

# 특정 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 기술조합에 대한 최적 선정 방법론

이연님

경희대학교 국제경영대학 국제경영학과  
(yonnim@khu.ac.kr)

권오병

경희대학교 국제경영대학 국제경영학과  
(obkwon@khu.ac.kr)

.....

최근 U-City를 포함한 유비쿼터스 지능공간(Ubiquitous Smart Space)의 개발은 공간의 높은 부가가치 창출이 기대되나 과거에는 시도하지 않은 개발 방법론과 미래적 정보기술을 활용해야 하므로 위험성이 존재하며 이는 개발의 초기 단계에서 신중하게 검토되어야 한다. 더욱이 유비쿼터스 지능공간은 그 특성 상 여러 개의 유비쿼터스 컴퓨팅 기술들이 조합적으로 사용되어야 하는데 현재 존재하는 평가 혹은 선정 방법론들은 단일 기술 혹은 프로젝트에 대한 평가에 머물러 있다. 따라서 본 연구에서는 포트폴리오 이론 및 제약만족조건을 활용하여 위험성의 존재 및 유비쿼터스 기술을 포함한 복수정보기술을 선정하는 환경을 고려한 최적의 기술조합을 선정하는 방법론을 제안하고 이를 유비쿼터스 지능공간 개발에 적용하고자 한다. 본 연구 내용의 실용성을 입증하기 위해 현재 실제적으로 수행되고 있는 국가급 유비쿼터스 컴퓨팅 과제에서의 기술조합 사례에 적용해 보았다.

.....

논문접수일 : 2008년 07월      게재확정일 : 2008년 09월      교신저자 : 권오병

## 1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅은 언제 어디에서든 어떤 기기를 통해서도 접속이 가능한 컴퓨팅 환경을 의미하며 지능공간이란 사용자에 대하여 컴퓨팅 자원이 능동적으로 대처하는 공간이다. 유비쿼터스 지능 공간(Ubiquitous Smart Space, USS)이란 유비쿼터스컴퓨팅 기반의 지능공간으로 유비쿼터스 기술을 비롯한 여러 기술들이 통합된 집합체이다 (Ma et al., 2005; Wang et al., 2004; Abowd, 1998). 여기서 지능적이라 함은 상황인식과 지식 처리가

가능함에 따라 개인화 된 서비스가 개인화된 인터페이스로 제공됨을 의미한다(Abowd et al., 1998; Abowd and Mynatt, 2000).

최근 국내외적으로 U-City를 비롯한 유비쿼터스 지능공간 개발 사업이 매우 활발하게 진행되고 있다. 하지만 지금까지의 유비쿼터스 지능공간 개발은 각 유비쿼터스 지능공간의 목표 및 정의에 맞춰 해당 유비쿼터스 지능공간의 내에서 개발되어야 할 최적의 기술조합에 대한 고려 없이 다만 서비스 공급자의 입장에서 가용한 기술의 조합으로 개발하는 경향이 있다. 또한 자신들이 계획하고

\* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크 원천기반기술개발사업의 08B3-S1-10M 과제와 경희대학교 대학원의 2008학년도 1차 우수연구논문 장학금으로 지원받아 연구된 것임.

있는 기술조합이 최선인지에 대한 합리적인 판단 기준이 미비한 상태이다. 유비쿼터스 지능공간을 위한 전체적인 계획 수립 시 기술적 경제적 관점에서 해당 지능공간을 개발하기 위한 최적의 기술 조합을 미리 분석하고 선정하는 것이 성공적인 유비쿼터스 지능공간개발에 중요한 요소임에도 불구하고 현재는 개발하고자 하는 유비쿼터스 지능공간의 목표 및 제약 조건을 고려하여 가장 최적의 기술조합을 선정하는 방법론이 부족하다. 특히 유비쿼터스 지능공간이 다중 공간, 다중 서비스의 형태가 되면 이러한 최적 조합 선정 작업의 복잡도는 크게 증가할 것이므로 보다 체계적이고 객관적인 최적 기술 조합 선정 방법론이 필요하다.

한편 유비쿼터스 지능공간의 개발에는 기 확보된 전통적 정보기술 외에도 다양한 유비쿼터스 기술의 사용을 필연적으로 고려하게 된다(Helal et al., 2005). 그러나 유비쿼터스 기술들은 상당수가 실용적 타당성이 완전히 증명되지 않은 미래 기술들이다. 이러한 상태에서 정교한 유비쿼터스 지능공간 구현을 위해 미래 기술인 유비쿼터스 기술들만을 적용할 지, 아니면 안정적 개발을 강조하여 전통적 정보기술을 위주로 구현을 할 지에 대해 판단해야 한다. 또한 각 기술별로 차이가 존재하는 기술 확보 시점 및 기술 실현 가능성 등의 위험 요소가 고려된 기술 선정 방법론을 마련해야 한다.

따라서 본 논문은 유비쿼터스 지능공간 개발 시 현재 개발할 유비쿼터스 지능공간의 목표 및 제약 조건을 고려하여 현존 기술 및 신규로 개발 중인 기술들 중 최적의 기술조합을 미리 분석하고 선정할 수 있는 다중 도메인의 특정 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 최적의 기술조합 선정 방법론을 제안하고자 한다. 이를 위해 우리는 기술간 상관관계 및 변동성을 기반으로 최적의 투자 상품 균을 결정하는 Markowitz 포트폴리오 이론에 기반 한

포트폴리오 최적화 방법론을 도입하였다. 즉 기술간 상관관계 및 각 기술의 변동성을 측정하여 기준기술과 상관관계는 높으면서 변동성은 낮은 기술들의 조합을 특정 유비쿼터스 지능공간을 위한 최적의 기술조합으로 선정하였다. 또한 동시에 정성적인 제약해결기법인 제약만족기법(Constraint Satisfaction Problem, CSP)을 함께 고려하였는데 이는 의사결정자의 정책, 위험에 대한 태도 또는 개발 유비쿼터스 지능공간의 특성에 따라 제약조건을 구성한 뒤 이를 순차적으로 완화해가며 가능한 해 즉 최적조합에 포함될 기술들을 찾는 데 활용하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저 제 2장에서는 기술 선정 방법론 및 포트폴리오 최적화의 개념을 정리하여 소개한다. 제 3장에서는 다중 도메인의 개념과 함께 특정 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 최적의 기술조합 선정 방법론을 기술한다. 제 4장에서는 UCN에서 추진하고 있는 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간 구축 사례에 제안 방법론을 적용한 결과를 하나의 실제 사례로 소개한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 연구의 결론 및 공헌, 그리고 향후 연구방향 등을 기술하였다.

## 2. 관련연구

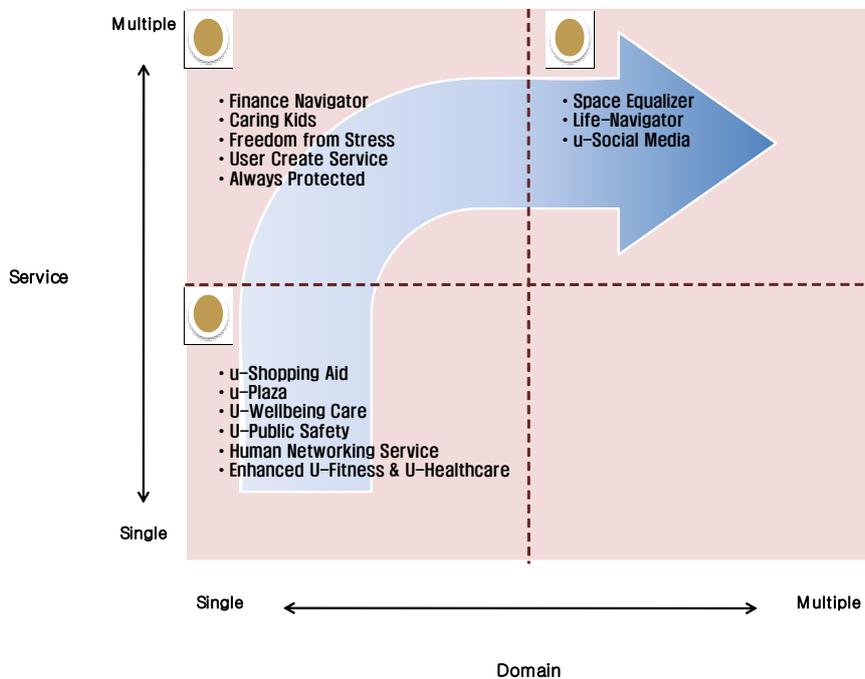
### 2.1 유비쿼터스 지능 공간

유비쿼터스 시스템의 구현 초기에는 집이나 사무실, 지하철과 같이 물리적 공간을 도메인이라는 용어로도 사용되어 왔다. 그러나 유비쿼터스 지능공간은 언제 어디서나 사용자가 원하는 서비스를 제공한다는 유비쿼터스 철학을 목표로 구현되는 공간이기 때문에 물리적 공간으로서의 도메인 구분은 더 이상 중요하지 않다. 다만 물리적 공간은

특정 장소에서 기본적으로 제공되어야 하는 서비스들을 카테고리화 하는 데는 개념적으로 도움이 된다. 따라서 유비쿼터스 지능공간은 장소기반의 기본적 서비스들을 카테고리화 하는 물리공간과 기본적 서비스를 넘어서 개인화 된 서비스를 동적으로 구동 시켜주는 전자공간이 융합 된 새로운 형태의 공간이다(Abowd, 1998).

