해 사용자는 언제 어디서든 음악을 들으며 유용한 응용 프로그램을 이용할 수 있고, 인터넷에 접속하여 정보 검색이 가능하다.

이러한 스마트폰을 필두로 하여 모바일 유비쿼터스 환경을 실현하기 위한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 라틴어를 어원으로 하고 있는 유비쿼터스는 “동시에·어디에나 존재하는”의 의미를 갖는다 [1]. 유비쿼터스 환경에서 언제든 인터넷에 접속이 가능한 스마트폰은 각종 유용한 정보를 실시간으로 이용하여 사용자에게 언제 어디서나 새롭고 편리한 서비스를 제공할 수 있는데, 이러한 서비스를 제공하기 위해 여러 기술이 개발되고 있다. 가장 핵심이 되는 기술 중 하나가 상황인식(Context Awareness) 기술이다. 스마트폰은 서비스를 이용하는 사용자의 요청에 가장 알맞고 유용한 정보를 제공하기 위해 주어진 상황(Context)을 적절히 처리하는 과정이 필요하다. 이렇게 상황을 인지하여 사용자에게 양질의 정보를 제공하는 기술을 상황인식기술이라 한다.

스마트폰이 상황인식을 위해 필요로 하는 상황정보는 사용자가 컴퓨터와 커뮤니케이션을 하는 시점에서 이용될 수 있는 정보를 말하는데, 사용자정보를 비롯하여 시간, 위치, 활동 상태 등 모든 정보를 포함한다 [2]. 상황인식 스마트폰은 이러한 상황데이터를 수집하고 적절한 가공을 통해 상황정보로 변환시켜 해

석, 추론 및 학습 과정을 거쳐 사용자의 상황에 맞는 적절한 서비스를 제공하는 상황인식서비스(Context-aware service)를 가능하게 한다. 이러한 상황인식 스마트폰은 특히 최근 주목받고 있는 유비쿼터스 환경과 부합하여 의료, 교육, 구호, 쇼핑, 개인정보(Privacy) 보호 등 미래사회 전 분야에 걸쳐 적용 될 수 있다.

유비쿼터스 모바일 환경에 대한 연구가 진행되면서 상황인식 서비스를 위해 많은 단말장치와 기술들이 개발되고 있지만 이러한 많은 모바일 단말과 서비스들은 하나로 통합되지 못하고 자신들만의 구조와 인터페이스를 가지고 있어 사용자를 혼란스럽게 한다. 더욱 심각한 것은, 사용자의 기대는 점차 다양해지고 있는 반면에 하나의 모바일 단말에 존재하는 여러 응용 프로그램들끼리도 서로 다른 데이터 모델을 사용하고 있기 때문에, 이런 데이터를 상황정보로 이용하는 상황인식 서비스의 제공이 어렵다는 점이다.

예를 들어, 사용자가 레스토랑을 검색할 때 상황인식 시스템은 사용자의 위치를 파악하여 사용자 근처의 레스토랑을 가까운 순서대로 보여주는 서비스는 이미 널리 이용되고 있다. 하지만 레스토랑 추천 서비스 제공자가 여럿일 경우, 여러 서비스 제공자가 제공하는 정보를 하나의 통합된 형태로 제공받을 수 있는 방법이 현재는 존재하지 않는다. 즉, 동일한 정보를 나타내는 통합된 데이터 모델의 부재로 인하여 사용자는 융합된 서비스를 제공받지 못하고 있으며, 이러한 현상은 앞으로 더욱더 다양해질 모바일 단말과 접속 네트워크, 서비스의 증가에 따라 더욱 심화될 것으로 예측된다.

한편, 상황인식 서비스에서 이용될 수 있는 상황정보들에 대한 보안적인 우려의 목소리도 커지고 있다. 위의 예에서 사용자의 현재 위치 정보가 암호화 되어 있지 않다면 사용자의 위치정보를 그대로 노출시키는 결과를 가져오게 된다. 즉, 근처의 레스토랑을 찾기 위해 자신의 위치정보가 서비스 제공자 측으로 보내지는 시점에서 암호화 되지 않은 정보가 전달되기

\* 학생회원

\*\* 종신회원

때문에 사용자의 위치정보가 노출될 위험이 있다. 위와 같이 사용자의 현재 위치를 상황정보로 이용하는 서비스를 위치기반서비스(Location Based Service)라고 하는데, 이러한 서비스는 현재 많은 보안과 관련된 문제를 가지고 있다[3]. 단순히 오가는 정보를 암호화 하면 해결될 문제가 아니라 상황인식을 통하여 유동적인 정보의 흐름을 고려해야 할 필요가 있다.

또한 아무리 통합적으로 상황인식을 수행하는 구조와 여러 상황정보를 보호하는 매커니즘이 개발되더라도 스마트폰을 직접적으로 구성하고 운용하는 운영체제의 지원이 없다면 무용지물이다. 위의 위치기반서비스의 예에서 위치정보를 유지하기 위한 전력소모가 지나치게 크거나 서비스 요청에 실시간으로 응답할 수 없다면 사용자의 기대에 부합하는 서비스를 제공할 수가 없다. 따라서 원활한 상황인식 서비스의 제공을 위해서는 운영체제의 지원이 필요하다.

효율적인 상황인식서비스를 제공하기 위해서는 앞서 언급한 여러 가지 상황인식데이터의 종합적인 분석과 추론 및 학습 과정의 통합이 필요하며, 민감한 사용자의 개인정보 보호를 위한 보안 기술과 운영체제의 지원이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 효율적인 상황인식 서비스 제공을 위한 스마트 모바일 플랫폼을 설명한다.

## 2. 상황인식 스마트 모바일 플랫폼 (Context-aware Smart Mobile Platform)

그림 1은 상황인식 스마트 모바일 플랫폼의 전체적인 구조를 나타낸다. 현재 상황인식 서비스를 위한 하드웨어 요구사항을 충족하기 위한 기술적 능력은

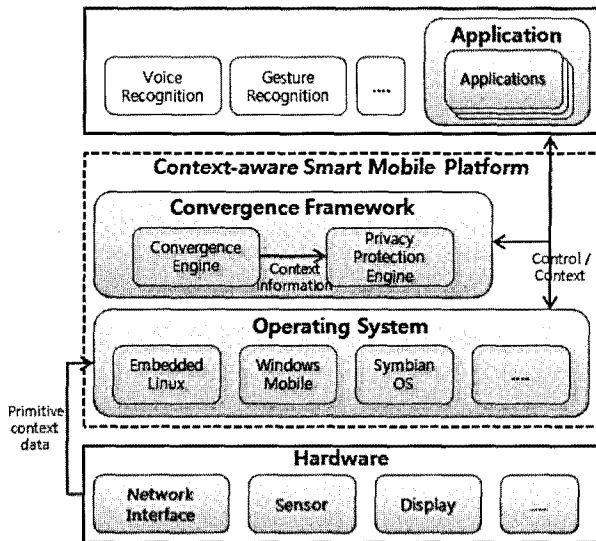


그림 1 상황인식 스마트 모바일 플랫폼 구조

컨버전스 프레임워크와 운영 체제 위에서 동작하는 사용자 인터페이스와 각종 응용 프로그램들은 컨버전스 프레임워크를 통하여 공통된 형태로 제공되는 데이터를 손쉽게 이용 및 변경할 수 있다. 이는 유비쿼터스 컴퓨터에서 제안하는 숨은 관리(Hidden Management)를 실현하는 방안이기도 하다. 만약 컨버전스 프레임워크가 존재하지 않는다면 응용 프로그램은 다른 형태의 상황정보를 참조하기 위해서 각 운영체제별로 다른 형태의 데이터 모델과 인터페이스를 이용해야 하기 때문에 추가적인 시간과 노력이 들고, 프로그램의 복잡도도 증가하게 된다. 또한 안전하고 효율적인 상황인식 서비스를 제공하기 위해 컨버전스 프레임워크는 사용자와 연관된 여러 상황정보들의 노출을 방지하기 위한 개인정보 보호엔진과 연동하여 시스템 정책을 구성하여 상황정보들을 안전하게 이용할 수 있도록 해야 한다. 그리고 다양한 상황정보들을 수집하고 이를 기반으로 적절한 서비스를 실행하기 위해서 운영체제 단계에서 지원되어야 할 요구사항을 만족시켜야 한다.

