

# Ad-hoc 통신 노드를 이용한 기회 컴퓨팅형 위치인식 및 상황인지 서비스 구조 설계

정회원 김 태 현\*, 준회원 조 형 곤\*, 정회원 정 설 영\*, 종신회원 강 순 주\*<sup>o</sup>

## Design of Location and User Status Awareness Service Architecture Based on Opportunistic Computing with Ad-hoc Nodes

Tae-Hyon Kim\* *Regular Member*, Hyeong-Gon Jo\* *Associate Member*,  
Seol-Young Jeong\* *Regular Member*, Soon-Ju Kang\*<sup>o</sup> *Lifelong Member*

### 요 약

최근 Ad-hoc 통신과 관련하여 기회 컴퓨팅(Opportunistic Computing)에 대한 관심이 점차로 커지고 있으며 실질적인 서비스 및 관련된 요구사항에 대한 연구가 크게 요구되고 있다. 본 논문에서는 가상의 기회 컴퓨팅 응용 서비스인 “어린이 보호 시스템”에 대해 먼저 논의하고 이 서비스에 적합하도록 새롭게 제작된 사용자용 Ad-hoc 통신 장치인 휴대폰 연동형 노드(uMobile)와 의복내장형 노드(uClo)를 제안한다. uMobile은 휴대폰에 연결되어 휴대폰 통신과 Ad-hoc 통신을 연동할 수 있고 uClo는 다양한 센서를 사용하여 사용자의 상태정보를 인식하며 의복에 내장될 수 있도록 제작되었다. 개발된 통신 장치를 사용하여 위치인식과 상황인지 서비스를 구현하였고 실제 실내 환경에서 테스트하여 그 결과를 나타내었다. 본 연구가 기회 컴퓨팅 기반의 다양한 서비스를 위한 참조 서비스로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

**Key Words** : Opportunistic Computing; Ad-hoc Network; Sensor Network; Location Awareness; User Status Awareness

### ABSTRACT

In recent years opportunistic computing has gained popularity in Ad-hoc network research area and it is highly required to research for actual services and related requirements. In this paper we summarized a virtual opportunistic service that is named “Children Care System” and proposed an Ad-hoc communication node (uMobile) that is connected with cellular phone and a sensor node (uClo) which is embedding into clothes. uMobile can support cellular phone communication and Ad-hoc communication and uClo can be embedded into clothes and recognize the user status using multiple sensors. In this paper we implemented the location awareness and user status awareness services using uMobile and uClo. We also tested them in indoor situation and showed the result. We expect that our research can play a significant role to inspire another various opportunistic computing services.

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0003387)

\* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 실시간시스템 연구실({namestrike, tsana, snowflower, sjkang}@ee.knu.ac.kr), (<sup>o</sup>: 교신저자)  
논문번호: KICS2010-07-332, 접수일자: 2010년 7월 27일, 최종논문접수일자: 2010년 12월 3일

## I. 서 론

최근 모바일 컴퓨팅과 Ad-hoc 네트워크의 발전에 따라 기회 컴퓨팅<sup>[1,2]</sup>에 대한 관심이 점차 커지고 있다. 기회 컴퓨팅 환경에서는 사용자의 통신장치가 임의의 사용자 혹은 물체가 특정 지역에 접근하거나 주위에 통신 가능한 장치가 있거나 미리 설정해 놓은 조건을 충족시키는 순간과 같은 특정한 기회가 생기는 시점에서 컴퓨팅을 하고 상호 통신하며 서비스를 수행한다. 이러한 특성을 활용하여 서비스를 제공하면 주변 환경과 강하게 연동할 수 있고 개인 특성에 최적화되면서도 동일한 관심사를 가지는 사람 혹은 장치들과 사회적 관계(Social Community)를 맺기 쉬워 사용자 서비스의 활용 가능성을 극대화 할 수 있다. 그러나 아직까지 기회 컴퓨팅에 관한 많은 연구들이 이론적인 내용, 특히 통신 라우팅<sup>[19][21]</sup> 방식 연구에 머물러 있고 실질적인 서비스나 그와 관련된 요구사항에 대한 연구는 부족한 실정이다.

본 논문에서는 기회 컴퓨팅 환경에서 사용할 수 있는 통신 장치로 휴대폰과 연결하여 휴대폰 통신과 Ad-hoc 통신을 연동시킬 수 있는 통신노드(uMobile)와 의복에 내장하여 사용자의 상태정보를 획득하고 이에 따라 반응할 수 있는 다양한 센서와 액츄에이터를 포함하며 Ad-hoc 통신이 가능한 센서노드(uClo)에 대해 설명한다. uMobile은 현재 주변 환경의 통신 기회에 따라 가장 적합한 통신방법을 자동으로 선택할 수 있고 uMobile을 제어하는 휴대폰 프로그램의 변경을 통해 서비스 변경 및 추가가 쉬운 장점을 가진다. uClo는 센서 노드 단독으로 사용하여 사용자의 상태를 인식할 수 있고 추가로 도전사와 연결된 의복과 연동하여 의복의 탈의 감지와 귀중품의 탈착을 감지할 수 있다. 개발된 장치들은 가상의 응용 서비스인 “어린이 보호 시스템”에 적용되어 서비스 내에서 어떻게 활용될 수 있는지를 나타내었다. 이 서비스는 단순히 하나의 서비스에 그치는 것이 아니라 다양한 가능성을 포함하고 있으며 기회 컴퓨팅에 대한 참조 서비스로 활용할 수 있다.

예를 들어 유사한 서비스 그룹인 “노약자 및 장애인 보호” 서비스는 본 서비스의 큰 수정 없이 바로 적용이 가능할 것이다. “귀중품 보호”, “실내 물건 찾기”, “대화형 게임”, “재난구조통신”과 같이 다양한 통신 노드들의 협업이 필요한 기회 컴퓨팅 서비스들이 본 서비스를 기반으로 하여 제작될 수 있다. 마지막으로 uMobile과 uClo를 사용하여 제안된 서비스에 필수적인 사용자 위치인식과 상황인지 서비스를 구현

하고 이를 실험한 결과를 나타내었다. 위치인식은 기회 컴퓨팅 서비스에서 위치기반의 특정한 서비스를 제공할 수 있는 단위지역을 구분하기 위해 필요하며 잘 알려져 있는 방식인 통신 노드의 RF 신호세기값(Link Quality Indicator)을 사용하여 인식하였다. 그 결과로 LQI의 특성 변화가 시간과 장애물, 안테나 방향 등에 크게 영향 받기 때문에 정밀한 좌표정보를 얻기는 힘들지만 특정한 의미를 지니고 있는 단위공간을 기준으로 한 위치인식은 충분하다는 것을 확인하였다. 사용자의 상황인지를 수행하기 위해 멈춰있기/걷기/달리기 등의 움직임 정보와 의복 및 귀중품 탈착 여부, 체온정보를 수집하였다. 제작된 상황인지 시스템은 총 4단계로 동작하며 데이터수집, 1차 기본 행동인식, 2차 행동 추론을 거쳐 행동선택 단계로 구성되어 현재 사용자가 어떤 상황인지를 추론해 낼 수 있다. 그 결과로서 100ms주기로 사용자 움직임을 샘플링 하였을 경우 3초 내에 98% 이상의 정확도를, 500ms주기일 경우 82% 이상의 정확도를 제공할 수 있음을 확인하였다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장에서 가상의 기회 컴퓨팅 응용 서비스인 “어린이 보호 서비스”에 대해 설명하고 이 서비스에서 필요한 요구사항들을 도출해 낸다. 3장에서는 도출된 요구사항을 바탕으로 통신환경, 통신장치, 위치인식 그리고 상황인지 구조를 포함하는 시스템을 디자인하고 4장에서는 실제 실내 환경에서 uMobile과 uClo를 사용하여 위치인식과 상황인지 서비스를 구현하고 테스트 한 결과와 데이터의 전송 시간 그리고 전류 소모량에 따른 동작 기대시간을 나타낸다. 5장에서는 기회 컴퓨팅과 위치인식 그리고 사용자 장치에 관한 관련연구에 대해 논의하고 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 기본 서비스 개념 및 고려사항