본 연구에서는 유비쿼터스 지능공간을 분류하기 위하여 <그림 1>과 같이 도메인과 서비스라고 하는 두 가지 차원을 제시하였다. 먼저 유비쿼터스 지능공간은 크게 단일도메인과 다중도메인으로 구분될 수 있다. 단일도메인이란 하나의 물리적 공간에서 하나의 서비스 카테고리만을 제공하는 것을 의미하며, 다중도메인이란 하나의 물리적 공간에서 기본 서비스 카테고리 외에도 여러 개의 서

비스 카테고리를 개인화하여 제공하는 것을 의미한다. 여기서 서비스 카테고리란 u-home 서비스, u-street 서비스, u-office 서비스, u-shopping 서비스 등과 같이 의미적으로 동일하게 인식되는 서비스 분류이다. 예를 들어 단일도메인으로서의 u-home이란 방범이나 독거 노인 관리 등 집이라고 하는 장소에서 통상 제공될 수 있는 유비쿼터스 서비스들을 의미하는 것인데 비하여, 다중도메인에서는 쇼핑을 희망하는 사람에게 집에서 쇼핑 서비스들이 가동되게 하는 것이다. 그것은 역으로 쇼핑 공간에서도 필요하면 홈 서비스가 가동될 수 있음을 의미한다. 결국 다중도메인 유비쿼터스 지능공간은 단일도메인 유비쿼터스 지능공간에 비해 진보된 공간이며 이를 위해서는 더 정교한 시스템적 준비가 되어있어야 할 것이다.



<그림 1> 서비스 및 도메인에 따른 유비쿼터스 지능공간 분류

한편 유비쿼터스 지능공간은 서비스 측면에서 단일 서비스와 다중 서비스로 분류할 수 있다. 이때 다중 서비스는 해당 유비쿼터스 지능공간에서 동시에 제공되는 서비스의 개수가 복수임을 의미한다. 유비쿼터스 지능공간이 다중 도메인 및 다중 서비스의 형태를 가질수록 유비쿼터스 지능공간 내에는 여러 이질적인 서비스가 존재하게 되며 각 서비스에서 사용하는 기술도 다양해진다. 결국 유비쿼터스 지능공간의 대표적 특징인 연속적인 서비스를 만족시키기 위해서는 이러한 유비쿼터스 지능공간 내 사용 기술들 간의 연관성이 매우 필수적으로 고려되어야 한다.

## 2.2 최적 기술 선정

기술 선정을 주제로 한 연구들은 주로 최적의 R&D 프로젝트 선정 또는 신제품을 개발하기 위한 최적의 기술 선정을 목적으로 진행되었다. 먼저 R&D 프로젝트 선정과 관련된 연구들은 주로 투자사결정을 위해 경쟁기술들을 평가하여 그 중 가장 최적이라고 판단되는 기술을 선택하는 R&D 담당자들에게 가이드라인을 제시해주는 형식을 가진다(Bard and Feinberg, 1989; Kirby and Mavis, 2000). 구체적으로 Souder는 기업 내에서 인지된 효용의 관점에서의 기대가치 모델을 구축하고 관리자의 목적, 해당기술을 활용 가능한 프로젝트의 라이프사이클, R&D 팀의 복잡성 등을 고려하여 기술을 선택할 것을 제안했다. 또한 Horesh와 Raz는 위험-효용의 상충관계 분석을 핵심으로 각 기술에 대한 순현재가치(net present value, NPV) 및 내부수익률(internal rate of return, IRR)을 측정된 뒤 전체적인 실행가능성을 함께 고려하여 기술을 선택하고 있다. 그 외에도 Fox 등은 기술 개발 프로젝트간의 상호작용에 대한 경제적 의미

에 초점을 두고 기술의 수익성에 영향을 주는 기술 개발에 필요한 인력, 원재료, 기타 자원의 요구사항을 고려한 현재가치 측정을 통해, Bard와 Feinberg는 다속성 효용이론(multiattribute utility theory)을 활용한 기술 평가를 통해, Kirby와 Mavis는 이익, 활용 가능한 일정, 예산 자원을 고려한 기술 평가를 통해 최적의 개발기술을 선택할 것을 제안하고 있다. 반면 신제품 개발을 위한 기술 선정은 신제품 개발이 가지는 불확실성과 디자인의 유연성을 고려하여 증명된 기술들과 미래기술들 중 적절한 기술을 선택하는 방법론 등이 제시되었다(Krishnan and Bhattacharya, 2002).

그러나 이상의 연구들은 예산, 비용, 경제적 가치, 효용 등을 근거로 해당 도메인의 최적의 단위 기술을 선택하는데 그 목적을 두고 있을 뿐 하나 이상의 여러 단위 기술들의 조합의 개념에서의 최적 기술조합 선택의 개념은 고려하지 못하는 한계를 가진다.

## 2.3 포트폴리오 이론

포트폴리오란 두 개 이상의 서로 다른 자산의 조합 또는 집합을 뜻하며 투자자들은 동일한 자산을 여러 개 보유하고 있는 것 보다는 서로 다른 종류의 자산을 다양하게 보유하고 있는 것이 상대적으로 위험을 분산할 수 있기 때문에 위험을 감소시키기 위하여 포트폴리오를 구성한다. 주식시장에서는 이러한 포트폴리오를 최적화하기 위한 즉 주식시장에 자산을 투자하고자 하는 투자자가 회수율과 위험간의 이상적인 절충을 찾을 수 있는 여러 모형이 제안되었는데 이중 대표적인 것이 Markowitz 포트폴리오 이론(Markowitz Portfolio Theory)이다(Finne, 1997).

Markowitz 포트폴리오 모형에서는  $n$ 개의 위험

자산이 존재하는 경우 무수히 많은 자산으로 선택 가능한 포트폴리오 집합이 투자자들의 투자기회 집합이 되고 최소분산지배원리에 따라 효율적인 포트폴리오 집합을 구성한다. 이는 동일한 기대수익률 하에서는 위험이 가장 작은 포트폴리오를 선택하고 동일한 위험 하에서는 기대수익률이 가장 높은 포트폴리오를 선택하는 논리에 따라 포트폴리오 최적 집합을 결정하는 것을 의미한다(Konno and Kobayashi, 1997; De Vassal, 2001). 이때 투자 위험의 분배 정도 특성을 기술하기 위해 분산을 사용하는데 분산이 크면 클수록 불확실성의 정도가 높음을 의미한다. 또한 이 모형은 상관계수가 '1'이 아닌 서로 다른 자산에 투자비율을 조정하여 투자하면 적어도 상관계수가 '1'인 동일한 자산보다는 위험이 적을 것으로 가정한다(Finne, 1997).

결국 주식시장에서는 투자자의 입장에서 자산 간 상관관계 및 각 자산의 분산으로 표현되는 위험은 낮으면서 기대수익률은 높은 자산들의 조합이 최적의 포트폴리오 즉 최적의 투자자산 집합이 된다. 최적 포트폴리오 선정작업은 먼저 투자자의 투자목적 및 제약조건을 파악하고 투자할 자산 집단을 선택한 뒤 자산 종류별 기대수익, 위험, 상관관계 등의 분석을 통해 이루어진다(Tam et al., 1991; Speranza, 1996; De Wit and D. P. M., 1998; Brands et al., 2006). 이처럼 포트폴리오 최적화는 주로 주식시장에서 투자목적 달성을 위해 장기적인 포트폴리오의 자산구성을 정하는 의사결정 과정이다

유비쿼터스 지능공간은 그 특성상 여러 개의 기술들이 조합적으로 사용되어야 하기 때문에 그 구축에 있어 최적의 기술 포트폴리오 선정은 매우 핵심적인 의사결정 과정이다. 유비쿼터스 지능공간 내 최적의 기술 포트폴리오 선정과 주식시장 내 최적의 자산 포트폴리오 선정 활동은 다음과

같은 유사점이 존재한다.

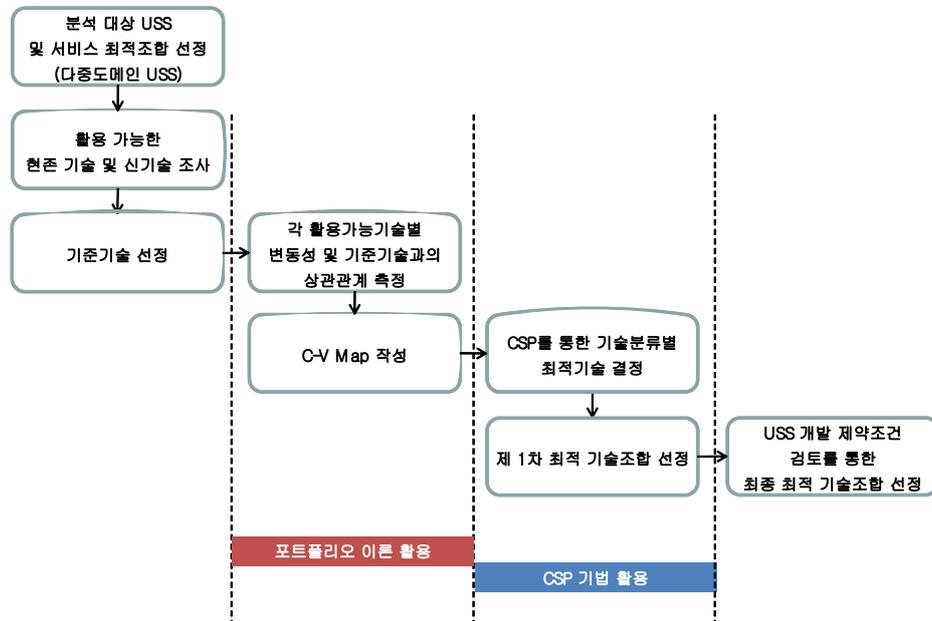
- 일반적으로 투자자는 낮은 위험과 높은 기대수익률을 목적으로 한다.
- 투자기간, 투자금액, 법적 규제 등의 제약조건을 가진다.
- 주어진 제약조건 하에서 복수 개의 자산 또는 기술들의 최적조합을 구성함으로써 목적을 달성하고자 한다.
- 자산 또는 기술들을 어떻게 조합하느냐에 따라 그 최종 성과가 크게 달라진다.
- 목적 및 제약조건을 파악하고 투자할 자산 또는 기술 집단을 선택한 뒤 자산 또는 기술 종류별 기대수익, 위험, 상관관계 등의 분석을 통해 최적 조합을 선정하는 의사결정 과정을 가진다.