이어지는 장에서는 상황인식 프레임워크 내 컨버전스 프레임워크와 개인정보보호 기술을 설명한다. 그리고 상황인식 프레임워크의 효율적인 동작을 위해 운영체제 지원 기술에 대해 살펴보도록 한다.

## 3. 컨버전스 프레임워크 기술 (Convergence Framework Technologies)

컨버전스 프레임워크는 각 응용 프로그램별로 서로 다른 데이터 모델을 이용하는 방식에서 벗어나 하나의 공통된 데이터 모델을 이용하여 통합된 서비스를 제공할 수 있게 하는 방안이다. 컨버전스 프레임워크의 실현을 위해서는 각 응용 프로그램, 모바일 단말, 접속 네트워크 및 사용자와 관련된 각종 정보에 대한 공통된 모델이 필요하다. 또한 모바일 단말 및 유저의 과거 및 현재의 상황정보, 사용자의 선호도, 사용자에 의해 미리 설정된 각종 정책 정보 등의 교환을 위한 프로토콜 및 아키텍처의 개발이 뒤따라야 할 것이다. 최종적으로는 이렇게 수집된 공통의 데이터를 분석하여 정보와 지식을 획득하기 위한 정보 모델(Information Model)과 이러한 정보 모델을 기반으로 한 의미론적 추론과정(Semantic Reasoning)이 있어야 한다. 본 연구에서는 컨버전스 프레임워크의 전체적인 구조를 제시하고 ACF(Autonomic Communications Forum)[4]에서 자율 네트워크 관리를 지원하기 위해 정보 모델링 방법으로 제안한 표준 모델인 DEN-ng[5]

를 이용하여 서로 다른 데이터 모델의 공통적인 정보 모델을 설계한다. 또한 모바일 단말의 각종 정보를 저장하고 얻어올 수 있는 통합된 인터페이스를 제공하며, 온톨로지[6]를 이용하여 의미는 유사하지만 서로 다른 형태를 갖는 데이터를 공통된 정보 모델로 정의한 DEN-ng로 변환하고 의미론적 추론을 할 수 있는 방안을 제시한다. 마지막으로 이러한 일련의 과정을 통합적이고 일관성 있게 관리할 수 있는 FOCALE[7] 기반의 참조 아키텍처를 설계하여 컨버전스 프레임워크를 구축한다.

### 3.1 DEN-ng 기반의 정보 모델링

모바일 단말은 응용 프로그램, 하드웨어, 접속 네트워크 및 사용자와 관련된 각종 정보들을 가질 수 있다. 다양하고 복잡한 데이터를 효율적으로 관리하기 위해서는 공통된 데이터 모델이 필요하다. 이 단락에서는 자율 네트워크 관리 정보 모델링에 널리 쓰이고 있는 DEN-ng에 기반한 정보 모델을 제시한다.

DEN-ng는 제품, 서비스, 자원 및 그들 간의 관계를 나타내는 모델로 관리되는 자원들의 행태를 정확히 나타내기 위하여 상태 기계(State Machine)를 이용한다. DEN-ng 모델을 이용하면 관리 정보를 나타내기 위한 공통된 용어를 사용할 수 있으며, 서로 다른 기업들간의 정보를 통합된 형태로 표현할 수 있다.

그림 2는 DEN-ng 모델의 예제로서 상황인식 서비스를 제공하기 위한 핵심 모델인 상황정보 모델을 나타낸 것이다. 위의 그림과 같이 DEN-ng는 공통의 정보를 UML과 같은 형태로 표현을 하고 각 정보들에

대한 내용뿐만 아니라 관계를 명세할 수 있다. 그리고 다양한 패턴들을 적용하여 쉽게 정보를 모델링하는 방법을 제공한다. 예를 들어서, 그림 2에서 Context 객체는 상황정보를 완전하게 모델링하고, 전체 상황정보의 독특한 측면을 나타내는 ContextData 객체들로 이루어진다. Context와 ContextData 객체는 지능적인 컨테이너들로 구현이 되어서 그들의 정보를 표현하는 것뿐만 아니라 메타데이터도 포함한다. 컴포지트 패턴(Composite Pattern)이 Context와 ContextData 객체의 구조를 일관된 방법으로 만들기 위해서 사용되어진다. 이 방법에서는 ContextAtomic(또는 ContextDataAtomic) 객체가 하나의 객체를 모델링할 때 Context(또는 Context의 aspect)를 표현한다. 대조적으로 ContextComposite(또는 ContextDataComposite)가 분리되어 관리되는 다수의 분별적인 Context(또는 ContextData) 객체를 이루어지는 객체를 표현한다. 예를 들면, 두개의 다른 네트워크 기술 사이에서의 핸드오버하는 상황에서의 전화 상태를 모델링할 때, 두 기술의 근본적으로 다르기 때문에 두개의 서로 다른 Context와 특정 네트워크 기술에 종속적인 ContextData 객체들의 집합으로 구성할 수 있다. 센서 데이터는 장치 변환기들로부터 얻을 수 있고, 장치 종속적인 데이터는 정규화된 형태로 변경된다. 각 센서 데이터의 정규화된 형태는 그것이 적합한 Context나 ContextData 객체인지 결정하기 위해서 분석되어진다. 만약 적합하지 않다면, 그것은 폐기되어지고, 적합하다면 적합한 데이터 모델에 추가된다. ContextData 객체들은 관리되어지는 요소의 현재 상태를 결정하기

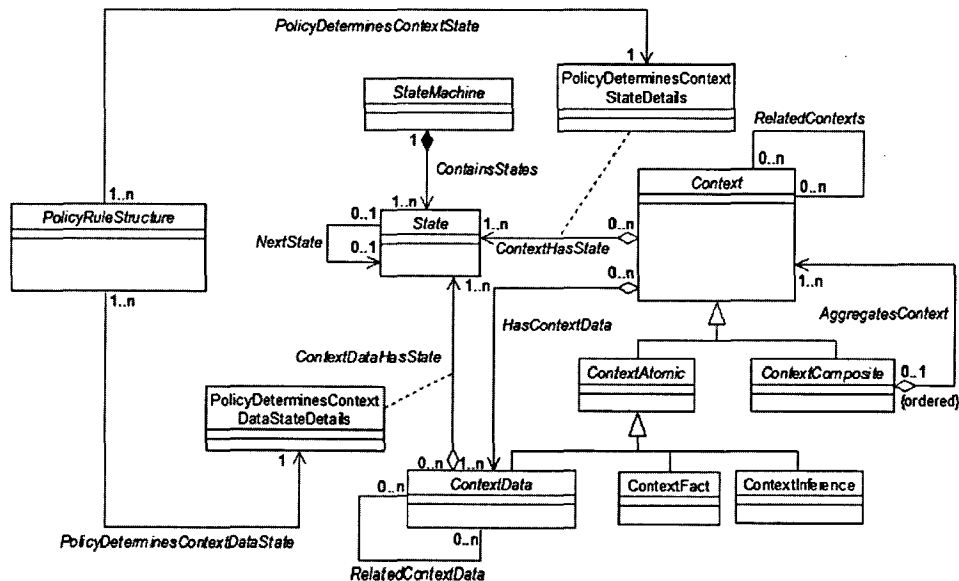


그림 2 DEN-ng 상황정보 모델의 예

위해서 분석되어지고 이 정보는 그런 다음에 다음 모듈로 전달된다.

