

실내 공간을 위한 위치 모델

Location Model for Indoor Space

강혜경*, 이기준

Hae-Kyong Kang*, Ki-Joune Li

* National Center for Geographic Information and Analysis(NCGIA)

hkang@spatial.maine.edu

부산대학교 공과대학 정보컴퓨터공학부

lik@pnu.edu

요약

본 연구는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 기반으로 실내 공간 위치정보를 표현하는 위치모델을 제안한다. 실내 공간은 실외공간과 마찬가지로 유클리디언 공간, 네트워크 공간, 기호 공간의 성격을 동시에 가지고 있다. 그러나 현재 실외공간을 대상으로 하는 위치서비스의 경우, 도로 혹은 평면 공간처럼 어느 한 공간을 가정하고 위치 서비스를 제공하는 반면, 실내공간에서의 위치서비스는 이 세 가지 공간을 동시에 고려해야하는 차이점이 있다. 이 논문은 세 가지 공간의 특성을 소개한 후, 각각의 공간을 위해 현재 사용되는 공간 위치모델을 간략히 소개한다. 이를 바탕으로, 실내 위치모델을 위한 요구사항을 정리하고, 세 가지 공간모델을 통합하는 실내 위치 모델을 제안한다. 특히 본 연구에서 제안하는 모델은 실내 공간들 간의 접근성 표현할 수 있으며, 현재 사용되고 있는 공간모델에 실내 위치모델을 위한 모델요소를 추가하는 형태로 설계되었으므로, 현재 개발된 지리정보 시스템들과의 호환성을 지원한다는 점에서 의의가 있다.

1. 서론

실내공간은 실외만큼이나 많은 위치 관련 활동들이 일어나는 공간으로, 최근 이에 대한 인식이 새롭게 증가함에 따라, 관심이 급증하고 있는 지리정보 연구분야 중의 하나가 되었다. 특히, 실내 공간(Indoor space) 안에서의 유비쿼터스 지리 정보(ubiquitous geographic information) 서비스에 대한 관심이 증가하면서, 실내 공간 안에서 위치(location)를 표현하는 실내 위치 모델(indoor location model)에 관한 연구들이 늘어나고 있다. 그러나 현재 제안되고 있는 실내 위치모델은 층(floor), 방(room)과 같은 실내 공간의 단편적인 특성만을 고려하고 있으며, 실내 공간의 성격을 명확하게 정의하지 않고 있다.

이에 본 연구는 실내 공간의 성격(property)을 기호 공간(symbolic space; 예: 1층 113호), 네트워크 공간(network spac

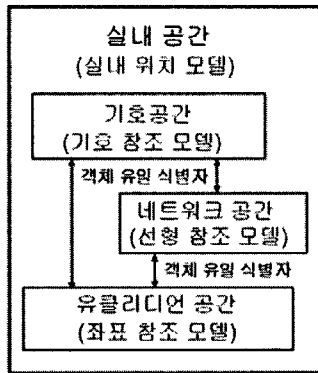
e; 예: 복도, 층계), 평면 공간(euclidean space; 예: 체육관)으로 정의하고, 각각의 공간 성격을 나타내는 가장 단순한 데이터 모델을 가정한 후, 이들을 통합 확장하여 실내 위치 모델을 제안하는 것이 목표이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서 실내 위치모델 요구사항을 기술한 후, 이를 바탕으로 3장에서 실내 위치모델을 제안한다. 4장에서는 이 위치모델을 이용한 예를 설명한다. 특히, 움직이는 객체의 위치표현 예, 실내 공간의 접근성 표현 예를 설명한다. 그런 후 이 연구의 결론과 향후 연구를 기술하겠다.

2. 실내 위치 모델 요구사항

이 장에서는 실내 공간의 특징을 기술하고, 이를 통해 실내 위치모델의 요구사항을 정리하겠다.

방안이나 실내 테니스장처럼, 실내 공간은 직선거리로 움직일 수 있는 평면 공간의 성격을 가진다. 또, 복도를 따라 움직여야만 하는 움직임이 제한된 네트워크(network) 공간이기도 한다. 뿐만 아니라, “1층에는 102호부터 112호까지의 사무실들이 위치하고, 2층에는 202호부터...”처럼 공간을 1층 102호와 같은 기호로 표현하기도 한다. 그래서 이 세 가지 공간 관점에서 실내 공간의 특징을 정리하면 다음과 같다.