이 장에서는 제안하는 시스템의 이해를 돕기 위한 가상의 기회 컴퓨팅 서비스인 “어린이 보호 시스템”에 대한 내용과 요구사항에 대해 설명한다. 어린이 보호 시스템은 어린이의 현재 위치와 상태를 보호자에게 알려주는 서비스이다. 유치원이나 학교와 같이 다루어야 할 어린이들이 많거나 보호자가 처음 와보는 복잡한 장소에서는 잠시만 신경을 쓰지 않아도 어린이가 위험에 빠질 수 있다. 이를 방지하기 위해 이 서비스는 보호자와 어린이 간에 양방향 통신이 가능한 통신장치를 사용하여 상호간에 거리가 멀어지거나, 어린이가 위험한 장소에 접근하거나, 갑자기 몸 상태가

나빠지거나, 위험한 행동을 할 경우 보호자에게 빠르게 알려주고 지시에 따라 행동할 수 있도록 경보 신호를 제공한다. 이를 위해 어린이의 현재 위치 정보, 상태 정보 등이 보호자에게 주기적으로 전달되어야 하며 만약 어린이가 보호자와 통신이 되지 않는 위치에 도달 했을 경우 통신장치는 어린이의 현재 상태 정보에 기반 해서 주변의 다른 통신 장치와 연동하여 보호자와 통신을 할 수 있도록 시도해야 한다. 만약 위급 상황이 발생했을 경우 모든 통신 수단을 사용하여 보호자와 경찰에게 연락해야 한다. 어린이가 아직 어리거나 호기심이 많을 경우 통신장치를 제대로 조작하지 못해 망가뜨릴 수 있고 분실의 위험성도 크기 때문에 다양한 기능을 제공하면서도 최대한 작고 가벼워서 의복에 내장 할 수 있도록 해야 하며 보호자용 통신장치는 다수의 어린이 통신장치와 통신이 가능하면서 가격이 저렴하고 사용하기 편해야 한다.

기회 컴퓨팅은 기본적으로 Delay Tolerant Networks(DTN)<sup>[26]</sup>에 기반 한다. DTN은 인터넷과 연결된 디바이스와 그렇지 않은 디바이스로 구성되고 이들 간에 통신을 수행할 때 높은 데이터 전송 딜레이와 통신이 도중에 끊기는 환경을 가정한다. 즉 전쟁터나 화재 발생과 같은 재난 환경 상황에서의 통신을 수행하기 위해 생겨난 개념이다. 어린이에게 위급 상황이 닥쳤을 때 언제나 통신이 잘 될 것이라고 기대할 수 없기 때문에 주변 환경의 통신 노드와 상호 사회적 관계 (Social Community)를 맺어 일종의 협업을 통하여 통신을 수행하는 기회 컴퓨팅의 개념은 어린이 보호 시스템에 매우 적합하다.

본 서비스를 실제로 제공하기 위해서 고려해야 할 사항은 크게 네 가지; 통신환경, 통신장치, 위치인식 그리고 상황인지로 나누어 생각해 볼 수 있다. 첫 번째로 통신환경을 살펴보면 휴대폰 통신(CDMA)과 같은 기존의 통신 방식을 사용할 경우 실내외를 포함하여 다양한 환경에서 통신이 가능하지만 높은 통신 비용으로 인한 서비스 요금의 증가, 통신 장치의 크기 및 무게 증가, 높은 전력소모로 인한 서비스 시간의 감소 등의 문제점이 존재한다. 현재 인기를 끌고 있는 무선 랜(WiFi) 방식을 사용하면 이러한 환경이 잘 갖추어진 사무실과 같은 환경에서는 잘 동작하고 통신 비용도 저렴하지만 통신장치의 크기 및 무게 문제와 높은 전력 소모 문제는 여전히 존재한다. 만약 근거리 저 전력 통신(IEEE 802.15.4)을 사용하면 어디서나 통신을 시작할 수 있고 통신 비용이 없으며 통신장치가 가볍고 전력소모가 적지만 통신 거리의 한계가 있고 통신 대역폭이 작은 점이 최대 단점이 된다. 두 번

째로 통신장치를 살펴보면 크게 어린이용 장치와 보호자용 장치로 나누어 생각해야 한다는 점을 알 수 있다. 어린이용 장치는 통신 기능 외에도 상태 파악을 위한 기능을 제공해야 한다. 다양한 기능을 제공할수록 더욱 정확한 상태를 알아낼 수 있겠지만 장치의 크기와 전력소모 문제는 어린이용 장치의 가장 중요한 고려대상이다. 보호자용 장치는 어린이의 상태를 정확하게 파악하고 알려주는 기능을 제공해야 한다. 어린이용 장치보다 GUI와 같은 고급 기능을 제공해야 하므로 통신 장치의 비용문제, 사용상의 편의성 등을 중점적으로 고려해야 한다. 세 번째로 위치인식에 대해 살펴보면 어린이의 위치정보가 좌표단위의 정확한 정보로 전달되는 것이 가장 선호되지만 그것이 불가능할 경우 의미 있는 단위지역 혹은 안전한 위치 혹은 위험한 위치에 존재하고 있다는 사실만 전달할 수 있어도 충분한 정보로 활용하여 이에 따른 대응을 할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 단위지역을 어떻게 설정하고 이를 어떻게 관리할 것인지에 대한 사항과 단위지역에 접근 및 멀어짐을 판단할 수 있는 방법 그리고 어린이의 실제 위치와 단위지역간의 오차를 줄일 수 있는 방법이 필요하다. 마지막으로 상황인지에 관하여 살펴보면 어린이의 상태정보는 움직임, 체온, 탈의, 현재 위치 등이 포함되며 어린이용 장치는 이들을 다양하게 제공하여 실제 상황을 최대한 정확하게 알아내도록 하는 것이 중요함을 알 수 있다. 또한 다양한 센서에서 들어오는 데이터에 기반 하여 그 값이 미리 정의된 경보 데이터를 위반하면 경보와 같은 적절한 행동을 수행하고 이를 보호자에게 알려 주어야 한다. 그러나 개별 센서가 경보 데이터를 위반할 때 마다 이를 보호자에게 알려주면 순간적인 상황 변화에 따른 거짓 정보인 경우가 많이 발생하게 되므로 다중의 센서 데이터를 동시에 판단하여 실제로 위험상황임을 판단하여 알려주는 방법이 필요하다.

### III. 시스템 디자인

이 장에서는 제안하는 통신 환경, 통신 장치 그리고 위치인식 및 상황인지 서비스를 2장에서 설명한 가상 응용 서비스에 기반 하여 설명한다.