### 3.2 의미 추론 및 학습(Semantic Reasoning & Learning)

DEN-ng 모델을 이용하면 데이터를 공통된 형태로 나타낼 수 있는 기반을 제공할 수 있다. 그리고 각 응용 프로그램과 제조업체별로 상이한 데이터를 DEN-ng 모델에 기반한 공통된 형태로 변환하기 위해서 온톨로지를 사용하고 모바일 단말이 해석하고 필요한 추론을 할 수 있도록 의미론적 추론 방법을 이용한다. 온톨로지는 각 개념들의 유사성을 계산하고, 가장 유사성이 높은 개념들을 공통된 모델로 변환하는 과정을 제공하여 서로 다른 형태지만, 의미가 같은 것들을 논리적으로 표현하고 지원할 수 있는 정형화된 방법이다.

### 3.3 참조 아키텍처(FOCALE)

위의 정보 모델을 기반으로 데이터를 수집 및 의미론적 추론을 하는 과정은 매우 복잡하며 다양한 요소들이 영향을 미치기 때문에 컨버전스 프레임워크의 원활한 동작을 위해서는 일련의 과정을 통합적이고 일관성있게 관리하기 위한 아키텍처가 필요하다. 본 연구에서는 이를 위하여 자율 네트워크 관리 분야에서 널리 쓰이고 있으며 충분히 검증된 FOCALE(Foundation-Observe-Compare-Act-Learning-Reasoning)[7] 기반의 참조 아키텍처를 제시한다. 그림 3은 FOCALE의 전체적인 구조를 나타낸다. FOCALE은 관리되는 자원의 정보를 취합하여 공통된 형태로 변환하여 분석한 후 현재의 상태가 원하는 상태와 같은지 비교한다. 비교 결과 현재의 상태가 원하는 상태와 같다면 관리되는 자원에 아무런 영향을 미치지 않고 동일한 과정을 반복 수행한다. 만약 비교 결과 현재의 상태가 원하는 상태와 다르다면 관리되고 있는 자원이 원하는 상태

가 되도록 설정을 변경한다. 본 연구의 핵심이 되는 상황인지 서비스를 제공하기 위해서는 위의 아키텍처에서 Context Manager가 상황정보를 관리하고, 이러한 상황정보에 따른 다른 정책들을 Policy Manager가 관리를 하게 된다. 그리고 정해진 Policy에 따라서 Autonomic Manager는 시스템의 전체 상태를 이상적인 상태와 비교를 통해서 최적화된 상태로 유지하기 위한 역할을 한다.

## 4. 개인정보 보호 기술 (Privacy Protection Technologies)

스마트폰의 발전으로 인해 스마트폰에서의 개인 스케줄 관리 등의 개인 정보 처리뿐 아니라 금융결제까지 가능하게 됨에 따라 개인정보 보호는 안전한 스마트폰 이용환경 연구에 가장 큰 이슈가 되고 있다. 기존 휴대전화 단말기와 스마트폰을 구분하는 가장 큰 요소는 바로 개방성에 있는데, 이 개방성으로 인해 스마트폰은 오히려 정보 보호에 취약한 성격을 가지고 있다.

모바일 IT 기술이 발전되고 여러 서비스가 개발되면서 사용자의 개인정보를 요구하는 경우가 많아지고 있다. 방송, 금융, 마케팅 등 산업 전 분야에 걸쳐 전산화가 실현된 현대사회에서 개인정보의 경제적 가치는 이전보다 더욱 증가하게 되었고 이러한 이유로 개인정보 노출의 문제는 점차 심각해지고 있다. 실제로 현재 구글맵을 이용해 사용자의 위치를 보여주는 소프트웨어는 이러한 위치정보를 암호화하고 있지 않기 때문에 자신의 현재 위치가 이 소프트웨어를 이용하는 다른 사람들에게 노출되고 있다. 이에 따라 개인정보를 보호하기 위한 여러 가지 방법들이 연구되고 있다. 인증, 무결성, 기밀성 등의 보안 기술을 바

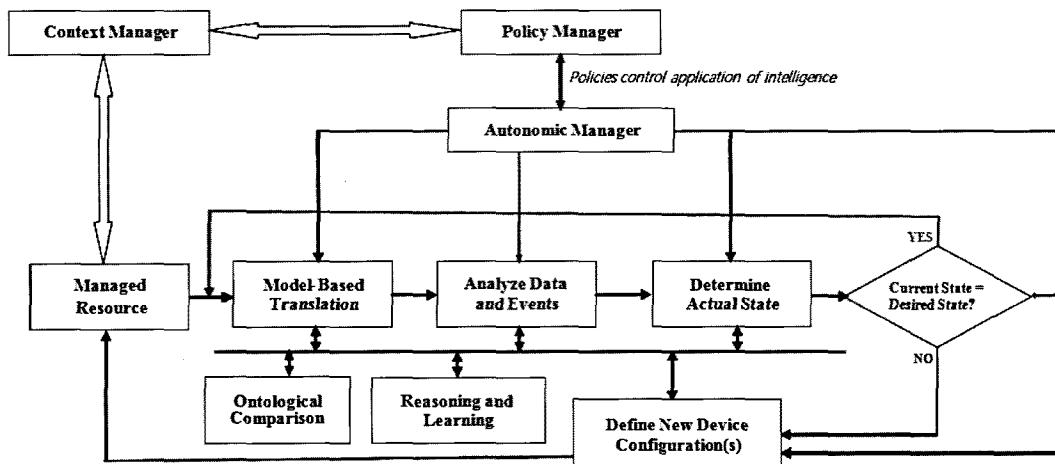


그림 3 FOCALE 아키텍처

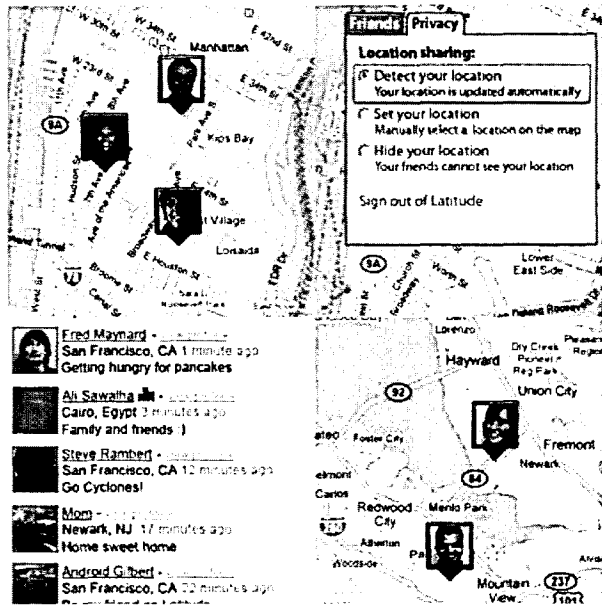


그림 4 구글맵을 이용한 위치 검색 서비스

탕으로 FIPs(Fair Information Practices)[8]를 만족하는 데이터 보호기술이 연구되면서 개인정보 보호기술인 PET(Privacy Enhancing Technologies)[9]가 개발되고 있다. 세계적인 여러 상용사와 국제기관들이 이 PET에 대한 연구를 진행하고 있으나, 모바일 환경에 적합한 PET는 연구진행이 미비하다. 더욱이 향후 발전하게 될 스마트폰을 기반으로 한 유비쿼터스 환경에서는 개인정보 오남용에 대한 우려의 목소리가 커지고 있으며, 개인정보 보호에 대한 인식이 재고되고 있다.