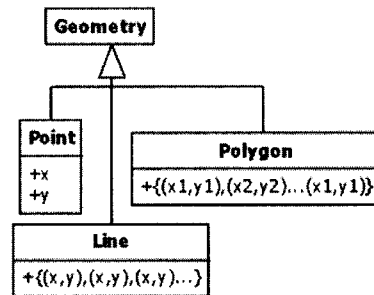
<그림 1> 실내 공간의 특징

2.1. 평면 공간(euclidean space)

평면 공간은 순서있는 수의 집합으로 표현되는 공간으로, 거리연산처럼 수를 이용한 연산이 가능하다. 예를 들어, 지리정보 시스템에서 흔히 사용되는 좌표 참조 체계(coordinate reference system)는 이 유클리디언 공간에서 현실 세계에 존재하는 공간 객체의 위치를 표현하는 방법이다. 여기서 좌표(coordinate)는 순서있는 수로서 객체의 위치(position)를 나타내며, 이 좌표를 조작·처리하기 위한 규칙을

좌표 참조 체계에서 제공한다. 예를 들어, <그림 2>에서 방 102안에 있는 프린터의 위치를 이 공간에서는 $printer=(234345.4, 5,3423434.22)$ 로 표현하는 것이다. 이때 좌표가 어떤 좌표체계(예: TM, WG84)에 의해 부여되었는지와 같은 정보는 좌표 참조 체계에서 제공한다.

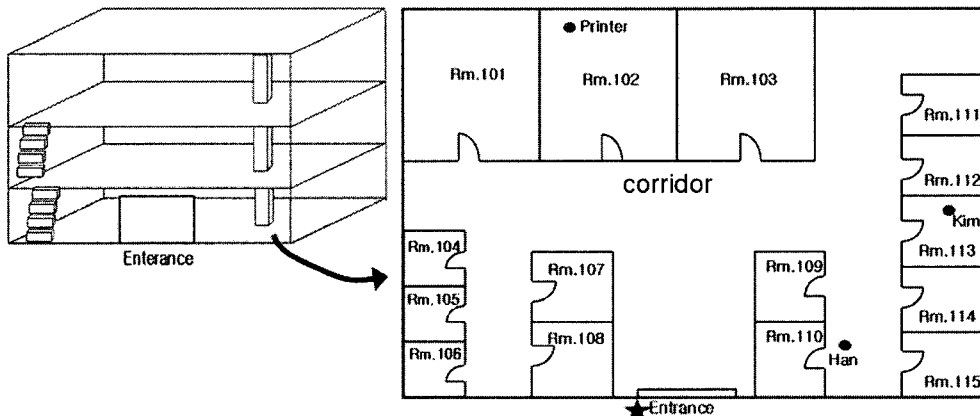
객체를 표현하는데 필요한 파라메타의 수를 차원(dimension)이라고 하는데, 예를 들어 포인트(point)처럼 위치를 제외하면 크기, 방향과 같은 다른 측정 가능한 파라메타가 없는 객체를 0차원 공간객체라고 한다. 많은 지리정보 시스템에서 이 공간에 객체의 위치를 기하 및 위상적 관점에서 표현하는 모델을 제안해 왔으며, 현재는 국제 표준화 기구인 ISO에 의해 제정된 표준안[5]이 상호호환을 위한 표준 모델로 사용되고 있다. <그림 3>은 가장 기본적인 기하모델로서, 본 논문에서 예를 위하여 사용할 것이다.



<그림 3> 기하모델의 예

2.2. 네트워크 공간(network space)

네트워크 공간은 노드(node)와 이 노드를 양 끝에 가지는 에지(edge)의 집합으로



<그림 2> 실내 공간의 예: 건물과 1층 단면

로 표현되는 그래프 공간으로, 연결성 및 방향성을 표현하는데 사용된다. 예를 들어, 지리정보 시스템에서는 도로교차점에 연결되어 있는 도로처럼 도로 네트워크를 표현할 때 자주 사용되는 모델이다.

이 네트워크 공간에서 객체의 위치는 에지위에서 상대적인 위치를 기술하는 선형 참조 시스템(linear reference system)에 의해 표현된다. 예를 들어, <그림 4>에서 113호(Rm. 113)의 위치는 에지 4(E4)의 시작노드 N4에서 끝노드 N6 방향으로 10%지점에 있다고 기술할 수 있다. 이처럼 실내 네트워크 공간에 존재하는 객체들의 위치는 선형 참조 방법에 의해 표현가능하다.