#### 3.1 통신 환경

휴대폰 통신 기술인 CDMA와 대표적인 센서 네트워크 통신 기술인 IEEE 802.15.4는 서로 전력소모, 통신 대역폭, 통신거리, 통신 장비 설치 난이도, 통신 비용 같은 특성 및 장단점이 매우 직교적 이어서 상호

보완적으로 동작하였을 때 큰 시너지 효과를 일으킬 수 있다. 비록 국내에서는 대부분의 장소에서 휴대폰으로 통신이 가능하지만 통신 인프라가 미흡한 국가나 혹은 안전사고가 많이 발생하는 건물의 지하나 하수도, 깊은 산속과 같이 기지국이 없거나 통신 범위가 닿지 않는 환경에서는 통신이 불가능할 수 있다. 이러한 환경에서 통신하기 위해서는 어디에서나 통신을 시작할 수 있고 적절한 대역폭을 지원하는 IEEE 802.15.4를 사용하는 것이 유리하다. 휴대폰을 사용할 수 있는 환경에서도 IEEE 802.15.4통신이 가능하다면 이를 사용하는 것이 통신 비용을 줄이고 지역기반의 다양한 서비스도 제공받기 수월하다. uMobile은 휴대폰에 IEEE 802.15.4방식의 통신 기회를 부여하여 상황에 맞는 통신 방식을 자동으로 선택할 수 있도록 하였다. IEEE 802.15.4통신 기회를 얻기 위해 주위에 고정형 Ad-hoc 통신노드(U-FIPI)<sup>15)</sup>나 타인의 uMobile 혹은 uClo가 존재하는지 확인하여 Ad-hoc 통신 기회를 얻을 수 있는지를 먼저 확인하고 불가능할 경우 휴대폰 통신을 사용하여 통신 기회를 얻는다. 만약 모든 통신이 불가능할 경우 통신 기회가 생길 때까지 데이터를 저장 하였다가 디바이스가 이동하여 타 디바이스와 통신 기회를 얻게 되면 바로 통신을 재개한다. uClo는 IEEE 802.15.4 통신만이 가능한데 통신 기회를 얻지 못했을 경우 uMobile과 마찬가지로 일단 통신을 중단하고 데이터를 저장해 두었다가 통신이 가능한 지역으로 이동하거나 주위에 uMobile이 접근하여 통신 기회가 생길 때에 통신을 재개 한다.

그림 1은 기회 컴퓨팅 환경에서 통신을 바라보는 관점에 대해 나타낸 것이다. 그림의 가장 아래 Human Social Network Layer는 사람들이 사회적인 관계를 맺고 있는 것을 나타낸 것이다. 이러한 사회적 관계를

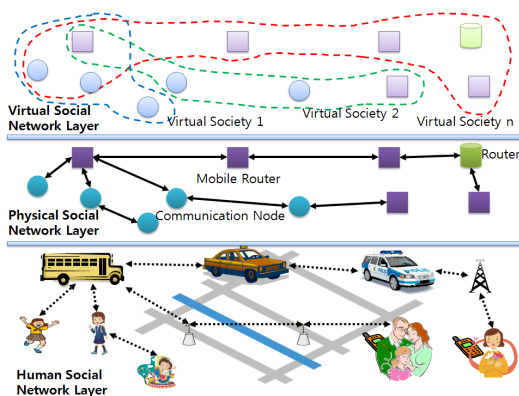


그림 1. 기회 컴퓨팅 환경의 통신 관점과 통신 장치간의 사회적 관계 형성 방법

사용자 각각의 통신 장치들에 적용해 보면 그림 중간의 Physical Social Network Layer와 같이 통신장치 간에도 상호 연관 관계를 맺고 통신을 수행 하는 것으로 판단할 수 있다. 이러한 통신 장치간의 유기적인 연계를 더욱 추상화 시키면 그림 가장 위쪽의 Virtual Social Network와 같이 통신 장치 간에 인간 사회와 같은 가상적인 사회관계가 형성되어 통신이 이루어지게 된다. 마찬가지로 어린이 보호 시스템도 그림 1과 같은 계층 관계를 통해 서로 관련된 사용자들의 통신 장치들이 가상의 사회적 관계를 맺고 통신을 수행하게 된다. 이러한 사회적 관계는 학교, 집, 거리와 같이 공간적으로나 시간적으로 상호 연결되어 있지 않고 완전히 분산되어 존재하게 된다. 그러나 이렇게 분산된 사회적 관계가 어린이 보호 시스템이라는 서비스 혹은 Social Community 관계에 관심 있는 통신 노드들의 참여를 통해 하나의 큰 서비스 공간으로 확장되고 연결되므로 제안된 서비스는 그 어떤 방식보다 효율적으로 동작할 수 있다.

### 3.2 사용자용 통신 장치

현재 휴대폰은 모바일 컴퓨팅을 위한 가장 핵심적인 도구로 사용되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 보호자용의 장치를 새로 개발 하는 것 보다는 휴대폰과 공생하는 작은 장치가 필요하다고 생각하였다. 즉 휴대폰과의 연결을 통해 전원을 공급받아 동작하고 이미 구축된 강력한 사용자 인증을 제공받으며 LCD, 사운드, 입력장치와 같은 다양한 리소스를 제공 받으면서 휴대폰에 Ad-hoc 통신을 제공해 줄 수 있는 장치를 고안하게 되었다. 이러한 휴대폰 착탈식 디자인은 The PSI Board<sup>12)</sup>와 같은 연구에서 이미 이루어진 적이 있다. 그러나 이 장치는 하드웨어가 크고 성능이 과도하며 통신 인터페이스 부분에서 우리의 요구사항과 맞지 않았기 때문에 요구사항에 맞게 새롭게 디자인된 하드웨어인 uMobile을 제작 하였다. MCU로는 TI사의 CC2430과 CC2530을 사용하여 저전력, 합당한 성능, IEEE 802.15.4 기반의 Ad-hoc통신을 지원할 수 있도록 하였고 38x24x7mm의 작은 크기를 가진다. 어린이들을 위한 장치인 uClo는 uMobile 하드웨어에 기반하여 Tilt Sensor, Accelerometer, Thermistor, Battery를 추가하여 제작하였다. uClo는 디바이스 단독으로도 사용할 수 있지만 특수한 의복과 연결하여 의복 탈의 및 중요물품 도난방지와 같은 기능을 제공할 수 있다. uClo는 400mAh의 리튬폴리머 배터리를 포함하여 50x25x15mm의 크기와 19g의 무게를 가진다. 두 가지 모두 다른 장치와의 접속을 위한 인터페

이스는 TTA<sup>[23]</sup>의 표준 커넥터를 사용하였다. 그림 2는 각각 uMobile과 uClo의 구조와 실제 디바이스를 나타내고 있다.

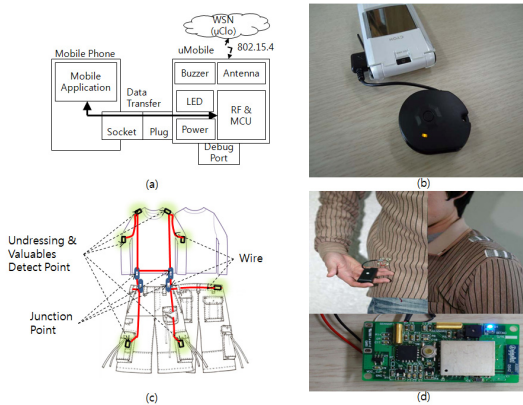


그림 2. 제작된 디바이스들의 구조 및 실제 모습 (a) uMobile의 하드웨어 구조 (b) uMobile의 실물 장치 (c) uClo와 연결되는 의복구조 (d) uClo와 의복의 실제 연결 모습

### 3.3 위치인식 서비스

이동노드의 위치인식을 위해 먼저 이미 잘 알려진 기술인 통신 장치간의 RF세기에 기반한 삼각측량법을 수행하였으나 이동노드에서 수행해야 하는 계산량 및 통신량이 많고 RF세기의 값이 주변 환경 변화에 민감하게 반응하여 실제 환경에서 적용하기에 오차가 큰 문제점이 발생하였다. 실질적인 서비스에서는 정밀한 위치를 인식하는 것 보다는 빠른 시간 내에 의미 있는 공간의 위치를 인식할 수 있는 것이 더 중요하기 때문에 RF 세기의 값을 위치인식에 사용하지 빠른 시간 내에 의미 있는 위치를 제공할 수 있도록 개선된 방법을 사용하였다.