스마트폰에서 보호되어야 할 개인 정보는 스마트폰 단말에서 수집된 여러 상황정보 뿐 아니라 통화정보, 주소록, 네트워크 설정 등 사용자 개인이 생성한 개인 정보 모두를 포함한다. 즉, 스마트폰에서 이용되는 대부분의 정보들이 보호되어야 한다는 의미가 된다. 최근 방송통신위원회에서 발표한 '스마트폰 이용자 10대 안전수칙'을 보면 사용자 개인이 유념해야 할 사항들이 명시되어 있지만 일반적 사용자들이 쉽게 간과하고 넘어갈 수 있는 부분이 많다. 따라서 사용자가 대처하지 못한 부분이 많을 수 있기 때문에 자동화된 개인정보 보호 정책은 계속해서 연구되어야 할 필요가 있다.

앞서 설명한 컨버전스 프레임워크는 스마트폰의 여러 상황정보를 통합적인 상황정보로 매핑하는 과정을 통해 상황인식 서비스를 제공한다. 이러한 상황인식 서비스를 위해 개인정보 보호도 상황정보로 이용될 수 있는데, 이 장에서는 무분별한 개인정보의 유출을 막아 효율적이고 안전한 상황인식 서비스를 제공하는 개인정보 보호 기술에 대해 논의하도록 한다.

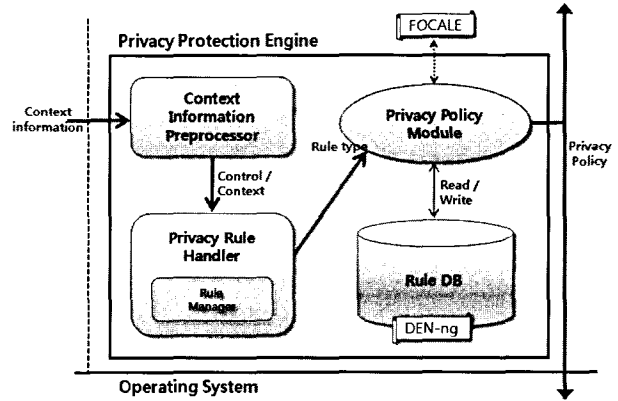


그림 5 개인정보 보호 엔진

#### 4.1 개인정보 보호 엔진(Privacy Protection Engine)

효과적인 개인정보 보호를 위해서는 클라이언트/서버 익명성, 네트워크 침입차단, 암호화 등 여러 가지 기술이 종합적으로 활용되어야 한다. 컨버전스 프레임워크에서 생성된 종합적 상황정보들은 스마트폰에서 개인정보를 보호하기 위한 정책을 구성하기 위해 이용될 수 있다. 그림 5는 컨버전스 프레임워크 내 개인정보 보호 엔진의 구조를 나타낸다.

컨버전스 프레임워크를 거친 상황정보가 개인정보 보호가 요구되는 정보일 경우 가장 먼저 개인정보 보호엔진내의 상황정보 전처리기로 전달된다. 상황정보 전처리기는 여러 상황정보를 구분하여 이용할 수 있는 단위로 잘라내고 이에 적합한 컨트롤 신호를 전달한다. 앞서 설명한 위치기반서비스를 예로 들면, 사용자가 현재 주변의 사람들을 검색하는 서비스를 이용한다면 이 서비스는 여러 가지 상황정보를 필요로 한다. 컨버전스 프레임워크는 이 서비스가 필요로 하는 정보를 통합적으로 융합하여 전달한다. 정보가 서비스에 전달되기 전에 개인정보 관리 작업이 필요하기 때문에 이 통합된 상황정보들을 개인정보 보호엔진이 적절히 관리하여 넘겨주게 된다.

#### 4.2 개인정보 처리 모듈 및 정책 적용 모듈

통합 상황정보는 상황정보 전처리에 의해 적절히 구분되어 정보처리모듈에서 시스템 보안 정책을 구성하기 위해 사용된다. 어떠한 상황정보와 정책을 구성할 것인가에 대한 정보를 기반으로 개인정보 처리 모듈은 그에 부합하는 정책 적용 모듈을 호출하여 동작시킨다. 정보보호정책 모듈은 기본적으로 보안 정책의 구성은 역할기반접근제어(RBAC)[10]을 이용한다. 인가된 사용자는 미리 목록으로 정의되어 있는 접근허가를 얻게 된다. 하지만 상황인식 환경에서는 인가된 사용자는 항상 접근허가가 되어야 하는지에 대한

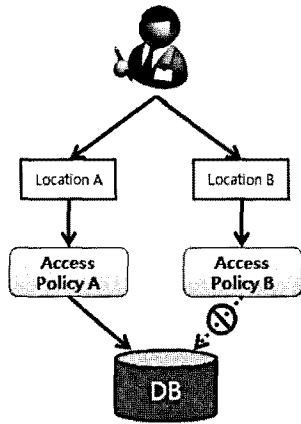


그림 6 장소에 따른 자료 접근제어

의문을 낳게 된다. 다시 말해서, 인가된 사용자라 하더라도 상황정보로 미루어 특정 접근이 불가능하게 할 수가 있어야 한다.

예를 들면, 컨버전스 프레임워크가 사용자의 사용 패턴(Usage pattern)을 상황정보로 분석하여 추론할 수 있다고 하자. 평상시 사용자는 자신의 스마트폰을 아무런 제한 없이 이용할 수 있다. 하지만 사용자가 단말을 분실한 경우, 그리고 분실 단말의 습득자가 기존 사용자로 인증(비밀번호 등)이 가능한 상황을 고려하면, 기존 사용자와는 다른 스마트폰 사용패턴을 보일 것이고 컨버전스 프레임워크는 사용이력을 상황정보로 받아들여 다른 사용자임을 감지할 수 있다. 따라서 개인정보 처리 모듈은 기존 사용자 정보를 보호할 수 있는 정책을 구성하게 된다. 이는 같은 인증정보로 인증을 한다 하더라도 상황인식을 통해 시스템 이용을 제한함으로써 개인정보 보호를 실현할 수 있도록 한다.