2.3. 기호 공간(symbolic space)

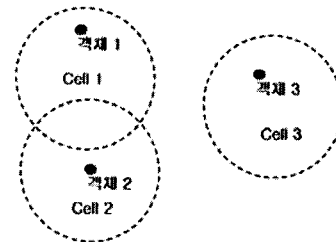
기호공간은 실제 좌표가 아닌 객체의 이름, 센서의 ID와 같은 기호로서 객체를 표현하는 공간이다. 단순한 이름에 의한 위치참조체계도 이 기호공간에 포함될 뿐만 아니라, 기호를 이용한 객체의 정의, 예를 들어 두 객체 A, B가 있을 때, A={2층 211호, 2층 212호, 2층 213호}, B={2층 214호, 2층 215호}와 같이 정의하는 것도 이 기호공간에서 객체를 표현하는 방법이다.

기호 공간은 '1층 113호'처럼 일상 용어를 사용하기 때문에, 사용자들이 공간인지를 쉽게 할 수 있도록 도와준다. 반면, 방향(direction), 객체간의 거리(distance), 연결성(connectivity), 기호 간의 위상(topology)

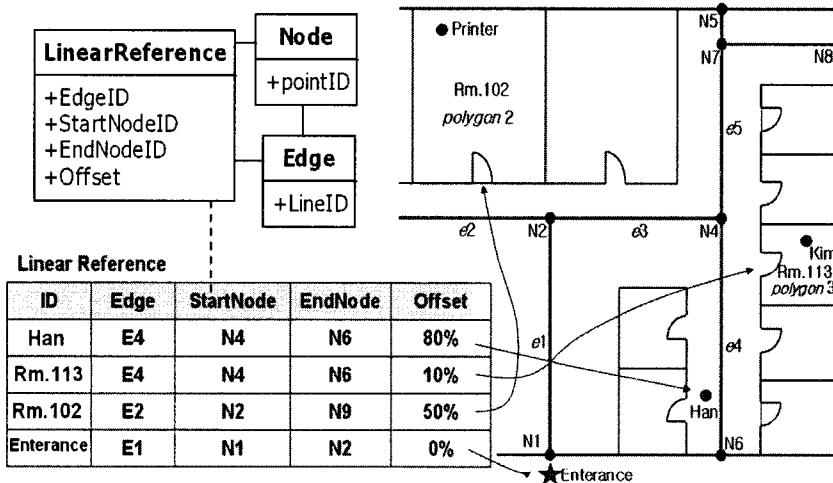
ology)은 표현하지 못한다. 때문에 기호공간을 위한 위상에 관한 연구가 필요하다.

예를 들어, [2]의 여행 모드(tour mode)은 대축척 공간에서 기호를 이용해 방향 및 연결성을 표현하는 방법을 제안하였다. 이 연구를 바탕으로 [7]는 near, along from처럼 실내 공간객체들 간의 관계를 온톨로지(ontology)를 기반으로 표현한 후, 이를 지원하는 프로토타입을 개발하였다.

기호 공간에서의 위상연구중의 또 다른 예로서, [9]는 실내 공간에 배치된 센서의 영향범위를 cell이라고 정의하고, 이 cell 간의 위상을 바탕으로 공간 객체들 간의 관계를 표현한다. 예를 들어, 9-교차모델 [2,3]에 의하면 객체 1, 객체 2, 객체 3은 서로 분리(disjoint)관계이다.



그러나, 중첩되어 있는 cell에 포함된 객체 1과 객체 2의 분리관계는, 완전히 서로 떨어진 cell에 포함된 객체 1과 객체3의 분리 관계와는 차이가 있다. 이에 [9]는 동일 cell(identicalCell), 이웃 cell(neighborCell), cell그룹(cellGroup)과 같은 위상을 정의함으로써, 기존 9-교차모델로서는 구분이 어려웠던 분리(disjoint)한 점들 간의 위상관계를 표현하였다.