이와 같은 유사점은 유비쿼터스 지능공간 내 최적 기술조합 선정을 위해 Markowitz 포트폴리오 이론에 기반한 포트폴리오 최적화 이론의 활용 가능성을 시사한다. 하지만 자산 포트폴리오는 최대한 다른 성격의 자산에 투자하는 투자대상의 다각화를 통해 그 목적을 달성하고자 하는 데 반해 최적 기술조합은 최대한 조화되는 즉 연관성이 높은 기술들의 선정을 통해 성공적인 유비쿼터스 지능공간 개발 목적을 달성하고자 한다는 점에서 차이가 존재한다. 본 연구에서는 자산 포트폴리오를 상관관계가 낮은 자산들로 구성하는 것과 달리 상관관계가 높은 기술들로 최적 기술조합을 구성함으로써 이러한 차이를 반영하였다.

### 3. 다중 도메인 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 최적의 기술조합 선정 방법론

#### 3.1 선정 방법론 개괄

다중 도메인 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한



<그림 2> 다중 도메인 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 최적 기술조합 선정 방법론 개괄

최적의 기술조합 선정을 위해 <그림 2>와 같은 방법론을 제안한다. 첫 단계로 성공적인 유비쿼터스 지능공간 개발을 위해 유비쿼터스 지능공간 내 최적의 기술조합 선정이 중요한 요소로 요구되는 다중 도메인 유비쿼터스 지능공간을 그 분석 대상으로 선정하는 뒤 대상 유비쿼터스 지능공간 내에서 제공될 수 있는 서비스의 최적조합을 결정한다. 이렇게 제공할 서비스들이 결정되고 나면 서비스 제공을 위해 활용 가능한 현존 및 신기술 정보를 조사하여 수집한다.

활용 가능한 모든 기술이 수집되고 나면 최적 기술조합 선정 기준으로 활용될 이른바 기준기술(Base Technology)을 선정한다. 여기서 기준기술이란 유비쿼터스 지능공간 개발시 어떠한 상황적 변수가 발생하더라도 반드시 해당 유비쿼터스 지능공간에 포함되어야 하는 기술을 의미한다. 일단

기준기술이 정해지고 나면 앞서 수집된 모든 기술에 대해 변동성 및 기준기술과의 기술적 상관관계를 측정한다. 이후 측정된 값들에 기반하여 기술분류별로 상관관계-변동성 지도(Correlation-Volatility Map, C-V Map)를 작성하고 허용된 변동성의 범위 내에서 기준기술과의 상관관계가 가장 높은 기술들로 제 1차 최적 기술조합을 구성한다. 이때 변동성의 허용범위는 개발대상이 되는 유비쿼터스 지능공간의 개발 목적 및 의도에 따라 다르게 정해질 수 있다. 또한 제 1차 최적 기술조합을 구성하는 과정 중 원 제약조건을 만족하는 해가 없는 기술분류가 있는 경우 최적기술을 선정하기 위해 제약만족기법을 활용한다. 이렇게 제 1차 최적 기술조합이 구성되면 마지막으로 개발기간 및 예산 등의 유비쿼터스 지능공간 개발 제약조건을 추가적으로 고려하여 최종 최적 기술조합을 확정한다.

### 3.2 분석 대상 유비쿼터스 지능공간 및 서비스 최적조합 선정

다중 도메인 유비쿼터스 지능공간에서 최적 기술조합 선정은 성공적인 유비쿼터스 지능공간 개발을 위해 매우 중요한 요소가 되므로 본 연구에서는 분석대상을 다중 도메인 유비쿼터스 지능공간으로 결정하고 우선 대상 유비쿼터스 지능공간 내에서 제공될 수 있는 서비스의 최적조합을 선정한다. 이때 본 연구에서는 서비스 최적조합 선정은 2007년 권오병, 김지훈에 의해 제안된 유비쿼터스 공간 서비스 선정 프로세스에 근거하였다. 이 방법은 특정 유비쿼터스 지능공간 개발을 위해 시간과 예산의 한계가 있음을 전제하고 이러한 이유로 총  $N$ 개의 후보 서비스 중에서  $n$ 개 ( $n \leq N$ )를 선정해야 한다고 할 때 핵심성공요인의 연관치 합이 최대인  $n$ 개의 서비스 군을 선정하는 것이다.

### 3.3 활용 가능한 현존 기술 및 신기술 조사

대상 유비쿼터스 지능공간 및 대상 유비쿼터스 지능공간 내에서 제공될 서비스의 최적조합이 결정되고 나면 그 서비스들을 실질적으로 제공하기

위해 활용 가능한 현존 기술 및 현재 개발 중이거나 개발 계획 중인 신기술의 목록을 작성한다. 이때 현존 기술의 목록은 현존하는 모든 기술이 아닌 현재 상용화되어 가장 일반적으로 사용되고 있는 기술이나 해당 서비스 제공을 위해 표준으로 채택된 기술들을 중심으로 정리한다. 반면 신기술의 목록은 현재 국내외적으로 해당 서비스와 동일한 혹은 유사한 서비스를 제공하기 위해 추진 중인 대표적인 신기술 개발 프로젝트들을 조사하여 이를 중심으로 작성한다.

### 3.4 기준기술 선정

기술분류별로 대표기술이 확정되고 나면 분석 대상 유비쿼터스 지능공간의 기준기술을 선정한다. 여기서 기준기술이란 대상 유비쿼터스 지능공간 개발 시 어떠한 상황적 변수가 발생하더라도 반드시 해당 유비쿼터스 지능공간에 포함되어야 하는 기술로 최적 기술조합 선정시 기준으로 활용된다. 이는 일반적으로 개발 유비쿼터스 지능공간에 대해 충분히 숙지하고 있는 개발 책임자에 의해 선정될 수 있지만 그렇지 않은 경우에는 다음과 같은 절차에 의해 선정할 수 있다.

단계 1 : 기능성-기술 Mapping Table을 작성한다. 이때  $FT_{ij}$ 는 기능성  $i$ 를 기술  $j$ 가 만족시키는 정도를 의미한다.

	Technology 1	Technology 2	...	Technology j	...	Technology m
Functionality 1	$FT_{11}$	$FT_{12}$	...	$FT_{1j}$	...	$FT_{1m}$
Functionality 2	$FT_{21}$	$FT_{22}$	...	$FT_{2j}$	...	$FT_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
Functionality i	$FT_{i1}$	$FT_{i2}$	...	$FT_{ij}$	...	$FT_{im}$
...	...	...	...	...	...	...
Functionality n	$FT_{n1}$	$FT_{n2}$	...	$FT_{nj}$	...	$FT_{nm}$

$m$  : 기능성을 분석하고자 하는 기술의 총 개수

$n$  : 특정 기술에 대해 정의하고자 하는 기능성의 총 개수

단계 2 : 선정된 복수개의 USS 각각에 대해 기능성 요구수준을 분석한다.

$$\begin{aligned}
 USS_1 &= \{ (F_1, L_{11}, W_{11}), (F_2, L_{12}, W_{12}), \dots, (F_n, L_{1n}, W_{1n}) \} \\
 USS_2 &= \{ (F_1, L_{21}, W_{21}), (F_2, L_{22}, W_{22}), \dots, (F_n, L_{2n}, W_{2n}) \} \\
 &\dots \\
 USS_n &= \{ (F_1, L_{n1}, W_{n1}), (F_2, L_{n2}, W_{n2}), \dots, (F_n, L_{nn}, W_{nn}) \}
 \end{aligned}$$

$USS_i$  : i번째 USS  
 $F_i$  : USS에 요구되는 i번째 기능성  
 $L_{ij}$  :  $USS_i$ 에서 j번째 기능성에 대한 최소 요구 수준  
 $W_{ij}$  :  $USS_i$ 에서 j번째 기능성에 대한 가중치

단계 3 : 선정된 모든 USS에 대한 종합된 기능성 요구조건을 분석한다.

$$\begin{aligned}
 USS_{all} &= \{ (F_1, L_{a1}, W_{a1}), (F_2, L_{a2}, W_{a2}), \dots, (F_n, L_{an}, W_{an}) \} \\
 L_{ai} &= \text{Max} (L_{1i}, L_{2i}, \dots, L_{ni}) \\
 W_{ai} &= \alpha_{12} \cdot W_{1i} + \alpha_{22} \cdot W_{2i} + \dots + \alpha_n \cdot W_{ni}
 \end{aligned}$$

$\alpha_i$  : 전체 지능공간 내에서  $USS_i$ 의 가중치 ( $0 \leq \alpha_i \leq 1$ )

단계 4 : 기능성-기술 대응표(Mapping Table)를 이용하여 지능공간 내 기준기술 선정한다. 각 기술별로 기능성 만족도 값을 계산한 뒤 그 값이 가장 큰 기술을 기준기술로 선정한다.