이동노드는 주변 고정노드에 위치인식 패킷을 브로드캐스팅하여 전달하고 이를 전달받은 고정노드들은 패킷의 RF세기를 기록하여 이를 다시 이동노드에 전달할 위치인식 ACK. 패킷에 포함하여 전달한다. 이동노드는 각 고정노드에서 전달받은 위치인식 ACK. 패킷을 분석하여 이동노드가 고정노드에 전달한 패킷의 LQI값과 고정노드가 이동노드에 전달한 패킷의 LQI 값 중 큰 값을 선택하고 이를 과거 n 개의 LQI값과 다시 비교하여 큰 값을 현재 고정노드에서 얻은 LQI 값으로 선택한다. 아래의 1번식은 이를 나타내고 있다.

$$LQI(t) = \text{MAX} \left( \bigcup_{i \in t-n+1}^t \text{MAX}(LQI_{TX(i)}, LQI_{RX(i)}) \right)$$

when  $n \geq 0$

(1)

이동노드는 이러한 LQI값 중 가장 큰 LQI값을 보여주는 고정노드에 위치하고 있다고 판단한다. 그림 3의 1번 노드는 LQI값을 비교하여 A의 단위공간에 있다고 추정하고 있다. 2번 노드와 같이 LQI값이 크게 차이 나지 않고 비슷한 경우는 이동노드가 각 고정노드의 경계에 위치하고 있다고 판단할 수 있다. 이 경우 시간이 지남에 따라 이동노드가 순간적으로 각 단위공간을 이동하는 현상이 나타나게 되는데 이 경우에는 LQI값이 일정 값 이상으로 차이 나지 않으면 이전 위치에 계속 존재하는 것으로 판단한다. 3번 노드는 현재 고정노드와 통신을 하지 못하는 위치에 존재하므로 3번 노드를 관리하는 서비스는 가장 마지막에 위치했던 곳의 정보와 함께 현재 통신이 되지 않고 있다는 상황을 인식할 수 있다.

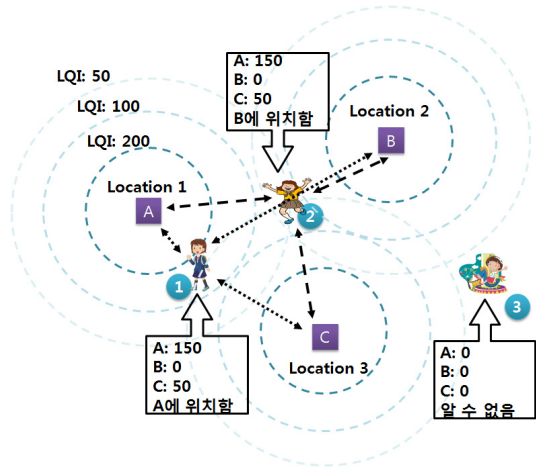


그림 3. 단위 공간 기반의 위치인식 방법

### 3.4 상황인지 방법

보다 정확한 상황인지를 위해서는 개별 센서들의 값을 바로 상황인지 결과에 반영하는 것 보다 다양한 센서들을 통해 얻어지는 값인 RF세기, 가속도, 체온, 이전의 행동정보 등을 종합적으로 판단하여 결정하는 것이 필요하다. 또한 RF세기나 가속도의 경우 센서 값에 순간적인 노이즈가 들어가기 쉬우므로 Raw데이터의 필터링은 반드시 필요하다.

그림 4는 uClo에 구현된 상황인지 구조를 나타내고 있는데 총 4단계를 거쳐 실제 상황을 추론하고 이와 관련된 행동을 수행 한다. 먼저 Gathering Raw Data단계에서는 주기/비주기적으로 들어오는 센서 데이터를 수집하고 필터링 된 데이터 값을 생성한다. 복잡한 계산을 방지하면서도 적절한 성능을 얻기 위해 평균필터를 사용하였다. Primitive Activity Recognition

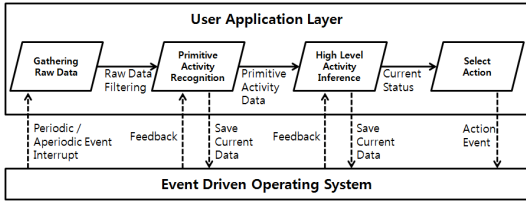


그림 4. uClo의 상황인지 구조

단계는 각각의 센서 값을 결정하는 단계로서 전 단계에서 수집된 필터링된 데이터와 이전 인식 때 피드백을 목적으로 저장해 둔 센서 데이터를 조합하여 각 센서의 현재 상태 값을 결정한다. 결정된 현재 센서 값은 다시 피드백을 위해 저장된다. High Level Activity Inference 단계는 수집된 각각의 센서 값을 토대로 사용자의 현재 상태를 추론해 내는 단계이다. 수집된 센서 값과 피드백을 위한 이전 현재 상태 값을 기준으로 하여 새로운 현재 상태를 추론하고 이를 저장한다. Select Action 단계는 추론된 현재 상태를 기반으로 정의된 행동을 Event로 공지하여 Action을 담당하는 태스크가 이를 처리하도록 한다.

#### IV. 실험 결과

이번 장에서는 uMobile과 uClo를 사용하여 구현된 사용자 위치인식 및 상황인식 서비스를 테스트한 결과를 나타낸다. 단위 위치 테스트를 위한 고정 노드로는 이전 연구에서 개발한 U-FIPI를 사용하였다.

##### 4.1 테스트 환경

위치 인식 테스트를 위해 4개의 U-FIPI를 실내 환경에서 분산하여 설치하였다. 의미 있는 단위공간인 각 방에 한 개씩 설치하고 복도에 한 개를 설치하였는데 각 노드의 거리는 5~6m 사이에 위치한다. 그림 5

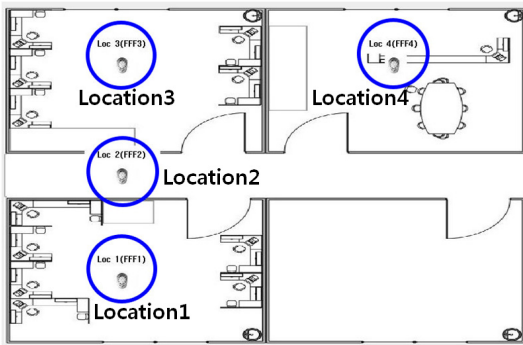


그림 5. 테스트를 위한 실내 고정노드(U-FIPI) 배치

는 고정노드가 실제 실내에서 배치된 위치를 나타내고 있다. 각 방은 콘크리트로 막혀 있으나 Location 1과 Location 3 사이에 각각 유리창이 존재하고 출입문은 나무 재질이며 단위공간을 이동 할 때를 제외하고는 완전히 닫혀진 상태로 테스트하였다. RF 노이즈를 제거하기 위해 주위의 모든 2.4Ghz대역의 통신 장치를 제거하였으나 공용의 건물이어서 완벽하게 노이즈를 제거하지는 못한 것으로 파악된다.