<그림 4> 네트워크 모델과 선형 참조 예

2.4. 실내 위치모델 요구사항

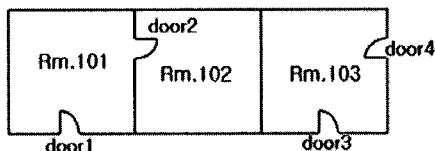
실내 위치 모델에서 고려해야 할 사항은 첫째, 위의 세 공간에서 각각 객체의 위치표현 둘째, 다른 공간을 거쳐 객체들 간의 거리연산 셋째, 객체들 간의 위상 관계 정의

(예: 실내공간의 접근성)가 있다.

- 객체의 위치 표현 : 실내 공간에 존재하는 정적인 객체의 위치표현은 각각의 기존 공간에서 사용하던 방법을 그대로 사용한다. 동적인 객체는 위치가 네트워크 공간에서 평면 공간으로 바뀔 수 있다. 그러므로 이 두 공간과는 독립된 객체를 정의할 필요가 있다.

- 객체의 거리연산 : <그림 2>에서 건물 입구(entrance)에서 한(Han)씨 까지 거리와 김(Kim)씨 까지 거리를 비교하려고 할 때, 한씨는 복도에 있기 때문에 네트워크 공간의 거리연산 방법을 이용할 수 있지만, 김씨의 경우는 입구에서 방까지는 네트워크 공간의 거리연산을, 방 안에서는 평면 공간의 거리연산을 사용해야 한다.

- 위상 관계 : 네트워크 위상 및 [2]가 제안한 9-교차 모델에 의한 공간 위상이 각각 네트워크 공간과 평면 공간을 위해 사용가능하다. 이 외에 실내공간의 접근성을 고려한 위상모델이 추가될 필요가 있다.



<그림 5> 실내공간 접근성 위상 필요 예

이 접근성은 9-교차모델로 표현이 안되는 부분으로, 예를 들어, 9-교차모델에 의하는 101호와 102호도 연결된 방이라고 표현되지만, 102호와 103호도 똑같이 연결된 방으로 표현된다. 그러나, 102호에서 101호로는 접근이 가능하지만, 103호로는 직접적인 접근이 불가능하다.

그래서 본 연구에서는 유클리디언 공간에서의 연결성과 실내 공간에서의 연결성을 구분하기 위해 실내 공간 접근성이란 용어를 사용한다. 이 외에도 실내공간의 기호적 성격을 고려한 기호 위상 모델도 필요하다. 그러나 실내 공간은 다양한 관점에서 기호로 표현가능하므로, 이 기호 위상에 관한 연구는 본 연구 범위 내에서 언급하는 대신, 다른 독립된 연구를 통해

소개하겠다. 본 연구에서는 이름에 의한 위치참조 및 접근성 위상만을 기호공간을 위한 위상에서 다루겠다.

본 연구에서 제안하는 실내 위치모델은 기호 공간 모델, 네트워크 공간모델, 유클리디언 공간모델을 기반으로 몇몇 모델 요소들을 추가하여 설계되었다. 먼저 실내 공간객체는 기호공간에서도 표현될 수 있지만, 네트워크 공간이나 평면 공간에서도 동시에 표현될 수 있다. 예를 들어, 기호 공간에서는 실내 공간객체를 이름이나 번호로 정의하고, 이 공간객체가 복도에 있으면 네트워크 공간의 선형참조방법을 통해 위치를 표현하는 방식이다. 이때 실내 공간객체들의 상호 참조는 <그림 1>에서처럼 객체 유일 식별자를 통해 가능하다.