		Technology 1	Technology 2	Technology j	Technology m
Functionality 1	$W_{a1}$	$FT_{11} - L_{a1}$	$FT_{12} - L_{a1}$	$FT_{1j} - L_{a1}$	$FT_{1m} - L_{a1}$
Functionality 2	$W_{a2}$	$FT_{21} - L_{a2}$	$FT_{22} - L_{a2}$	$FT_{2j} - L_{a2}$	$FT_{2m} - L_{a2}$
Functionality i	$W_{ai}$	$FT_{i1} - L_{ai}$	$FT_{i2} - L_{ai}$	$FT_{ij} - L_{ai}$	$FT_{im} - L_{ai}$
Functionality n	$W_{an}$	$FT_{n1} - L_{an}$	$FT_{n2} - L_{an}$	$FT_{nj} - L_{an}$	$FT_{nm} - L_{an}$
Functionality Satisfaction		$FS_1$	$FS_2$	$FS_j$	$FS_m$

$$\begin{aligned}
 FS_1 &= W_{a1} (FT_{11} - L_{a1}) + W_{a2} (FT_{21} - L_{a2}) + \dots + W_{an} (FT_{n1} - L_{an}) \\
 \text{기준기술} &= \text{Max}(FS_1, FS_2, \dots, FS_n). \text{Technology}
 \end{aligned}$$

### 3.5 기술별 변동성 및 기준기술과의 상관관계 측정

포트폴리오 최적화 방법론에서는 일반적으로 투자자는 수익률은 높고 변동성은 낮은 저위험 고 수익 자산을 선호한다. 따라서 투자자 입장에서 주

식 포트폴리오 구성시에는 낮은 상관관계 및 낮은 변동성을 가지는 주식들의 조합을 통해 포트폴리오 분산효과를 높여 보다 높은 수익률을 창출하고자 한다. 반면 유비쿼터스 지능공간 구축은 저위험-고효용 기술을 선호한다는 점에서는 유사하나 그

포트폴리오 구성에 있어 효과적인 서비스 제공을 위해 서로 밀접히 관련되어 융합 및 호환이 용이한 기술들의 조합을 추구하는 점에서는 차이가 있다. 즉 기술이 가지는 특성상 최적기술조합은 높은 상관관계를 가지는 기술들로 구성된다. 반면 변동성의 경우 일반적으로 상용화를 강조하는 유비쿼터스 지능공간 구축시에는 주식시장의 포트폴리오 구성시와 마찬가지로 각 기술분류 내에서 변동성이 가장 작은 낮은 위험의 기술들을 선호한다. 하지만 특별히 상용화와 무관하게 첨단기술을 강조하는 유비쿼터스 지능공간 구축시에는 변동성이 큰 높은 위험의 기술이 선호된다. 즉 개발 유비쿼터스 지능공간의 목적성에 따라 변동성에 대한 정책은 달라질 수 있다. 이와 같은 논리에 의해 본 연구에서는 유비쿼터스 지능공간 내 최적 기술조합 선정을 위해 활용가능 기술별 변동성 및 기준 기술과의 상관관계를 우선적으로 측정하였으며 각각의 측정 방법은 다음과 같다.

**변동성 측정**

변동성은 일반적으로 주어진 기간 동안에 가격이 얼마나 많이 움직이는가를 의미한다. 즉 변동성이 크면 클수록 주어진 기간 동안 가격의 움직임

에 대한 잠재력은 커진다. 금융시장에서의 변동성은 일정기간 동안에 주식, 채권, 또는 상품의 가격이 변동하는 정도를 의미하며 이러한 변동성은 기업 장래의 불확실성, 유통 중인 증권의 수 등 여러 가지가 원인에 의해서 나타난다. 이와 마찬가지로 기술의 가치 역시 실행시점의 기술의 완성도, 타 기술과의 결합도, 유사한 신기술 출현 가능성 등 여러 요인에 의해 변동성을 가진다.

우리는 앞서 현존기술을 현재 상용화되어 가장 일반적으로 사용되고 있는 기술이나 해당 서비스 제공을 위해 표준으로 채택된 기술들로 정의하였다. 그와 같은 현존 기술의 경우에는 이미 어느 정도 안정화 단계에 접어들었으므로 아주 특별한 요인이 없는 한 급격한 가치의 변화를 기대할 수 없다. 따라서 그 변동성은 거의 0에 가깝다고 볼 수 있다. 하지만 신기술 개발 프로젝트에 의해 개발되고 있는 기술로 정의한 신기술의 경우는 다르다. 신기술 개발 프로젝트는 프로젝트의 다단계성과 기술발전, 시장동향 등의 예측 어려움으로 인한 높은 불확실성을 가지므로 보다 큰 변동성을 가진다.

Mun(2002)은 변동성 추정할 수 있는 방법으로 (1) 역사적 변동성, (2) 자연대수현금할인흐름 수익률 변동성, (3) 몬테칼로 시뮬레이션 변동성, (4)

<표 1> 기술의 변동성 측정을 위한 설문

설문 문항	각 시점에서의 기술 이전 예상 금액을 작성해 주십시오.						
답변 형식	(단위 : 천원)						
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
	예상 기술 이전료						
	최대 예상 기술 이전료						
	최소 예상 기술 이전료						

시장 대응치 등을 제안했다. 신기술 개발 투자 프로젝트에 대해 역사적 변동성을 추정하는 것은 불가능하므로 우리는 시장 대응치를 통해 기술의 변동성을 추정하였다. 특별히 신기술 개발 프로젝트에 대한 시장 가치는 기술이전시 거래가치 금액산정에 반영되므로 기술이전료를 시장 대응치로 활용하였다. 각 신기술 개발 프로젝트에 대한 기술이전료에 대한 자료는 현장방문 전문가 대상 설문조사를 통해 측정하였으며 설문내용은 <표 1>과 같다.

변동성 값은 크기만 동일하다면 상승이든 하락이든 동일한 가중치를 부여하며 방향성을 고려하지 않는다. 각 기술의 변동성은 설문조사 결과를 기반으로 연도별 기술이전료 값들의 표준편차를

구한 뒤 백분율 값으로 최종 산출한다.

**상관관계 측정**

특정 두 기술간의 상관관계는 두 기술 중 하나의 가치가 증가함에 따라 다른 한 쪽의 가치가 증가 또는 감소할 때 두 기술간의 관계를 의미한다. 기술가치가 증가할 때를 양의 상관관계 감소할 때를 음의 상관관계라고 할 수 있으며 상관관계수는 두 기술의 관계가 얼마나 밀접한지를 보여주는 값이 된다. 우리는 이러한 상관관계 계수를 전문가 대상 설문조사를 통해 -1에서 1사이의 값으로 상관관계 값을 측정하였으며 구체적인 설문문항은 <표 2>와 같다.

<표 2> 기술과의 상관관계 측정을 위한 설문

설문문항	기준기술과 현재 개발 중인 기술은 어떠한 상관관계를 가진다고 생각하십니까? 아래의 점수기준을 참고하여 -1에서 1사이의 값으로 답하여 주십시오. ( )	
점수기준	-1	[완전 대체적 관계] ◦ 기준기술이 성공적으로 개발되면 우리기술을 완전히 대체할 수 있다. ◦ 우리기술이 성공적으로 개발되면 기준기술을 완전히 대체할 수 있다. Ex) A 기술이 개발되면 B 기술의 개발이 완전히 불필요해 진다.
		[대체적 관계] ◦ 기준기술의 성공적인 개발이 우리기술 개발에 걸림돌이 된다. ◦ 우리기술의 성공적인 개발이 기준기술 개발에 걸림돌이 된다.
		[약간 대체적 관계] ◦ 기준기술의 성공적인 개발이 우리기술 개발에 약간 걸림돌이 된다. ◦ 우리기술의 성공적인 개발이 기준기술 개발에 약간 걸림돌이 된다.
	0	[무관한 관계] ◦ 기준기술의 성공적인 개발은 우리기술 개발과 아무런 관련이 없다. ◦ 우리기술의 성공적인 개발은 기준기술 개발과 아무런 관련이 없다.
		[약간 보완적] ◦ 기준기술의 성공적인 개발이 우리기술 개발에 약간 도움을 준다. ◦ 우리기술의 성공적인 개발이 기준기술 개발에 약간 도움을 준다
		[보완적] ◦ 기준기술의 성공적인 개발이 우리기술 개발에 도움을 준다. ◦ 우리기술의 성공적인 개발이 기준기술 개발에 도움을 준다.
		1

### 3.6 상관관계-변동성 지도 작성

본격적인 최적 기술조합 탐색을 위해 <그림 3>과 같이 각 기술의 기준기술과의 상관관계 및 변동성을 표현하는 상관관계-변동성 지도(Correlation-Volatility Map, C-V Map)을 우선 작성한다. 이는 유비쿼터스 지능공간 개발에 활용 가능한 모든 기술에 대한 표현한 것으로 이후 활용될 제약만족기법의 최초 도메인이 된다.