##### 4.2 단위공간 이동에 따른 위치인식

통신 노드의 RF세기를 사용한 위치인식은 일반적으로 얻어진 RF세기를 이론적인 거리-RSSI 모델에 기반 하여 삼각측량을 수행해서 현재 위치를 추정한다. 그러나 실제로는 공간특성에 따른 다양한 잡음, 안테나 방향성, 시간의 변화 등에 따라서도 그 값이 계속 변하게 되는데 이는 정확한 위치를 추정 하는데 큰 어려움이 된다. 그림 6은 Location 2에서 고정노드와 uClo를 1m거리로 고정하여 약 4분간 500ms 주기로 이동노드에서 고정노드로 패킷을 전달하고 그 LQI를 측정하는 것이다. 60과 80 사이에서 계속 값이 흔들리고 있음을 알 수 있다. 고정노드와 이동노드의 직선 방향(line-of-sight)에 장애물이 발생하면 이러한 LQI 값의 변화는 순간적으로 더욱 크게 발생한다.

그림 7은 동일한 위치에서 고정노드와 이동노드 사이를 사람이 천천히 지나갔을 때 나온 결과이다. 순간적으로 LQI값이 40 아래로 떨어지고 있음을 알 수 있다.

결국 이러한 물리적인 현상으로 인해 실제 환경에서 LQI를 이용하여 좌표 인식과 같은 정밀한 위치인식을 하는 것은 매우 어려운 일임을 알 수 있다. 또한 이러한 위치인식을 위해서 필요한 많은 수학적 계산은 uClo에서 사용하는 8 bit MCU가 처리 할 수 있는 양을 쉽게 넘어선다. 그러나 그림 8의 Location 2 내

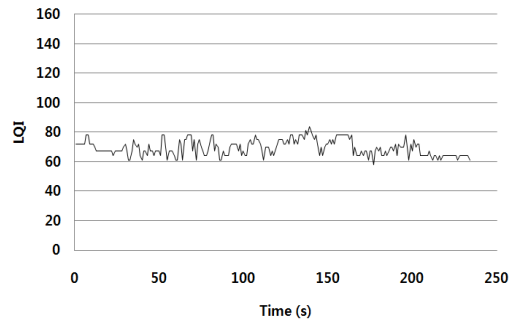


그림 6. 고정위치에서 시간에 따른 LQI의 변화

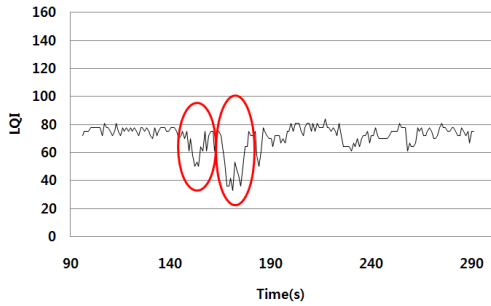


그림 7. Line of sight에 장애물 발생시 LQI의 변화

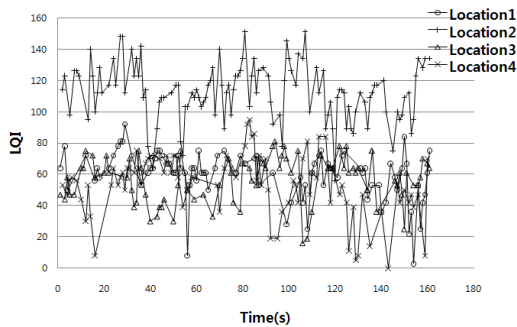


그림 8. 2번 위치에서 내부 랜덤 이동 시 LQI 값의 변경 (3초마다 위치 확인)

부에서 랜덤으로 이동했을 경우의 LQI의 변화 값을 살펴보면 정밀한 위치가 아니라 단위 공간을 인식하는 것은 많은 연산을 수행하지 않아도 가능함을 알 수 있다. 비록 일부 구간에서 실제 위치와 추정 위치가 다른 부분을 확인 할 수 있지만 이는 순간적인 안테나의 위치 및 각도의 변경으로 인한 노이즈로 판단되며 대부분의 구간에서 실제 위치와 추정 위치가 동일함을 알 수 있다. 단위 공간을 이동할 때에도 이러한 LQI값의 변화는 확연히 나타난다. 그림 9는 Location 1에서 시작하여 순서로 단위 공간을 이동했을 때의 LQI값을 나타낸 것이다. 이동노드가 1, 2, 3, 2, 4, 2, 1

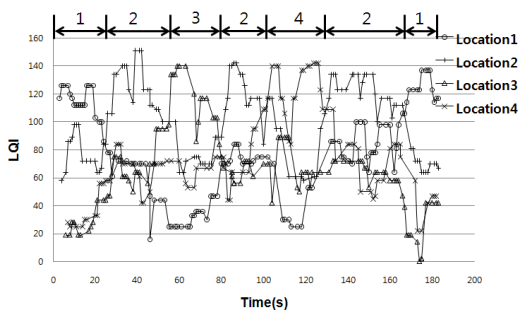


그림 9. 단위공간 이동 시 LQI값의 변화

1 순서로 이동하고 있는 것을 확인할 수 있다.

### 4.3 사용자 상태 인식

uClo는 사용자의 상태인식을 위해 3축 가속도 센서와 기울기 센서 그리고 서미스터를 사용하여 사용자의 움직임 상태와 체온을 알아낸다. 또한 도전사를 이용한 탈착 감지 스위치를 통해 탈의 상태와 귀중품 탈착 여부를 알아 낼 수 있다. 가속도 센서는 현재 사용자가 멈추어 있는지 걷고 있는지 달리고 있는지를 감지해 낼 수 있고 멈추어 있는 상태에서는 서 있는지 없으려 있는지, 똑바로 누워 있는지, 옆으로 누워 있는지 여부를 감지할 수 있다.

그림 10은 uClo를 착용하고 약 1분간의 움직임을 측정된 것인데 움직임을 변경함에 따라 측정값이 확연히 변하는 것을 확인할 수 있다. 이 결과를 살펴보면 측정을 시작한지 약 13초 후 걷기 시작하고 약 47초 후 뛰기 시작했다고 추측할 수 있다. 실제로는 10초 후 걷기 시작했고 45초 후 뛰기 시작하였다. 가속도 센서의 측정값은 움직임이 발생했을 때 생기는 동적 가속도와 중력의 영향으로 인한 정적 가속도를 구분할 수 없다. 이를 위해 uClo를 일정한 방향으로만 고정하여 사용하거나 전원이 켜졌을 때 특정 축을 중력방향으로 사용하는 방법이 있다. 장단점이 각각 존재하나 여기서는 첫 번째 방식의 고정위치 방식을 사용하였다.

표 1은 멈춰있는 상태에서 감지해 낼 수 있는 상황과 그 경우 생길 수 있는 이상적인 가속도 값을 나타

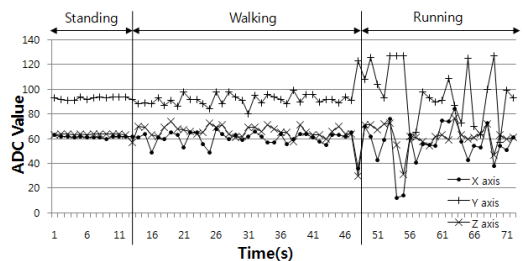


그림 10. 서있기-걷기-달리기상태의 가속도 센서 측정 값 (필터링 단계 이후의 값)

표 1. 멈춰있는 상황에서 감지할 수 있는 상태와 이상적인 가속도 값

멈춰있는 상태	X Axis	Y Axis	Z Axis
서 있음	0	1g	0
엎드려 있음	1g	0	0
누워 있음	-1g	0	0
옆으로 누워 있음(좌/우)	0	0	-/+ 1g

내었다. 여기서 X축은 uClo 착용자의 전방방향, Y축은 아래쪽 방향 그리고 Z축은 우측방향이 된다.