#### 4.3 개인정보 보호정책과 룰

이러한 개인정보 보호정책은 여러 상황을 종합하여 구성되는데, 이때 각 상황은 또 다시 시나리오 기반 정책 구성 작업을 거치게 된다[11]. 상황은 작은 요소 하나하나에 따라 모두 다른 상황으로 진행될 수 있는 요소를 가지고 있기에 한 상황에서도 여러 가지 가능한 시나리오가 존재한다. 사용자가 다른 장소에서 어떠한 자원에 접근하려 할 때는 장소라는 상황정보에 의해 정책이 바뀔 수도 있다. 즉, 유동적인 상황인식 서비스를 위해서는 시스템이 각기 다른 행동에 대한 결과를 모두 모니터링 해서 기계학습 등의 과정이 필요하다.

이렇게 구성된 개인정보 보호정책은 각각 룰로 정의하여 룰 데이터베이스에 반영한다. 룰은 앞서 설명한 DEN-ng 모델을 참조하여 구성된다. 룰 데이터베

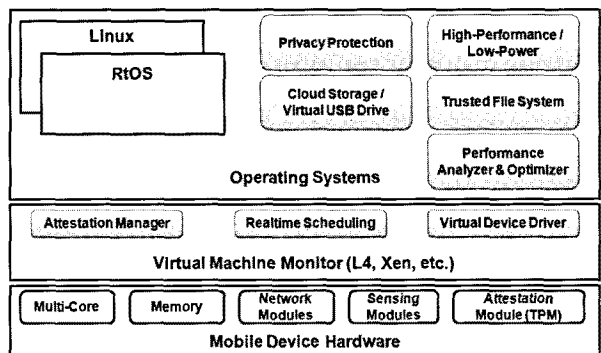
이스는 새로운 패턴의 상황의 인식이 아닌 기존에 발생한 적이 있던 상황인식에 애용된다. 따라서 룰 데이터베이스를 이용하게 되면 빠른 시간에 개인정보 보호정책을 반영할 수 있다.

### 5. 상황인식 스마트 모바일 플랫폼을 위한 운영체제 지원 기술 (OS Supports for Context-aware Platform)

상황인식 플랫폼은 모바일 단말 상 네트워크 장치를 지속적으로 사용한다는 점과, 이러한 상황에서도 사용자의 요구에 부합하는 반응속도를 갖는 서비스를 제공해 주어야 한다는 점이 특징이다. 하지만 최근 모바일 단말에서 이러한 요구사항을 만족하기가 쉽지 않다. 먼저 최근 출시되는 모바일 단말들의 경우 수많은 하드웨어 모듈을 집약하여 제작되며, 멀티코어[12] 및 그래픽 가속기를 사용하여 기존과 달리 고려해야 할 사항이 많은 복잡한 환경에 되었다. 또한 최근 모바일 운영체제 기술은 전통적인 실시간 운영체제(RTOS) 등에 비해서 리눅스가 크게 약진하였다. 특히, 최근 이슈가 되고 있는 구글의 스마트폰 운영체제인 안드로이드 역시 리눅스 커널을 이용한다. 이처럼 모바일 운영체제는 범용 운영체제를 사용함으로써, 소프트웨어의 복잡도가 높아졌다. 마지막으로 최근 많은 연구가 진행되고 있는 모바일 가상화 기술은 이기종 운영체제를 동시 수행, 높은 보안 수준을 제공 등의 장점을 가지지만, 서비스 반응속도를 떨어트리고 소프트웨어의 복잡도가 높아진다. 본 장에서는 이러한 환경에서 상황인식 플랫폼을 위해 운영체제가 처리해 주어야 할 사항에 대해 논의 한다.

#### 5.1 운영체제 요구사항

급변하는 모바일 하드웨어 시장과 임베디드 리눅스의 강세, 또한 모바일 가상화 기술과 함께, 스마트 모



Research Topic

그림 7 스마트 모바일 플랫폼 상 운영체제 단계에서 지원 사항

바일 플랫폼은 이전과 분명히 다른 고려사항이 요구되고 있다. 특히 상황인식 서비스는 장치 간 활발한 교류가 선행되므로, 모바일 플랫폼 상 운영체제는 여러 요구사항을 만족해야 할 것이다. 그림 7은 스마트 모바일 플랫폼 상 운영체제 영역에서 지원해 주어야 하는 요구사항을 개괄적으로 나타낸 그림이다. 본 장에서는 신뢰성 보장, 실시간성 보장, 전력관리, 스토리지 및 운영체제 보안 등과 같은 요구사항에 대해서 설명한다.

### 5.1.1 신뢰성 보장

신뢰성 보장은 스마트 모바일 플랫폼에서 강조되는 분야이다. 모바일 플랫폼 사용자는 항상 단말을 들고 다니며, 운영체제가 구동 중인 상태로 재부팅 없이 계속 사용하게 된다. 또한 모바일 장치는 이전과 달리 수많은 하드웨어 모듈들이 집약되어 제작 되는 추세이다. 따라서 많은 수의 장치 드라이버가 운영체제 상 설치되어 사용되며, 이러한 장치 드라이버는 커널 영역에서 작동하는 것이 일반적이므로 운영체제의 신뢰성은 전체적으로 낮아진다. 또한 최근 임베디드 리눅스 커널을 기반으로 하는 안드로이드와 같은 운영체제들은 오픈소스 기반의 소프트웨어를 기반으로 구성되어 있기 때문에, 특정 소프트웨어로 인해 결함이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 리소스 모니터링을 통해 운영체제 자원 사용을 안정적으로 관리하고, 또한 장치 드라이버의 결함을 포용할 수 있는 인터페이스 라이브러리를 정의하여 사용하는 것이 있다. 또한 운영체제의 결함을 보완할 수 있는 가상화 기술의 도입도 좋은 방법이 될 수 있다.

### 5.1.2 실시간성 보장

실시간성 보장은 상황인식 서비스에서 반드시 수반되어야 하는 요구사항이다. 각 장치 간에 상황인식을 위해 네트워크를 사용하는 경우 실시간 요구사항이 만족되지 않는다면, 서로의 상황에 대한 정보는 신뢰할 수 없는 정보가 될 것이다. 또한 스마트 모바일 플랫폼의 경우 전화기능, DMB, 모바일 IPTV 등과 같은 실시간 서비스를 사용하는 경우가 빈번하기 때문에 모바일 플랫폼의 운영체제에서는 이러한 실시간성을 지원하기 위한 방법을 제공해야 한다. 이러한 방법은 이전부터 지속적으로 연구가 진행되던 분야이다[13,14]. 특히 최근에는 모바일 장치 상 멀티코어를 활용하여 특정 코어에 하나의 작업을 전담시켜 실시간성을 보장하는 기술도 등장하고 있다. 또한 모바일 가상화 기술의 단점으로 지적되고 있는 가상머신의 실시간성을 보장하기 위한 방법도 많이 등장하고 있다[15]. 하이

퍼바이저(또는 가상머신모니터) 상 실시간 스케줄러 등을 탑재하여 특정 가상머신의 실시간성을 보장하는 기술도 있다.