### 3.7 제약만족기법을 통한 기술분류별 최적기술 결정

제약만족문제(Constraint Satisfaction Problem, CSP)는 주어진 제약조건을 만족하는 가능해를 찾는 것을 목적으로 하는 문제이며, 제약만족기법은 CSP의 해를 구하는 데 사용되는 방법의 총칭이다. 제약만족문제는 변수(variable), 변수에 할당 가능한 값의 집합인 도메인(domain), 그리고 변수간의 관계인 제약(constraint)으로 정의된다. 특히 Nonobe

와 Ibaraki는 조합 최적화 문제를 포함한 많은 조합문제는 자연스럽게 제약만족문제로 해결할 수 있음을 시사했다(Nonobe and Ibaraki, 1998).

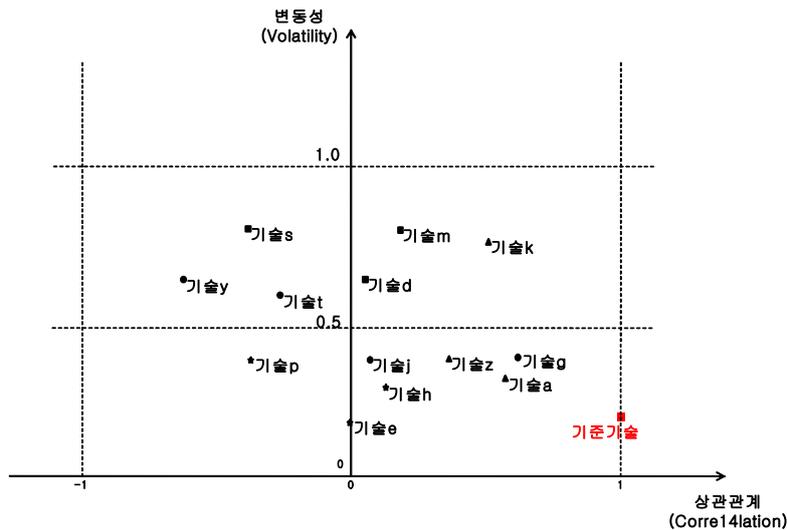
이에 근거하여 본 연구에서는 기술분류별 최적 기술 선정 문제를 변수와 제약을 이용하여 제약만족문제로 표현했다. 제약만족기법을 활용하기 위해 우선 도메인 분석을 수행한다. 각각의 기술분류가 해를 탐색할 객체가 되며 각 객체의 최초 도메인은 해당 기술분류에 속하는 모든 활용가능 기술이 된다. 이는 다음과 같은 형태가 될 것이다.

$$\text{Initial domain}(TC_A) = (\text{기술분류 A}, [T_{a1}, T_{a2}, \dots, T_{an}])$$

$$\text{Initial domain}(TC_B) = (\text{기술분류 B}, [T_{b1}, T_{b2}, \dots, T_{bn}])$$

$TC_i$  : 기술분류  $i$

Initial domain ( $TC_i$ ) : 기술분류  $i$ 에 대한 최초 도메인



<그림 3> 상관관계-변동성 지도(C-V Map)

$T_{ij}$  : 기술분류 i 에 속하는 기술 중 j 번째 기술

변수는 의사결정자의 변동성에 대한 상대적 고려 가중치인  $\omega_\sigma$ 와 상관관계에 대한 상대적 고려 가중치인  $\omega_r$ 로 정의한다. 이때 이 두 값은 변동성과 상관관계 각각에 대한 상대적 고려 가중치이므로 그 합은 1이 된다. 또한 제약은 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$\frac{\omega_\sigma}{\omega_r} = C \quad (1)$$

$\omega_\sigma$  : 의사결정자의 변동성에 대한 상대적 고려 가중치

$\omega_r$  : 상관관계에 대한 상대적 고려 가중치

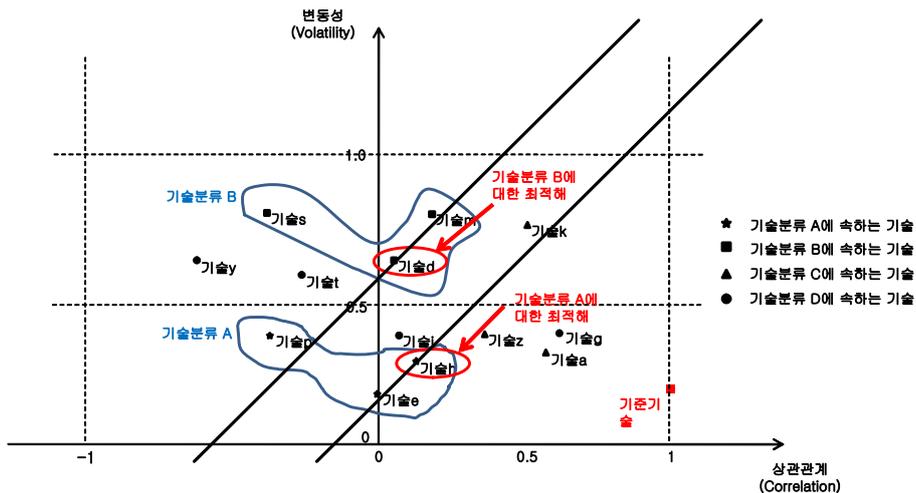
위 식에서 C 값은 개발하는 유비쿼터스 지능공간의 개발 목적 및 개발 의도에 따라 의사결정자가 매번 다르게 정의할 수 있다. 예를 들어 상용화를 목표로 하는 유비쿼터스 지능공간의 경우에는

안정적인 기술이 선호되므로 변동성에 대한 고려 가중치( $\omega_\sigma$ )를 보다 높게 책정하여 C 값이 상대적으로 크게 설정될 수 있다. 또한 실험적인 목적으로 개발되는 유비쿼터스 지능공간의 경우는 성공적인 구축 자체가 가장 큰 목적이 되므로 상관관계( $\omega_r$ )에 대한 상대적 가중치를 보다 높게 책정하여 C 값이 상대적으로 작게 설정될 수 있다.

제약조건식이 일단 확정되고 나면 이를 상관관계-변동성 지도 위에 그래프로 표현하고 해를 탐색한다. 해는 제약조건 그래프를 완화시켜가는 과정에서 처음 만나는 기술이 되며 이 기술이 해당 기술분류내 최적기술이 된다.

예를 들어, 상관관계와 변동성을 동일한 가중치로 고려하는 경우 즉 C의 값이 1인 경우에 기술분류 A와 기술분류 B에 대한 최적해는 <그림 4>와 같이 구해진다.

위 그림에서 기술분류 A에서는 기술h, 기술분류 B에서는 기술d가 제약조건 그래프와 가장 처음 만나는 기술로 최적해가 되었다. 이와 같은 방법으로 모든 기술분류별 최적해가 구해지고 나면 그



<그림 4> 기술분류 A와 기술분류 B에 대한 최적해 탐색

최적해들의 집합으로 제 1차 최적 기술조합을 구성한다.

### 3.8 유비쿼터스 지능공간 구축 제약조건 검토를 통한 최종 최적 기술조합 선정

일반적으로 유비쿼터스 지능공간은 사전에 결정된 개발 예산 및 개발 기간 등의 유비쿼터스 지능공간 개발 상의 제약조건을 가지고 개발된다. 이는 일단 최적의 기술조합이 선정되었다 하더라도 그 조합을 통한 유비쿼터스 지능공간 개발이 그러한 제약조건을 만족시키지 못하는 경우 그 기술조합은 활용될 수 없음을 의미한다. 따라서 제 1차 최적 기술조합이 결정된 이후에 유비쿼터스 지능공간 구축에 대한 제약조건 유무를 확인하여 제약조건이 존재하는 경우 이를 반영하여 제 1차 최적 기술조합을 재구성해야 한다.

본 연구에서는 유비쿼터스 지능공간 구축에 대한 제약조건으로 예산과 개발기간을 고려하였으며 이는 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

유비쿼터스 지능공간 구축 제약조건 :

$$DC(C_i) \leq B_{USS}$$

$$DT(C_i) \leq E_{USS}$$

$C_i$  : 기술조합  $i$

DC : 개발 비용

$B_{USS}$  : 유비쿼터스 지능공간 구축 예산

DT : 개발 기간

$E_{USS}$  : 유비쿼터스 지능공간 구축 실행기간

이때 모든 제약조건이 만족되면 그 조합은 최종 최적 기술조합이 된다. 하지만 그렇지 않은 경우에는 개발기관의 정책에 따라 특정 기술분류를 선택하고 제약조건을 고려하여 그 기술분류내 최적해를 다른해로 치환하는 과정을 통해 새로운 기술조합을 찾아 이를 최종 최적 기술조합으로 선정한다.