그림 11은 uClo를 착용한 사용자가 멈춰있는 상태에서 감지할 수 있는 상태를 취하고 이때 uMobile의 UI화면에서 이를 확인한 것을 보여주고 있다.

표 1의 4가지 상황과 서 있기, 걷기, 달리기의 총 7가지 상황을 50번씩 되풀이 하여 테스트 한 결과 100ms주기로 샘플링을 하였을 경우 3초 내에 98% 이상의 정확도를 500ms주기일 경우 82% 이상의 정확도를 보였다. 그림 12는 상황인지 샘플링 주기에 따른 인식 정확도를 나타낸 것이다. 7개의 상황인식 결과를 평균 내어 나타내었다.

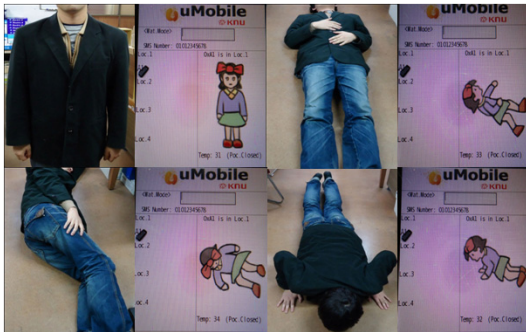


그림 11. 사용자 상태와 uMobile UI의 감지상태 표시

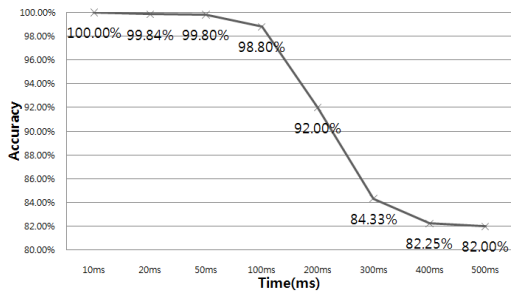


그림 12. 상황인지 샘플링 주기에 따른 인식 정확도 결과

#### 4.4 기회 컴퓨팅형 데이터 전달

사용자의 위치 인식과 상태 인식을 통해 나온 결과가 위급 상황으로 판단되면 그 데이터는 어린이 보호 시스템 Social Community에 신속하게 전달 되어야 한다. 기회 컴퓨팅 환경에서 데이터가 전달되는 시나리오를 크게 세 가지로 나누어 데이터 발생시부터 최종 목적지에 전달되는 시간을 본 테스트 환경에서 측정 하였다. 데이터 전달 시나리오는 첫 번째로 데이터가 IEEE 802.15.4 방식으로 uClo에서 uMobile에 전달되고 다시 휴대폰 통신(SMS)으로 다른 uMobile에

전달되는 시나리오, 두 번째로 uClo가 데이터를 주변 uMobile 혹은 uClo에 IEEE 802.15.4 방식으로 전달하고 데이터가 3홉을 거쳐 주변의 고정노드에 전달되어 서버로 전달되는 시나리오, 마지막으로 uMobile이 IEEE 802.15.4방식으로 데이터를 바로 고정노드로 전달하고 3홉의 고정노드 통신을 거쳐 고정노드에서 uMobile에 IEEE 802.15.4방식으로 전달하는 시나리오로 진행하였다.

표 2는 각 시나리오의 데이터 전달 순서와 측정된 시간을 나타내고 있다. 여기서 평균 패킷의 크기는 40byte이며 수행 시간은 테스트를 10번 수행하고 얻은 값들의 평균값이다.

첫 번째 시나리오는 SMS의 전달 속도 때문에 다른 시나리오보다 훨씬 큰 전달 시간을 갖지만 실제 서비스에서 허용할 수 있는 수준이라고 판단된다. 두 번째와 세 번째 시나리오의 전달 시간은 구축된 센서 네트워크의 혼잡도나 홉 수에 좌우된다. 실제 상황에서는 이 시나리오들이 선택적으로 혹은 동시에 수행 될 것이고 주변 환경에 통신할 수 있는 기회가 얼마나 주어지는가에 따라 이러한 통신 시간이 크게 영향 받을 것이다. 그러나 일단 통신 기회가 충분히 주어진 환경이라면 표 2에서 나타난 수행시간과 큰 차이가 나타나지 않으리라고 예상된다.

표 2. 각 시나리오의 데이터 전달과 수행시간

데이터 전달 순서	수행 시간 (ms)
uClo → uMobile → uMobile	8037
uClo → uMobile, uClo X 3홉 → 고정노드 → 서버	12.85
uMobile → 고정노드 X 3홉 → uMobile	14.3

#### 4.5 전류소모량

uMobile은 휴대폰 배터리로 uClo는 자체 배터리 기반으로 동작한다. uMobile은 사용할 수 있는 배터리의 용량이 크고 사용시간에 크게 민감하지 않아 비동기 메시지를 수신하기 위해 언제나 Active 모드로 수행되지만 uClo는 배터리의 용량이 작고 의복 내장을 위해 최대한 동작 시간을 길게 보장하는 것이 중요하므로 통신 및 센서들은 Active와 Sleep 모드를 주기적으로 반복한다. 표 3은 uClo 내장 모듈 각각의 전류소모량을 나타낸 것이다. 전류를 가장 많이 소모하는 부분은 RF/MCU 부분임을 확인할 수 있다.

통신 주기는 필요에 따라 10ms에서 10s까지 설정할 수 있으며 주기 안에는 4ms간 지속되는 Active 타임과 이를 제외한 Sleep 타임으로 구성된다. 그림 13



표 3. uClo 내장 모듈의 전류 소모량 (3.0V 동작)

Mode	Consumption
RF/MCU Power Mode 0 (Active Mode) Radio RX on	35 mA
RF/MCU Power Mode 0 (Active Mode)Radio TX on (10dBm)	60 mA
RF/MCU Power Mode 1 (Sleep Mode)	195 uA
RF/MCU Power Mode 2, 3 (Deep Sleep Mode)	5 uA
Module	Consumption
가속도 센서 (Active/Sleep)	500 uA / 3 uA
기울기 센서 (Active)	0.3 uA
탈의 감지 스위치 (Active)	0.3 uA
서미스터 (Active)	150 uA

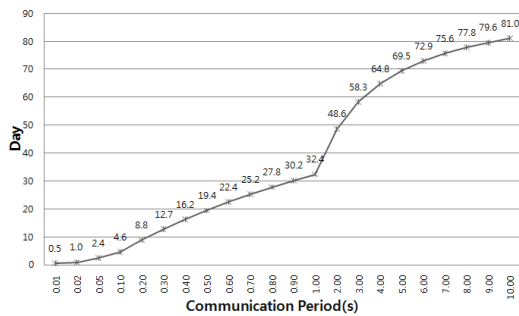


그림 13. uClo의 통신 주기에 따른 기대수명

은 uClo의 통신 주기에 따른 기대 수명을 나타낸 것인데 uClo의 400mAh 배터리를 70% 사용할 수 있고 Active 타임에 60mA를 소모하며 Sleep 타임에 20uA를 소모한다고 가정하였다. 기본 주기는 0.5s로 설정되어 있으므로 기대되는 수명은 19.4일 이며 약 2주에 한번 씩 충전하여 사용이 가능하다.