### 5.1.3 전력 관리

스마트 모바일 플랫폼 상 전력관리는 이전부터 진행되던 요구사항이지만, 상황인식 서비스를 위해 더욱 강조되어야 하는 기술이다. 상황인식 서비스를 위해 각 장치에서는 지속적으로 네트워크 장치를 사용하여 서로의 상황을 전달해야 한다. 이러한 경우 기존의 모바일 플랫폼에 비해 많은 전력을 소모하게 되며, 항상 휴대하고 다니는 모바일 장치의 특성 상 전력은 한정되어 있으므로 효율적인 관리가 필수적이다. 이러한 연구는 운영체제 자체적으로 전력관리 라이브러리를 제공하는 형태로 많이 진행되고 있다. 특히 안드로이드에서 전력관리를 지원하기 위해서 구글이 중심이 되어 라이브러리를 정의하여 제공하고 있으며[16], JNI 모듈 형태로 제시되고 있다. 안드로이드의 전력관리 기술은 크게 시스템 슬립(System sleep)과 실시간 전력 관리(Runtime power management)로 나뉜다. 시스템 슬립은 기존의 데스크탑에 있는 "hibernate" 기능과 유사하며 현재는 실시간 전력 관리 기술에 초점이 맞춰지는 실정이다. 따라서 앞으로는 각 장치 별로 다양한 저전력 상태를 지원하는 효과적인 디바이스 드라이버 개발과 전력관리 기능이 구현되어 있는 시스템과 안드로이드 플랫폼 상의 효율적인 인터페이스 개발을 위한 기술이 필요할 것이다.

### 5.1.4 스토리지 및 운영체제 보안

스마트 모바일 플랫폼 상 운영체제에서 제공하는 보안 기술은 상황인식 서비스를 지원하기 위해 꼭 필요한 기술이다. 모바일 플랫폼에서 네트워크를 통해 자신의 상황을 전달한다는 것은 역으로 다른 단말에서 접근할 방법이 생긴다는 것을 의미한다. 따라서 외부에서 시도 가능한 스토리지 접근, 운영체제 변경 등에 대해 모바일 플랫폼 상에서 처리를 해 주어야 한다. 먼저 스토리지 보안의 경우 파일시스템 자체를 암호화를 통해 보호하는 방법이 있을 것이다. 이전부터 지속적으로 이러한 연구가 진행되었으나, 최근 들어 하드웨어적으로 인증키를 생성하고 저장하는 TPM (Trusted Platform Module)을 활용하는 기술들이 등장하고 있다. 보안을 위한 TPM과 같은 하드웨어 모듈은 스마트 모바일 장치에 탑재될 것이므로 이에 대한 연구가 필요하다[17]. 그리고 운영체제 보안은 운영체제의 변경을 막거나, 이를 탐지하는 기술이다. 부팅, 운영체제 각 서브시스템의 로딩, 운영체제 사용에 이르

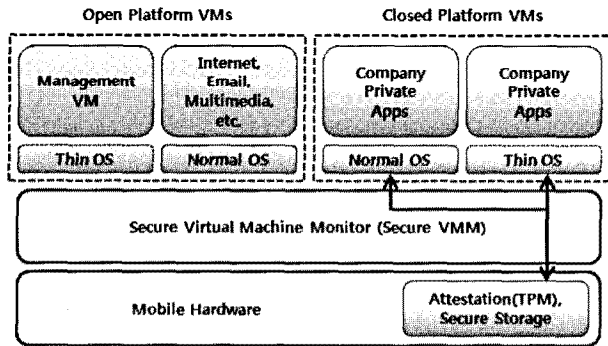


그림 8 모바일 가상화 환경 상에서의 안전한 실행 환경 지원  
 기까지 각 단계 별로 변경이 된 부분이 있는지 탐지하며 부팅하고 사용하는 시스템에 대한 연구가 선행되었다. 하지만 최근 가상화 기술을 활용하여, 경량 하이퍼바이저를 Trusted Computing Base로 두고, 가상머신에서 사용되고 있는 운영체제가 안전한지 검증하는 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다[18]. 그림 8은 모바일 가상화 환경에서 안전한 실행 환경을 제공하는 구조를 보이고 있다. 검증 모듈을 통하여 가상머신 내 운영체제가 변경이 발생하는지 확인할 수 있다.

## 6. 관련연구

상황인식(Context-aware)을 적용한 시스템은 예전부터 많은 연구가 진행되어 왔다. 유비쿼터스 컴퓨팅 분야는 미래 사회의 실현에서 가장 중심에 있는 분야인데, 상황인식 기술은 유비쿼터스 서비스 환경이 조성되기 위해 반드시 필요한 기술이다. 그림 9는 상황인식 기술이 적용되고 연구/개발 될 수 있는 분야를 나타낸 것이다.

일상생활에서의 상황인식 기술은 통신뿐만 아니라 군사, 의료, 구호, 업무 전 분야에 걸쳐 활용될 수

있다. 개발 초기에는 유비쿼터스 자동화 시스템을 위한 목적으로 개발되었는데, 영국에서 개발된 The Active Badge System[19]은 사무자동화(OA)의 일환으로 사내 원활한 소통을 위한 시스템으로써 배지를 통해 사원의 위치를 추적하여 그 사원의 현재 위치에서 가장 가까운 전화기로 통화를 시도한다. 또한 날씨를 감지하여 집안의 온도를 자동으로 조절하는 등의 가정자동화(HA)기술에도 상황인식이 적용되고 있다.

상황인식의 국내 연구 결과로 주목할 만한 것은 URC(Ubiquitous Robot Companion)을 위해 개발된 한국전자통신연구원(ETRI)의 Context-Aware Middleware for URC Systems(CAMUS)가 있다[20]. 네트워크에 기반한 u-로봇이 상황인식을 할 수 있도록 지원하는 표준 플랫폼인 CAMUS는 센서를 통해 받아들여진 정보를 분석하고 저장하여 이벤트를 통지하며 작업 관리자에게 작업을 지시하는 상황인식 엔진역할을 담당한다. 이 뿐만 아니라, 우리나라는 이러한 CAMUS나 한국 IBM의 UCL(Ubiquitous Computing Lab)의 연구 그리고 한국토지개발공사의 u-City 계획과 관련하여 추진 중인 지구환경인증 제도에서 상황인식 프로세서에 참고할 만한 기술적 규격을 명시하는 등 미래 유비쿼터스 사회를 구현하기 위해 상황인식 기술에 많은 관심을 보이고 있다[21].

최근의 상황인식 기술은 스마트폰과 같은 차세대 모바일 단말을 이용한다. 2003년 미국 CMU에서는 센서를 통해 사용자의 상태를 감지하여 휴대단말의 상태도 수정하는 상황인식 휴대폰인 SenSay를 개발하였다. 실제로 최근에는 스마트폰이 시간과 장소를 파악하여 회의 중 혹은 강의 중임을 파악하게 되면 장치의 모든 벨소리를 차단하거나 자동응답으로 전환하는 기

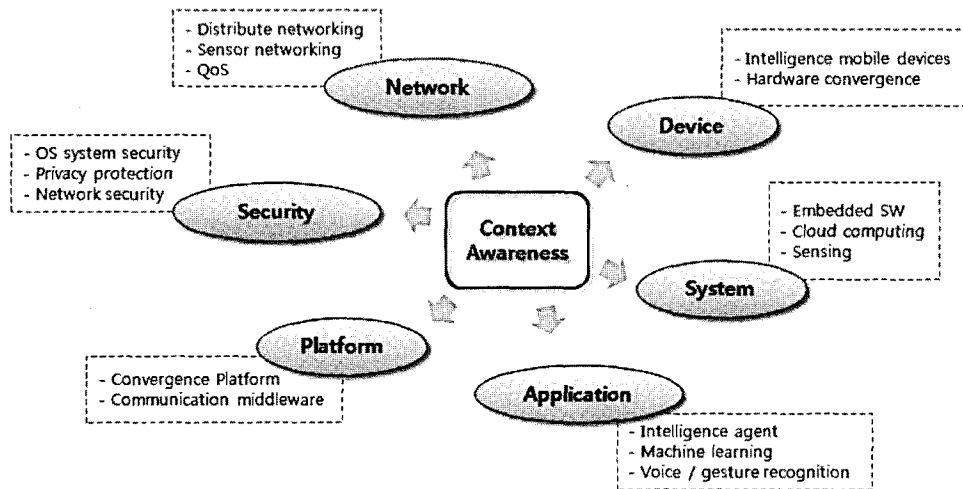


그림 9 상황인식 적용/개발 분야



표 1 상황인식 컴퓨팅과 관련된 국내 주요 연구동향[21]