## 4. 사례분석

본 논문에서 제안한 특정 USS 구축을 위한 최적의 uT기술조합 선정 방법론의 용이성 및 실효성을 확인하기 위해 우리는 해당 방법론을 ‘웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간’에 적용하여 사례 연구를 진행하였다. 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간이란 지식경제부 유비쿼터스컴퓨팅사업단의 중점 추진 과제로 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 활용하여 인간 삶의 질을 향상시키기 위한 목적으로 삶의 질을 위협하는 다양한 외부 요인들을 능동적으로 관리함으로써 건강하고 안전하며 쾌적하고 편리한 삶을 영위하고 증진하도록 도와주는

<표 3> 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간 내 서비스

서비스명	내 용
안전지수 기반의 위험상황인지 및 사전대응 서비스	개인안전지수와 공간안전지수가 연계된 통합 전관리 모델기반의 서비스 지능형 영상인식기술을 적용한 각종 위험상황 유형 식별(기물 훼손에 따른 대체 감시, 위험행동 감지 및 용의자 추적, 위험상황 감지 및 비인가자 식별을 통한 위험행동 감지에 따른 실시간 대응조치 실행) 공간안전지수를 통한 실시간 공간 안전도 진단 및 가시화 사용자별 지수에이전트에 의한 실시간 안전상황모니터링
웰빙지수 기반의 삶의 질 계량화 및 예방적 관리 서비스	스마트 오브젝트들과 통합 플랫폼을 이용한 웰빙지수의 무구속 측정 및 웰빙지수 확인 서비스 효과 자동측정 및 사용자 선호도 자동생성을 통한 라이프케어 서비스 추천 및 실행 학습에 의한 서비스 개인화

<표 4> 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서 활용 가능한 현존 및 신기술

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 오브 젝트 기술	개발기술	유비쿼터스 커뮤니티 환경에서의 다자간 인터랙티브 스마트 협업환경 기술개발 (다자간 원격 협업시스템 프레임워크 설계 및 지능형 다중채널 동시입력 지원 인터랙티브 네트워크 디스플레이 기술)	GIST
	현존기술	Touch Display System	다한 T&S
	현존기술	Network Display System	삼성
	현존기술	Surface Computing	Microsoft
	신기술	협업형 Virtual Engineering System 기술	IGI
	신기술	Blue Space (Display changing everywhere interactive display, motion-based interaction)	IBM
	신기술	고성능 네트워크 기반 화상회의 시스템 (고화질/디스플레이 지원)	HP

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 오브 젝트 기술	개발기술	VSN 기반 행동 인식기 설계 및 구현	KAIST
	현존기술	Perceptrak	Cernium Corporation (USA)
	현존기술	The Visual Surveillance System	Clarity (USA)
	현존기술	ObjectVideo VEW	ObjectVideo(USA)
	신기술	Bridging the Gap between Cameras	Kingston University (UK)
	신기술	Action Volume	The Ohio State University (US)

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 기반 기술	개발기술	초고속 고품질의 환경 적응형 Scale-free uPAN 시스템의 지능형 다중 액세스 기술	세종대학교
	현존기술	Bluetooth	IEEE
	현존기술	Zigbee	IEEE
	신기술	다기능복합기능의 근거리 무선통신 칩셋 및 모듈	LG 이노텍
	신기술	IEEE802.15.4a에 기반한 저속 UWB	산업자원부 차세대 과제
	신기술	고속 UWB	ETRI

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 기반 기술	개발기술	자율형 상황인지 커뮤니티 컴퓨팅 미들웨어 개발	성균관대학교
	현존기술	JADE	Telecom Italian
	현존기술	FIPA OS	FIPA
	신기술	GAIA	UIUC
	신기술	AURA	CMU
	신기술	RCSM	ASU

<표 4> 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서 활용 가능한 현존 및 신기술(계속)

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 시스템 기술	개발기술	동적 커뮤니티 컴퓨팅 기반 시스템 통합 플랫폼 기술	아주대학교
	현존기술	CoBra	UMBC
	현존기술	GAIA	UIUC
	현존기술	AURA	CMU
	신기술	SmartHouse	Gatech
	신기술	SPICE	WWI/EU
	신기술	AWARENESS	FreebandS

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 시스템 기술	개발기술	커뮤니티 컴퓨팅 솔루션 : 커뮤니티 매니저	아주대학교
	현존기술	AURA	CMU
	현존기술	AMIGO	EU : Philips, France Telecom, Fraunhofer, Ikerlan, INRIA, Microsoft Germany
	현존기술	GAIA	UIUC
과제	기술성격	기술명	개발기관
USS 기반 기술	개발기술	유비쿼터스 지능공간에서의 지능형 네트워크 구성 기술	숭실대학교
	현존기술	Roofnet	MIT (USA)
	현존기술	Mesh Network	Purdue University(USA)
	신기술	Ambient Network	ISTAG(Europe)

분류	기술성격	기술명	개발기관
USS 오브 젝트 기술	개발기술	생활패턴 및 생체정보 분석을 통한 건강 관리 솔루션 개발	휴민텍
	현존기술	하이케어	인성정보
	현존기술	통합형 트레이닝 시스템	Polar Electro and adidas
	현존기술	온라인 의료서비스	에버케어
	신기술	웨어러블 컴퓨터기반의 U-헬스케어 서비스	대구광역시, SKT
	신기술	감성 인식 컴퓨터	MIT미디어Lab
	신기술	건강샘	이수유비케어

공간을 의미한다.

특히 ‘웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간’에서는 크게 안전지수 기반의 위험상황인지 및 사전대응 서비스와 웰빙지수 기반의 삶의 질 계량화 및 예방적 관리 서비스의 제공을 목적으로 M2M(Machine-to-Machine)에 의한 삶의 질 개선을 지원할 수 있

는 기술 개발에 역점을 두고 있다. 본 연구에서는 앞서 언급한 두 가지 서비스를 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서 제공되어야 할 서비스의 최적조합으로 간주하였으며 각 서비스의 구체적인 내용은 <표 3>과 같다.

웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서 활용

&lt;표 5&gt; 기술별 변동성 및 기준기술과의 상관관계

기술분류ID	기술 No.	기술명	변동성	기준기술과의 상관관계
0(기준기술)	0	자율적 지능적 상황인식 기술	0.2	1
1	1-1	유비쿼터스 커뮤니티 환경에서의 다자간 인터랙티브 스마트 협업환경 기술 (다자간 원격 협업시스템 프레임워크 설계 및 지능형 다중채널 동시입력 지원 인터랙티브 네트워크 디스플레이 기술)	0.32	0.5
	1-2	Touch Display System	0.16	0.03
	1-3	Network Display System	0.14	-0.05
	1-4	Surface Computing	0.28	0.25
	1-5	협업형 Virtual Engineering System 기술	0.5	0.03
	1-6	Blue Space(Display changing everywhere interactive display, motion-based interaction)	0.3	0.25
	1-7	고성능 네트워크 기반 화상회의 시스템(고화질/디스플레이 지원)	0.16	-0.03
2	2-1	VSN 기반 행동 인식기 설계 및 구현	0.63	0.77
	2-2	Perceptrak	0.2	0.73
	2-3	The Visual Surveillance System	0.4	0.7
	2-4	ObjectVideo VEW	0.12	0.83
	2-5	Bridging the Gap between Cameras	0.9	0.17
	2-6	Action Volume	0.9	0.23
3	3-1	초고속 고품질의 환경 적응형 Scale-free uPAN 시스템의 지능형 다중 액세스 기술	0.75	1
	3-2	Bluetooth	0.7	0.5
	3-3	Zigbee	0.5	0.35
	3-4	다기능복합기능을 가지는 근거리 무선통신 칩셋 및 모듈	0.65	-0.5
	3-5	IEEE802.15.4a에 기반한 저속 UWB	0.55	0.15
	3-6	고속 UWB	0.5	0.35
4	4-1	자율형 상황인지 커뮤니티 컴퓨팅 미들웨어 개발	0.52	0.68
	4-2	JADE	0.23	0.19
	4-3	FIPA OS	0.22	0.24
	4-4	GAIA	0.46	0.34
	4-5	AURA	0.45	0.49
	4-6	RCSM	0.38	0.48
5	5-1	동적 커뮤니티 컴퓨팅 기반 시스템 통합 플랫폼 기술	0.5	0.9
	5-2	CoBra	0.5	0.6
	5-3	GAIA	0.3	0.3
	5-4	AURA	0.3	0.3
	5-5	SmartHouse	0.4	0.3
	5-6	SPICE	0.5	0.6
	5-7	AWARENESS	0.7	0.7

<표 5> 기술별 변동성 및 기준기술과의 상관관계(계속)

기술분류ID	기술 No.	기술명	변동성	기준기술과의 상관관계
0(기준기술)	0	자율적 지능적 상황인식 기술	0.2	1
6	6-1	커뮤니티 컴퓨팅 솔루션 : 커뮤니티 매니저	0.5	-0.5
	6-2	AURA	0.4	0.5
	6-3	AMIGO	0.4	0.7
	6-4	GAIA	0.4	0.5
7	7-1	유비쿼터스 지능공간에서의 지능형 네트워크 구성 기술	0.3	0.64
	7-2	Roofnet	0.15	0.21
	7-3	Mesh Network	0.3	0.18
	7-4	Ambient Network	0.5	0.64
8	8-1	생활패턴 및 생체정보 분석을 통한 건강 관리 솔루션 개발	0.9	0.7
	8-2	하이케어	0.7	0.2
	8-3	통합형 트레이닝 시스템	0.4	0.8
	8-4	온라인 의료서비스	0.7	0.2
	8-5	웨어러블 컴퓨터기반의 U-헬스케어 서비스	0.6	-0.5
	8-6	감성 인식 컴퓨터	0.6	-0.8
	8-7	건강샘	0.7	0.2

가능한 현존 및 신기술은 <표 4>와 같다.

웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서의 기준기술은 해당 도메인에 대해 충분히 숙지하고 있는 개발 책임자에 의해 자율적 지능적 상황인식 기술로 선정되었다. 자율적 지능적 상황인식 기술이란 물리공간과 가상공간이 융합된 유비쿼터스 지능공간을 실현하기 위해 센서, 레이블, 액추에이터와 같은 인터페이스들을 통해 사용자, 디바이스, 환경, 공간의 정보들이 인지되는 기술을 의미한다. 구체적인 인지내용은 다음과 같다.

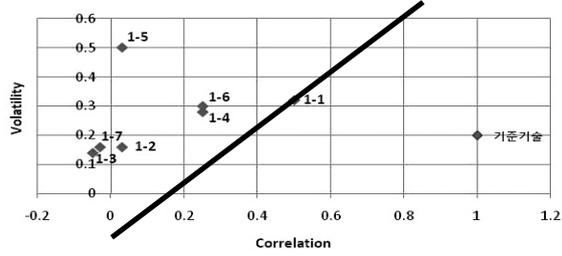
- 사용자 인지 : 사용자 프로필, 선호도, 활동, 장소, 사회적 관계, 욕구 등
- 장치 인지 : 장치 상태(Status), 이용 가능성, 성능, 장치 사용자 등
- 환경 인지 : 공기, 오염, 소리(소음), 자산 및 설비 상태

웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서는 물리공간 내에서 발생하는 다양한 상황정보를 인지, 가공, 추론하여 서비스 개발자들에게 온톨로지를 이용한 상황정보 처리와 상황인지 기반의 서비스 검색 기능을 제공한다.

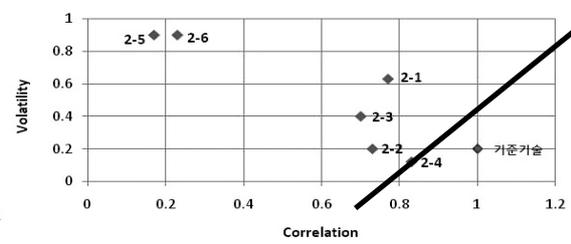
이렇게 선정된 기준기술을 기반으로 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간에서의 최적 uT기술조합 선정을 위해 앞서 수집된 기술별 변동성 및 기준기술과의 상관관계를 전문가 그룹 집중 인터뷰를 통하여 측정하였다. 이때 전문가 그룹은 평균 2년 11개월의 유비쿼터스 기술개발관련 연구경력자 20명으로 구성하였다. 그 구체적인 결과는 <표 5>와 같다.

위의 자료를 바탕으로 웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간의 상관관계-변동성 지도를 각기술 분류별로 작성한 뒤 제약만족문제 해결기법을 통해 최적기술을 선정하였으며 그 내용은 <그림 5>

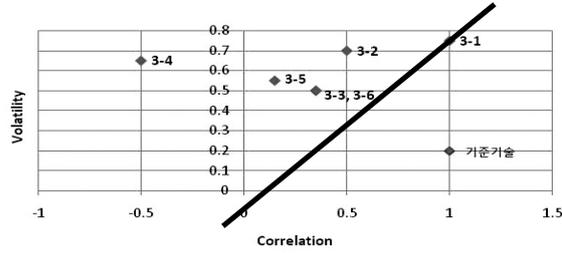
기술분류 1.



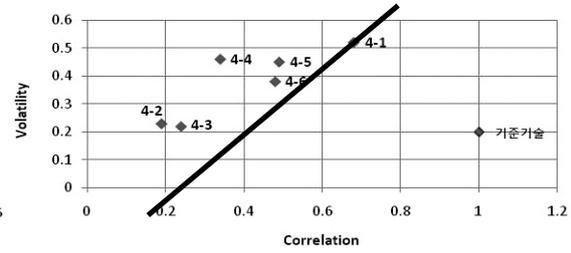
기술분류 2.



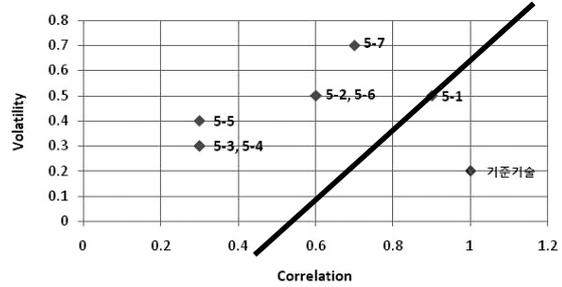
기술분류 3.



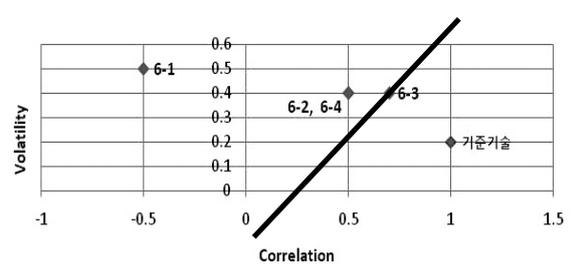
기술분류 4.



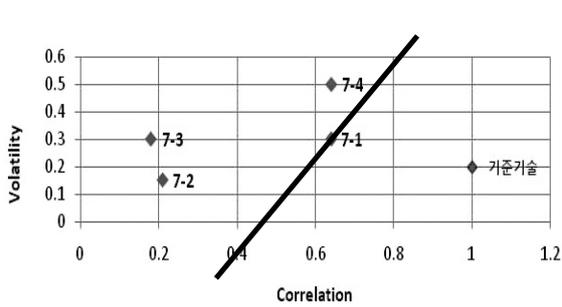
기술분류 5.



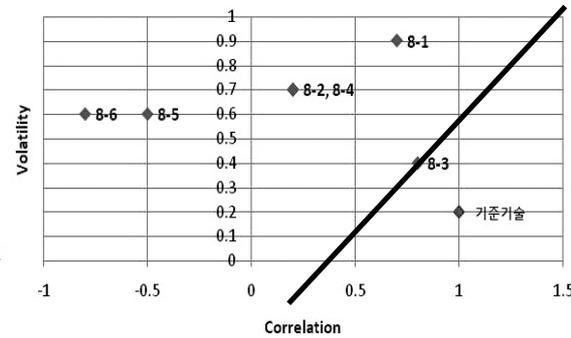
기술분류 6.



기술분류 7.



기술분류 8.



<그림 5> 상관관계-변동성 지도 작성 및 제약만족기법 적용결과

와 같다. 이때 상관관계와 변동성은 동일한 비중으로 고려하는 것으로 한다. 즉 제약조건은 다음과 같다. 물론 이 비중은 사업단 차원에서 조정할 수 있으며, 그에 따라 최적 조합 결정에도 변동이 있을 수 있다.

$$\frac{\omega_o}{\omega_r} = 1$$

위의 상관관계-변동성 지도 및 제약만족기법을 통해 선정된 제 1차 최적 기술조합은 {1-1, 2-4, 3-1, 4-1, 5-1, 6-3, 7-1, 8-3} 즉 {유비쿼터스 커뮤니티 환경에서의 다자간 인터랙티브 스마트 협업 환경 기술, ObjectVideo VEW, 초고속 고품질의 환경 적응형 Scale-free uPAN 시스템의 지능형 다중 액세스 기술, 자율형 상황인지 커뮤니티 컴퓨팅 미들웨어 개발, 동적 커뮤니티 컴퓨팅 기반 시스템 통합 플랫폼 기술, AMIGO, 유비쿼터스 지능공간에서의 지능형 네트워크 구성 기술, 통합형 트레이닝 시스템}과 같다.

이렇게 선정된 제 1차 최적 기술조합에 대해 USS 개발 제약조건인 예산과 개발기간을 검토하여 최적 기술조합을 선정할 수 있다.

## 5. 결론

최근 국내외적으로 U-City를 비롯한 많은 유비쿼터스 지능공간 개발 사업이 활발하게 진행되고 있다. 유비쿼터스 지능공간 개발에서는 그 특성상 기 확보된 전통적 정보기술 외에도 다수의 유비쿼터스 기술들이 조합적으로 사용된다. 이때 유비쿼터스 기술들은 상당수가 실용적 타당성이 완전히 증명되지 않은 미래 기술들이다. 결국 유비쿼터스 지능공간 개발 초기 전체적인 계획 수립 시점에서

기술 및 경제적 관점에서 활용 가능한 기술들을 분석하고 지능공간 구축을 위한 최적의 기술조합을 선정하는 것은 성공적인 유비쿼터스 지능공간 개발을 위한 매우 핵심적인 요소가 된다. 더욱이 최근 유비쿼터스 지능공간의 개발 형태는 점점 다중 도메인, 다중 서비스 형태가 되어감에 따라, 유비쿼터스 지능공간 개발을 위한 기술들을 선정하는 작업의 복잡도 역시 증가하고 있어 이러한 기술조합 선정 방법론에 대한 필요도 높아지고 있다.

하지만 지금까지의 유비쿼터스 지능공간 개발은 각 유비쿼터스 지능공간의 목표, 제약조건, 현존 및 신기술들의 특성 등에 대한 체계적인 분석 과정이 미흡하다. 특히 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 개별 기술에 대한 객관적인 분석이 아닌 물론 구축에 활용될 전체적인 기술조합에 대해 고려하는 경우는 매우 드물다. 대부분 서비스 공급자의 입장에서 선호한다고 판단되는 기술조합으로 유비쿼터스 지능공간을 개발하고 있는 실정이다. 더욱이 현존하는 평가 혹은 선정 방법론들은 단일 기술 혹은 프로젝트를 평가하는 수준에 머물러 있다. 즉 개발을 계획하고 있는 기술조합이 최선인지에 대한 합리적인 판단 기준과 미비하며 기술 확보의 시점이 차이가 나고 기술 실현 가능성의 위험 요소가 고려된 기술조합 선정 방법론은 드물다.