### V. 관련 연구

기회 컴퓨팅의 가능성과 장점 그리고 해결해야 할 점을 M. Conti<sup>[1]</sup>가, 현재 기회 컴퓨팅에서 사용되고 있는 다양한 데이터 라우팅 방식을 L. Pelusi<sup>[2]</sup>가 잘 설명하였다. P. Juang<sup>[3]</sup>은 기회 서비스라는 용어가 생기기 전에 이미 이러한 개념을 적용하였는데 이 연구는 에너지 제약적인 상황에서 얼룩말의 생태를 관찰하기 위해 목에 부착 가능한 Collar를 디자인하고 생태정보를 Collar 내부에 기록하여 통신 기회가 생겼을

때 데이터를 송수신할 수 있도록 하였다. R. Mangharam<sup>[4]</sup>는 센서네트워크를 통해 지하 광산과 같은 거친 환경에서 음성을 전달 할 수 있도록 하였다. 기회 컴퓨팅은 이러한 다양하고 특수한 환경에서 매우 중요한 통신 방식으로 사용될 수 있다.

위치인식과 관련해서는 다양한 방식이 제안되고 있으나 그 중에서 우리가 채택한 단위공간 기반의 위치인식은 R. Want<sup>[6]</sup>이 먼저 시도하였다. 단위공간 기반의 위치인식과 유사한 연구<sup>[7-11]</sup>는 다양한 센서를 통해 위치인식을 하려 시도하였으나 GPS 방식은 실외에서는 잘 동작하지만 실내에서는 오차가 크고 전력소모가 크며 비싼 단점이 있고 RFID 방식은 단위 위치를 정확하게 알 수 있는 장점은 있으나 위치를 인식하는 리더에 근접해야 하고 양방향 통신이 불가능하여 위치 외의 추가적인 서비스를 받을 수 없는 단점이 있다.

사용자용 장치와 관련해서는 다음의 연구를 참조하였다. The PSI Board<sup>[12]</sup>는 uMobile과같이 휴대폰 기반의 Body Sensor Network(BSN)을 위한 휴대폰 확장 모듈에 관한 연구로서 표준 MMC/SD 방식의 슬롯을 사용하여 휴대폰에 부착되고 센서들과 통신하기 위해 IEEE 802.15.4를 지원한다. 이 모듈은 내장된 가속도 센서와 확장 커넥터를 사용하여 사용자의 동작 모니터링이나 제스처 인식 및 게임 등에 응용될 수 있다. uWave<sup>[13]</sup>은 uClo와 같이 사용자의 동작을 인식하는 연구이다. Dynamic Time Wrapping(DTW) 방식을 사용하여 다양한 vocabulary gesture를 인식시켜 복잡한 움직임도 인식이 가능하다. Telos<sup>[14]</sup>는 Berkeley 대학에서 제작한 센서 플랫폼으로 WSN/BSN에 관련된 많은 연구들이 구현 및 테스트를 위해 사용하고 있다. TI사의 CC2420을 사용하여 센서들과 IEEE 802.15.4 방식으로 통신하고 IO확장 커넥터를 지원하여 다양한 센서들을 연결 할 수 있도록 디자인되었다. 내장 소프트웨어가 오픈소스로 진행되기 때문에 특히 인기가 높은 센서 네트워크 플랫폼이다. 그러나 이러한 연구들과는 별개로 uMobile과 uClo는 하드웨어/소프트웨어적으로 우리의 요구사항에 맞게 완전 새롭게 구현된 장치이다.

사용자 장치의 배터리 소모를 줄이기 위해서 주변 환경의 RF 세기를 확인하여 통신 기회를 확인하는<sup>[18]</sup> 개념을 도입하려 하였으나 크기 문제를 해결하지 못해 이번 연구에서는 제외하였다. 이외에도 기회 컴퓨팅의 기반 기술인 WSN과 BSN에서 다양한 통신 기술들<sup>[19-22]</sup>과 서비스<sup>[15-17]</sup>가 연구되고 있다. 통신 기술에는 프로토콜, 라우팅, 미들웨어 등의 연구가 많이

진행되고 있고, 서비스로는 심전도, 당뇨, 혈압과 같은 지속적인 건강관리가 필요한 환자나 어린이, 노인 등과 같이 보호자가 필요한 분야에서 사용될 수 있는 다양한 서비스가 연구되고 있다. 이러한 서비스들은 특히 BSN에서 크게 다루고 있다<sup>[24][25]</sup>. 일반적으로 BSN은 사람 몸 주변에 작은 범위의 네트워크를 구성하고 데이터를 수집하며 이를 처리하거나 혹은 서버와 같은 기반 시스템으로 보내는 것에 집중한다. 또한 사용자의 정밀한 상태인식, 작고 가벼운 디바이스, 데이터의 보안 및 프라이버시 그리고 기존 통신망과의 상호 운용성 등에도 연구 초점이 모아지고 있다. 제안된 서비스에 미루어 비추어 본다면 특정한 네트워크 기술에 기반하지 않고 통신 디바이스간의 Social Community 관계를 중요시 하는 기회 컴퓨팅은 BSN보다 넓은 범위의 추상화 된 개념으로도 볼 수 있다. 제안된 서비스에 미루어 비추어 본다면 특정한 네트워크 기술에 기반하지 않고 통신 디바이스간의 Social Community 관계를 중요시 하는 기회 컴퓨팅은 BSN보다 넓은 범위의 추상화 된 개념으로도 볼 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 최근 Ad-hoc 네트워크에서 중요해지고 있는 기회 컴퓨팅에 대한 개념과 가상의 기회 컴퓨팅 서비스인 “어린이 보호 시스템” 및 이를 구현하기 위한 시스템 구성에 대해 서술하였다. 또한 휴대폰과 연결하여 IEEE 802.15.4 통신과 휴대폰 통신을 동시에 지원할 수 있는 uMobile과 의복에 내장할 수 있고 상황인지가 가능한 uClo를 기회 컴퓨팅 환경의 사용자용 장치로 제안하였다. uMobile은 휴대폰과 연결되어 전원을 공급받고 IEEE 802.15.4 통신을 지원하여 다양한 기회 서비스를 제공할 수 있다. uClo는 uMobile의 기본 하드웨어에 Tilt Sensor, Accelerometer, Thermistor, Battery를 추가하여 사용자의 상태인식을 가능하게 하고 의복과 연결하여 의복 탈의 및 중요물품 도난방지 기능을 제공할 수 있다. 또한 개발된 장치들이 제시된 가상의 서비스에서 어떻게 적용될 수 있는지를 나타내었다.

기회 컴퓨팅을 위한 기반 서비스인 위치인식 서비스를 위해서는 통신 노드의 RF세기 값을 이용한 단위 공간 인식 방식이 RF세기의 오차가 큰 실제 환경에서 적합하게 사용될 수 있다는 것을 실제 단위공간 이동 테스트를 통해 확인하였다. 사용자 상황인지를 위해서 Gathering Raw Data, Primitive Activity Recognition, High Level Activity Inference, Select Action의 4단

계를 거쳐 현재 상황을 추론하게 되는데 7가지의 상황을 50회 반복 테스트 하여 100ms 주기로 샘플링 한 결과 3초내에 98%의 정확도를 보였고 500ms 주기로 샘플링 했을 경우는 82%의 정확도로 동작하는 것을 확인하였다. 또한 기회 컴퓨팅형 데이터 전달을 세 가지 시나리오로 나누어 각각의 수행 시간을 테스트 하였는데 평균 수행시간은 8037ms, 12.85ms, 14.3ms가 걸리는 것을 확인하였다. 이 시나리오들은 실제 환경에서 주변 환경의 통신할 수 있는 기회에 따라 선택적으로 혹은 동시에 수행되며 수행시간은 주변 통신 환경에 따라 영향을 받는다.