기관	주체	주요내용
UCN / 아주대	UCN / 아주대	· 환경에 적용할 수 있는 지능형 협업센터 네트워크 연구 · 상황정보 처리 및 서비스 검색을 위한 상황인지 미들웨어 개발
성균관대	유비쿼터스 기술 연구소	· 센서 네트워크 기반 모바일 홈케어 시스템
광주과기원	광주과기원	· 사용자 상황인식기술과 이의 적용을 위한 연구 · 홈네트워크에서의 에이전트, 웨어러블컴퓨터 등
ETRI	ETRI	· 상황인식 미들웨어(CAMUS) 및 추론엔진(보쌈) 개발 · 시공간 정보의 추론기능 확장
IBM UCL	IBM UCL	· 교통신호 통제 등에 관한 응용 기술 연구

능은 이미 상용화되어 사용되고 있다. 모바일 인터넷 기술이 발달함에 따라 급변하는 소비자의 욕구를 충족시키기 위해 인터넷을 이용하는 상황인식 서비스가 제공되고 있다. 최근 주목할 만한 서비스는 위치기반서비스(Location Based Services)이다. 애플의 아이폰은 온라인 소셜네트워크 서비스인 트위터와 GPS의 위치정보를 이용하여 자신과 가장 가까운 트위터 사용자를 지도상에 나타내 준다[22].

상황인식을 위해 학술적인 연구도 활발히 진행되어 왔다. G. Chen[2]은 상황인식에 이용되는 상황(Context)을 정의하고 컴퓨팅, 사용자, 물리적 요소, 시간 등에 따라 분류하였다. K. Rehman[23]은 상황인식 기술에서 시스템과 사용자의 소통문제를 제시하고 이를 위한 소통 모델을 제시한다. 또한 J. Strassner는 상황인식에서 통합적인 상황정보 처리를 위한 참조 아키텍처인 FOCAL[7]을 제안하였다.

이 뿐만 아니라 상황인식 기술에 적용될 수 있는 보안을 위한 기술도 활발히 연구되고 있다. 상황인식 기술에서 가장 심각하게 대두되고 있는 문제가 개인정보에 관한 것인데, 현재는 개별 서비스 제공업체나 심지어 국가기관이라 할지라도 개인정보에 민감한 상황정보를 100% 활용하는 서비스 시스템을 개발하는데 제한이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 표준적이고 안전한 상황인식 모델의 개발이 필수적이다. 이러한 흐름을 바탕으로 많은 상황정보를 안전하게 보호하기 위한 구조들이 제안되었다. X. Jiang[24]은 여러 상황정보들에 정보태그(Information Tag)를 붙여 관리하는 방법을 통해 상황인식 기술에서 개인정보를 보호하기 위한 이론적 모델을 제안하였고, M. J. Cov-

ington[25]는 여러 장치들간의 정보수집, 처리, 소통의 과정에 상황인식을 제공하는 안전한 미들웨어 레벨의 구조를 제안하였다. 이밖에도 현재 서비스 되고 있는 대부분의 상황인식 서비스가 위치정보를 이용한 서비스인데 사용자의 위치정보를 보호하기 위한 연구도 활발하다. M. Duckam[3]은 상황인식에 있어 위치정보 보호의 중요성을 제시하고 안전한 위치기반서비스를 위한 위치정보 보호기법을 다루었다.

한편, 스마트폰을 위한 플랫폼 분야도 많이 연구되고 있다. 스마트 상황인식 기술을 위해서는 많은 플랫폼의 지원 사항이 요구되는데, 이를 위해 안정성, 견고성, 다양한 지원, 개방적 모델이라는 특징을 가진 임베디드 리눅스가 주목받고 있다[26]. 특히, 최근 발표되어 많은 관심을 받고 있는 구글의 스마트폰 운영체제인 안드로이드[27]도 임베디드 리눅스 커널을 이용하고 있으며, 기존의 윈도우즈 모바일보다 더욱 뛰어난 성능이 검증되었다. 이러한 차세대 스마트폰 플랫폼들은 뛰어나고 안정적인 성능으로 하드웨어와 응용 프로그램을 원활히 소통시켜주어 사용자에게 유용한 상황인식 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

## 7. 결론

최근 주목받고 있는 상황인식 기술은 모바일 유비쿼터스 환경을 실현함에 있어 중요한 기술로 부각되고 있다. 유비쿼터스 모바일 환경에 대한 연구가 진행되면서 상황인식 서비스를 위해 많은 단말장치와 기술들이 개발되고 있지만 많은 모바일 단말과 서비스들은 하나로 통합되지 못하고 자신들만의 구조와 인터페이스를 가지고 있다. 하나의 모바일 단말에 존재하는 여러 응용 프로그램들끼리도 서로 다른 데이터 모델을 사용하고 있기 때문에, 이런 데이터를 상황정보로 이용한다면 상황인식 서비스는 효율적인 서비스를 제공할 수가 없다. 따라서 다양한 상황정보들을 통합적으로 관리할 수 있는 방안이 필요하다. 이에 본 연구에서는 효율적인 상황인식 서비스 제공을 위한 스마트 모바일 플랫폼을 설명한다.

본 연구에서 제시된 스마트 모바일 플랫폼은 상황정보를 얻어 이를 공통된 형태로 저장 및 제공하는 역할을 하는 컨버전스 프레임워크와 이용되는 상황정보를 안전하게 보호하기 위한 개인정보 보호정책을 생성 및 적용하는 개인정보 보호엔진 그리고 상황인식 프레임워크의 효율적인 동작을 위해 운영체제 지원 기술이 적용되었다. 운영체제 단계의 지원기술이 적용된 상황인식 스마트 모바일 플랫폼은 컨버전스 프레임워크와 개인정보 보호엔진 통하여 공통된 형태로

제공되는 데이터를 손쉽게 이용 및 변경할 수 있기 때문에 유비쿼터스 컴퓨팅에서 제안하는 숨은 관리를 실현할 수 있다.