따라서 본 논문은 유비쿼터스 지능공간 개발 시 현재 개발할 유비쿼터스 지능공간의 목표 및 제약조건을 고려하여 현존 기술 및 신규로 개발 중인 기술들 중 최적의 사용기술조합을 미리 분석하고 선정할 수 있는 다중 도메인의 특정 유비쿼터스 지능공간 구축을 위한 최적의 기술조합 선정 방법론을 제안하였다. 이를 위해 기술간의 상관관계 및 변동성을 기반으로 최적의 투자 상품 군을 결정하는 포트폴리오 최적화 방법론을 도입하였으며 동시에 정성적인 제약해결기법인 제약만족기법을 함께 고

려하여 기술분류별 최적기술 선정 문제 해결에 활용하였다. 또한 해당 방법론의 용이성 및 실효성을 확인하기 위해 ‘웰빙라이프케어 유비쿼터스 지능공간’에 이를 적용하여 사례 연구를 진행하였다.

이러한 방법론은 각 기술의 실현 가능성 및 변동성, 개발에 기준이 되는 기술과의 상관관계 등 개발 위험 요소 고려함으로써 개발 중 개발기술간의 충돌 또는 특정기술의 개발 지연 또는 실패로 인한 전체 프로젝트의 지연 또는 실패 등의 문제 발생 확률 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 특정 USS 구축에 활용한 기술 선정에 대한 객관적이고 과학적인 기준 제시함으로써 유비쿼터스 지능공간의 개발 효율성을 증대하고 기술선정 과정에서의 투명성 확보 가능성을 확대할 것으로 보인다.

본 방법론은 사전적 의미의 평가 방법론에 해당하므로, 방법론의 성과를 완전하게 증명하기 위해서는 기술 선정 후 효과 평가가 필요하다. 따라서 향후 연구방향은 선정된 최적 기술조합 내 기술들을 활용하여 구축될 유비쿼터스 지능공간에 대한 사용자의 효용 측정을 통해 제안 방법론의 유용성을 증명하고자 한다. 이를 위해 단기적으로는 구축될 유비쿼터스 지능공간과 가장 유사한 서비스 시나리오에 대한 사용자의 효용을 측정할 계획이며, 중장기적으로는 실제 서비스 체험을 통한 평가를 수행할 예정이다. 또한 신기술을 적용하여 서비스를 제공한다는 것으로 나타나는 단기적 이상 호감 현상인 노블 효과(novel effect)를 제거하고 평가하는 방법론도 개발할 필요가 있다.

## 참고문헌

- Abowd, G. D., C. Atkeson, and I. Essa, “Ubiquitous Smart Spaces”, A white paper submitted to DARPA (in response of RFI), February 1998, (available at : <http://www-static.cc.gatech.edu/fce/pubs/darpa.uss.98.pdf>), (1998).
- Abowd, G. D. and E. D. Mynatt “Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing”, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol.7, No.1(2000), 29~58.
- Bard, J. F. and A. Feinberg, “A two-phase methodology for technology selection and system design”, *IEEE transactions on engineering management*, Vol.36, No.1(1989), 28~36.
- Brands, Simone, Gallagher, R. David and Looi, “Adrian Active investment manager portfolios and preferences for stock characteristics”, *Accounting and finance : journal of the Accounting Association of Australia and New Zealand*, Vol.46, No.2(2006), 169~190.
- De Vassal, V., “Risk Diversification Benefits of Multiple-Stock Portfolios”, *Journal of portfolio management*, Vol.27, No.2(2001), 32~39.
- De Wit and D. P. M., “Naive Diversification : Imperfectly diversified portfolios require an excess return, which is shown to depend on the average correlation between stock returns”, *The Financial analysts journal*, Vol. 54, No.4(1998), 95~100.
- Finne, T., “Information Security Implemented in : the Theory on Stock Market Efficiency, Markowitz’s Portfolio Theory and Porter’s Value Chain”, *Computers and security*, Vol.16, No.6(1997), 469~479.
- Fox, G. E., N. R. Baker, and J. L. Bryant, “Economic models for R and D project selection in the presence of project interactions”, *Management Science*, Vol.30, No.7

- (1984), 891~902.
- Helal, S., W. Mann, H. El-Zabadani, J. King, Y. Kaddoura, and E. Jansen, "The Gator Tech Smart House : a programmable pervasive space", *Computer*, Vol.38, No.3(2005), 50~60.
- Horesh, R. and B. Raz, "Technological aspects of project selection R&D Management", Vol.12, No.3(1982), 133~140.
- Kirby, M. R. and D. N. Mavris, "A Method for Technology Selection Based on Benefit, Available Schedule and Budget Resources", *Wormud aviation conference*, 2000.
- Konno, H. and K. Kobayashi, "An integrated stock-bond portfolio optimization model", *Journal of economic dynamics and control*, Vol.8/9(1997), 1427~1444.
- Krishnan, V. and S. Bhattacharya, "Technology Selection and Commitment in New Product Development : The Role of Uncertainty and Design Flexibility", *Management science*, Vol.48, No.3(2002), 313~327.
- Kwon, O., K. Choi, and M. Kim, "User acceptance of context-aware services : self-efficacy, user innovativeness and perceived sensitivity on contextual pressure", *Behaviour and information technology*, Vol.26, No.6(2007), 483~498.
- Kwon, O. and J. Kim, "A Methodology of Identifying Ubiquitous Smart Services for U-City Development", *Lecture notes in computer science*, Vol.4611(2007), 143~152.
- Ma, J., L. T. Yang, B. O. Apduhan, R. Huang, L. Barolli, and M. Takizawa, "Towards a Smart World and Ubiquitous Intelligence : A Walk-through from Smart Things to Smart Hype-rspaces and UbicKids", *International journal of pervasive computing and communications*, Vol.1, No.1(2005), 53~67.
- Milan zeleny, "Multiple Criteria Decision Making", *McGraw-Hill*, New York, ISBN 0 07 072795 3, (1982), 563.
- Nonobe, K., T. Ibaraki, "A Tabu Search Approach to the Constraint Satisfaction Problem as a General Problem Solver", *European journal of operational research*, Vol.106, No.2/3(1998), 599~623.
- Souder, W. E., "Analytical effectiveness of mathematical models for R&D project selection", *Management Science*, Vol.19, NO.8(1973), 907~923.
- Speranza, M. G., "A heuristic algorithm for a portfolio optimization model applied to the Milan stock market", *Computers and operations research*, Vol.23, No.5(1996), 433~441.
- Tam, Kar Yan, Kiang, Y. Melody and Chi, T. H. Robert "Inducing Stock Screening Rules for Portfolio Construction", *The journal of the Operational Research Society*, Vol.42, No.9 (1991), 747~757.
- Wang, X., J. S. Dong, C. Chin, S. Hettiaracchchi, and D. Zhang, "Semantic Space : An Infrastructure for Smart Spaces", *IEEE Pervasive Computing*, Vol.3, No.3(2004), 32~39.

Abstract

## A Methodology of Optimal Technology Combination Selection for Developing a Specific Ubiquitous Smart Space

Yonnim Lee\* · Ohbyung Kwon\*\*

Ubiquitous Smart Space(USS) like u-City has been expected to create a high added value. However, developing USS has a high risk because it should use future technologies and development methodologies that have been never tried in the past. Hence, it has to be considered thoroughly in the very first stage of development. Moreover, USS usually uses several ubiquitous computing technologies combinationally because of the nature of USS. Despite of this, existing technology selection methodologies or technology evaluation methodologies only focus on a single technology. This leads us to develop a methodology of optimal technology combination for developing a specific USS. The purpose of this paper is to propose the methodology and to apply it to develop a real USS. We use portfolio theory and constraint satisfaction problem to determine an optimal technology combination. We also apply our methodology to the national ubiquitous computing project which carries out at present to validate it.

**Key Words** : Ubiquitous Smart Space, Technology Selection Methodology, Correlation-Volatility Map, Portfolio Theory, Constraint Satisfaction Problem

---

\* Graduate School of International Managment, Kyung Hee University

\*\* School of International Managment, Kyung Hee University

## 저 자 소개



**이연님**

현재 경희대학교 국제경영학과 박사과정에 재학 중이며 동시에 유비쿼터스 비즈니스&서비스 연구센터(RCUBS; Research Center for Ubiquitous Business and Services)의 연구원으로 활동하고 있다. 2000년에 한동대학교 경영경제학부에서 학사, 2003년 이화여자대학교에서 석사학위를 취득하였다. 석사학위 취득 후 4년간은 금융권과 IT 컨설팅 분야에서 IT컨설턴트로 활동하였으며, 현재는 지식경제부 UCN 사업 및 과학기술부 특정기초연구지원사업 과제에 참여하고 있다. 관심 연구분야는 상황인식 시스템, 상황인식 컴퓨팅내 프라이버시 이슈, 에너지관리 시스템 등이다.



**권오병**

1988년 서울대학교에서 경영학사를 1999년과 1995년에 한국과학기술원에서 각각 공학석사와 공학박사 학위를 취득하였다. 현재는 경희대학교 국제경영대학 교수로 재직중이다. Decision Support Systems 등 다수의 저널에 수십편의 논문을 발표하였다. 관심분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 의사결정지원시스템 등이다.