본 연구팀은 멀지 않은 미래에 더욱 개인화되면서도 사회성을 강조한 다양한 기회 서비스가 발생할 것으로 판단하고 uMobile과 uClo가 기회 서비스의 중요한 사용자용 장치로 사용될 수 있을 것이라고 믿는다. 이후의 연구로는 다중센서를 활용한 더욱 정밀한 상태인식 방법의 개발과, 주변 상황 정보에 기반한 위치인식 확률 증대 방법 그리고 사회적 연관관계에 기반한 상호작용 컴퓨팅 서비스에 대한 연구를 진행할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. Conti and M. Kumar, “Opportunities in Opportunistic Computing,” *Computer*, Vol.43, pp.42-50, 2010.
- [2] L. Pelusi, et al., “Opportunistic networking: data forwarding in disconnected mobile ad hoc networks,” *Communications Magazine, IEEE*, Vol.44, pp.134-141, 2006.
- [3] P. Juang, et al., “Energy-efficient computing for wildlife tracking: design tradeoffs and early experiences with ZebraNet,” presented at the *Proceedings of the 10th international conference on Architectural support for programming languages and operating systems*, San Jose, California, 2002.
- [4] R. Mangharam, et al., “Voice over Sensor Networks,” presented at the *Proceedings of the 27th IEEE International Real-Time Systems Symposium*, 2006.
- [5] K. Baek-Gyu, et al., “U-FIPI: Ubiquitous Sensor Network Service Infra Supporting Bidirectional Location-Awareness between Mobile Nodes and Fixture Nodes,” in

- Consumer Communications and Networking Conference, 2009. CCNC 2009. 6th IEEE, 2009, pp.1-3.*
- [6] R. Want, et al., "The active badge location system," *ACM Trans. Inf. Syst.*, Vol.10, pp.91-102, 1992.
- [7] A. Kansal and F. Zhao, "Location and Mobility in a Sensor Network of Mobile Phones," in *Proc. ACM SIGMM 17th Int'l Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio & Video, 2007.*
- [8] L. M. Ni, et al., "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *Wireless Networks*, Vol.10, pp.701-710, 2004.
- [9] M. Kourogi, et al., "Indoor/Outdoor Pedestrian Navigation with an Embedded GPS/RFID/Self-contained Sensor System," in *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence*, ed, 2006, pp.1310-1321.
- [10] S. Willis and S. Helal, "RFID information grid for blind navigation and wayfinding," in *Wearable Computers, 2005. Proceedings. Ninth IEEE International Symposium on, 2005, pp.34-37.*
- [11] M. Huber, "Parasitic tracking: Enabling ubiquitous tracking through existing infrastructure," in *Pervasive Computing and Communications, 2009. PerCom 2009. IEEE International Conference on, 2009, pp.1-2.*
- [12] T. Pering, et al., "The PSI Board: Realizing a Phone-Centric Body Sensor Network," in *4th International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN 2007), 2007, pp.53-58.*
- [13] J. Liu, et al., "uWave: Accelerometer-based personalized gesture recognition and its applications," *Pervasive and Mobile Computing*, Vol.5, pp.657-675, 2009.
- [14] P. Joseph, et al., "Telos: enabling ultra-low power wireless research," presented at the *Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks*, Los Angeles, California, 2005.
- [15] E. Jovanov, et al., "A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Vol.2, p.6, 2005.
- [16] H. Muhammad, et al., "MEASUREMENT OF ECG, RESPIRATORY RATE, TILT AND TEMPERATURE OF A PATIENT AND WIRELESS ZIGBEE DATA TRANSMISSION," presented at the *The 2nd International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT'07), 2007.*
- [17] A. Saeed, et al., "A Scalable Wireless Body Area Network for Bio-Telemetry," *Journal of information processing system*, Vol.5, pp.77-86, 2009.
- [18] J. Ansari, et al., "Radio-Triggered Wake-ups with Addressing Capabilities for extremely low power sensor network applications," in *Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on, 2008, pp.1-5.*
- [19] C. T. Ee, et al., "A Modular Network Layer for Sensornets," *7th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation pp.249-262, 2006.*
- [20] S. A. Munir, et al., "Mobile Wireless Sensor Network: Architecture and Enabling Technologies for Ubiquitous Computing," in *Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2007, AINAW '07. 21st International Conference on, 2007, pp.113-120.*
- [21] C. Chen, et al., "Designing energy-efficient wireless sensor networks with mobile sinks," in *Proceedings of the Workshop on World-Sensor-Web (WSW-2006) at the 4th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys-06), 2006.*
- [22] D. Adam, et al., "An adaptive communication architecture for wireless sensor networks," presented at the *Proceedings of the 5th international conference on Embedded networked sensor systems*, Sydney, Australia, 2007.
- [23] TTA, "Standard on I/O Connection Interface of

Digital Cellular Phone,” ed: <http://www.tta.or.kr>, 2002.

- [24] M. A. Hanson, et al., “Body Area Sensor Networks: Challenges and Opportunities,” *Computer*, Vol.42, pp.58-65, 2009.
- [25] M. Chen, et al., “Body Area Networks: A Survey,” *Mobile Networks and Applications*, pp.1-23, 2010.
- [26] Pelusi, L., Passarella, A. and Conti, M. Opportunistic networking: data forwarding in disconnected mobile ad hoc networks. *Communications Magazine, IEEE*, 44, 11 (2006), 134-141.

정 설 영 (Seol-Young Jeong)

정회원



2001년 2월 동아대학교 컴퓨터 공학과 졸업  
 2009년 2월 계명대학교 전산교육학과 석사  
 2009년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정  
 2001년~2004년 (주)유진로봇 Researcher

2005년~2008년 (주)맥산 Assistant Researcher

<관심분야> 센서네트워크, 자동차네트워크, RTOS

김 태 현 (Tae-Hyon Kim)

정회원



2005년 2월 경북대학교 전자공학부 공학사  
 2007년 2월 경북대학교 전자공학부 공학석사  
 2007년 3월~현재 경북대학교 전자공학부 박사 과정  
 <관심분야> 실시간 시스템, 임

베디드 시스템, 센서 네트워크, 컴퓨터 언어

강 순 주 (Soon-Ju kang)

중신회원



1983년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사  
 1985년 2월 한국과학기술원 전자계산학과 공학석사  
 1995년 2월 한국과학기술원 전자계산학과 공학박사  
 1985년~1996년 한국원자력연

구소 연구원, 핵인공지능연구실 선임연구원, 전산정보실 실장

2000년~2001년 University of Pennsylvania, Dept of Computer and Information Science, 객원 연구 교수

1996년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 정보통신공학전공 정교수

<관심분야> 실시간 시스템, 소프트웨어 공학, 지식 기반 시스템

조 형 곤 (Hyeong-Gon Jo)

준회원



2010년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학사  
 2010년 3월~현재 전자전기컴퓨터학부 석사 과정  
 <관심분야> 임베디드 소프트웨어, 실시간 시스템, 무선 센서 네트워크