### 참고문헌

- [1] M. Weiser, Hot topic: Ubiquitous Computing, IEEE Computer, Vol. 26, no. 10, pp. 71-72, Oct. 1993.
- [2] G. Chen, et al., A Survey of Context-Aware Mobile Computer Research, Dartmouth Computer Science Tech, Report TR2000-381, 2000.
- [3] M. Duckham, et al., Location privacy and location-aware computing, Dynamic & Mobile GIS: Investigating Change in Space and Time, 2006.
- [4] Autonomic Communication, <http://www.autonomic-communication.org/>
- [5] J. Strassner, Policy-Based Network Management, Morgan Kaufman Publishers, Sep. 2003.
- [6] J. Strassner, Declan O'Sullivan, and David Lewis, Ontologies in the Engineering of Management of Autonomic Systems: A Reality Check, Journal of Network and System Management, Vol. 15, no. 1, pp. 5-11, Mar. 2007.
- [7] J. Strassner, N. Agoulmine, E. Lehtihet, FOCALE - A Novel Autonomic Networking Architecture, International Transactions on Systems, Science, and Applications (ITSSA) Journal, Vol. 3, no 1, pp. 64-79, May 2007.
- [8] Federal Information Processing Standard, <http://www.itl.nist.gov/fipspubs/>
- [9] G.W. van Blarckom RE, et al., Handbook of Privacy and Privacy-Enhancing Technologies, ISBN 90-74087-33-7, 2003.
- [10] Role Based Access Control, <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/rbac/>
- [11] Ryan Wishart, Karen Henricksen, and Jadwiga Indulska, Context privacy and obfuscation supported by dynamic context source discovery and processing in a context management system, Vol. 4611 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2007.
- [12] ARM11MPCore Processor, <http://www.arm.com/products/processors/classic/arm11/arm11-mpcore.php>.
- [13] D. Kang, et al., Kernel Thread Scheduling in Real-Time Linux for Wearable Computers, ETRI Journal, Vol. 29, no. 3, pp. 270-280, Jun. 2007.
- [14] Y. Kim, et al., An Adaptive Control Method on Kernel Threads to Improve I/O Real-Time Responsiveness in Linux, Korea Computer Congress 2009, pp. 302-307, 2009.
- [15] J. H. Anderson, et al., Real-Time Scheduling on Multicore Platforms, Proceedings of the 12th IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, pp. 179-190, 2006.
- [16] Android developers reference, <http://developer.android.com/reference/android/os/PowerManager.html>
- [17] J. Choi, et al., A Framework of Secure Access to iSCSI Network Storage based on TPM, Korea Computer Congress 2009, pp. 5-9, 2009.
- [18] R. Sailer, et al., Design and Implementation of a TCG-based Integrity Measurement Architecture, USENIX Security Symposium, Vol. 13, pp. 16-16, 2004.
- [19] The Active Badge System, <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/ab.html>
- [20] H. Kim, et al., CAMUS - A Middleware Supporting Context-aware Services for Network-based Robots, IEEE Workshop on Advanced Robotics and Its Social Impacts, pp. 237-242, 2005.
- [21] 류영달, 상황인식 컴퓨팅의 현황과 전망, 한국정보사회진흥원 분석보고서, 2008.
- [22] Twitbird for iPhone, <http://www.nibirutech.com/twitbird-twitter-iphone.html>
- [23] K. Rehman, et al., An Architecture for Interactive Context-Aware Application, IEEE Pervasive Computing, Vol. 6, Issue 1, pp. 73-80, 2007.
- [24] X. Jiang, et al., Modeling privacy control in context-aware systems. IEEE Pervasive Computing, Vol. 1, Issue 3, pp. 59-63, 2002.
- [25] M. J. Covington, et al., A context-aware security architecture for emerging applications, Proceedings of the 18th Annual Computer Security Applications Conference, p. 249, Dec. 2002.
- [26] 이상운 외, 스마트폰 운영 체제 개발 동향, 전자통신동향분석 제 19권 제 6호, 2004년 12월.
- [27] Google Android, <http://www.android.com/>

## 약력



### 강준명

2000~2004 (주)알티캐스트 전임연구원  
 2005 포항공과대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2005~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석박사통합과정

관심분야 : Mobile device management, Autonomic network and system management, Context-aware computing

E-mail : eliot@postech.ac.kr



### 고탁균

2009 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2009~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석박사통합과정

관심분야 : Embedded system security, reverse engineering

E-mail : takkyun@postech.ac.kr



### 서신석

2008 인하대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2008~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 석박사통합과정

관심분야 : Mobile device management, Autonomic network and system management, Context-aware computing

E-mail : sesise@postech.ac.kr



### 성백재

2006 인하대학교 컴퓨터공학 학사  
 2009 포항공과대학교 정보통신공학 석사  
 2009~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학 박사과정

관심분야 : Embedded systems, File systems, Virtualization

E-mail : jays@postech.ac.kr



### John Strassner

1975~1981 Sr. Member of the Technical Staff, Hughes Aircraft, USA  
 1976 Univ. of Southern California, BS in Electrical Engineering, USA  
 1979 Univ. of Southern California, MS in Computer Science, USA

1981~1985 Sr. R&D Engineer, Ford Aerospace, USA  
 1985~1989 Technical R&D Manager, Hughes Aircraft Corp., USA  
 1989~1992 Principal Member, Ingres Corp., USA  
 1992~1994 Senior Architect, Sybase Corp., USA  
 1994~1996 Senior Director, Oracle Corp., USA  
 1996~2001 Cisco Fellow, Cisco Systems, USA  
 2001~2004 Chief Strategy Officer, Intelliden Corp.  
 2003~2005 Founder and Managing Director, MDAPCE  
 2005~2008 Vice President, Motorola, USA  
 2008 Waterford Institute of Technology, PhD in Computer Science, Ireland  
 2008~present Professor, POSTECH, Korea

관심분야 : Autonomic Management, Information Modeling and Semantic Reasoning, u-Factory, u-Health, u-Environment, Device, Service Ubiquity

E-mail : johns@postech.ac.kr



### 김종

1991 Ph.D. : Computer Engineering, Penn. State Univ., USA

1991 M.S. : Computer Science, KAIST, Korea

1981 B.S. : Electronic Engineering, Hanyang University, Korea

2010~present Head, Computer Science and Engineering, POSTECH  
 2010~present Director, POSTECH Information Research Labs  
 2005~present Director, Center for Mobile Embedded Software Technology, Korea

1992~present Professor, POSTECH, Korea

1991~1992 Research Fellow, Univ. of Michigan, USA

1987~1990 Research Assistant, Penn. State Univ., USA

1983~1986 System Analyst, Korea Securities Computing Co., Korea

관심분야 : Wireless network security, system security, privacy, context-aware security

E-mail : jkim@postech.ac.kr



### 박찬익

1988 Ph.D : Computer Engineering, KAIST, Korea

1985 M.S. : Computer Engineering, KAIST, Korea

1983 B.S. : Electronics Engineering, Seoul National University, Korea

1999~2000 Visiting professor, IBM Almaden Research Center., USA

1989~present Professor, POSTECH, Korea

1991~1992 Visiting scholar, IBM Thomas J. Watson Research Center., USA

관심분야 : Storage Systems, Embedded systems, Pervasive Computing

E-mail : cipark@postech.ac.kr



### 홍원기

1991 Ph.D. : Computer Science, University of Waterloo, Canada

1985 M.S. : Computer Science, University of Western Ontario, Canada

1983 B.S. : Computer Science, University of Western Ontario, Canada

2008~present Head, Division of IT Convergence Engineering, POSTECH  
 1995~present Professor, POSTECH, Korea

2010~present Director of Online Content, IEEE Communication Society  
 2005~2009 Chair, IEEE Communications Society, Committee on Network Operations & Management (CNOM)

1992~1995 Research Professor, Univ. of Western Ontario, Canada

1991~1992 Post-Doctoral Fellow, Dept. of Computer Science, Univ. of Waterloo, Canada.

관심분야 : Network traffic monitoring, Autonomic network and system management, Smart grid, u-Health, u-Environment

E-mail : jwkhong@postech.ac.kr