3. 실내 위치모델

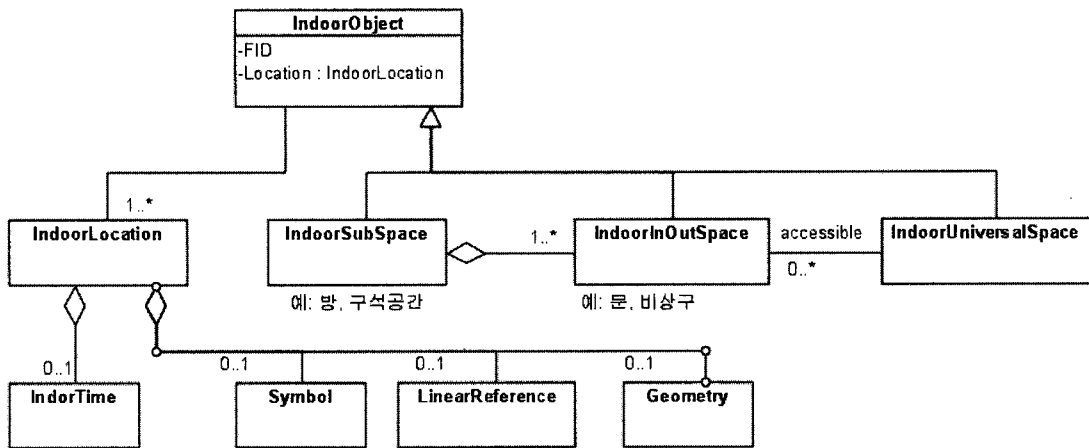
이 장에서는 요구사항을 만족시키기 위해 정의된 모델 구성요소(예: 클래스, 속성, 차수)들을 설명한다. <그림 6>은 본 연구에서 제안하는 실내 위치모델로, 각각의 모델 구성요소들은 첫째, 기존 공간 모델과의 호환 둘째, 정적/동적 실내 공간객체의 위치표현 셋째, 실내 공간 접근성 측면에서 정의되었다.

3.1 기존 공간모델과의 호환

IndoorObject 클래스는 실내 공간객체를 표현한다. <그림 2>에서 건물입구, 방, 방안에 있는 프린터, 움직이는 김씨들이 모두 이 클래스의 인스턴스들이다. 실내 공간객체가 정적인지 동적인지는 IndoorLocation 클래스에 의해 표현된다.

3.2 실내공간객체의 위치

동적 객체의 위치는 시간과 위치 쌍의 집합으로 표현된다. <그림 6>에서 IndoorLocation 클래스와 Time, Symbol, LinearReference, Geometry 클래스들 간의 관계차수가 0..1인것은 시간에 따른 위치의 쌍을, IndoorObject 클래스와 IndoorLocation 클래스간의 관계차수가 1..*인것은 위치 쌍의 집합을 표현한 것이다.



<그림 6> 실내 위치 모델

호 옆의 빈 공간이 이 해당한다.

3.3 실내 공간 접근성

실내 공간의 접근성은 IndoorSubSpace, IndoorInOutSpace, IndoorUniversalSpace 클래스들에 의해 표현된다. IndoorSubSpace 클래스는 방이나 층계공간처럼 문 혹은 비상구와 같은 어떤 특정 공간을 통해서만 출입이 가능한 실내공간을 표현한다. IndoorInOutSpace 클래스는 문과 비상구 같은 출입목적의 실내공간이다. 이 공간을 통해 IndoorSubSpace로 출입이 가능함을 표현하기 위해 IndoorSubSpace 클래스와의 관계가 집합(마름모 기호)로 정의되었다.

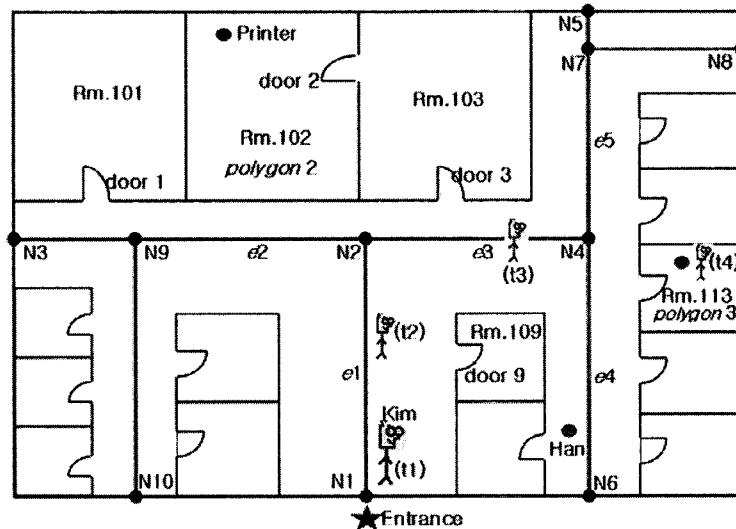
IndoorUniversalSpace 클래스는 IndoorSubspace도 아니고, IndoorInOutSpace도 아닌 공간이다. <그림 2>에서 복도와 111

4. 위치모델의 예

4.1 동적 객체의 위치표현 예

<그림 7>에서 김씨가 건물입구에서 방 113호까지 움직인 궤적을 본 연구에서 제안하는 위치모델로 나타내보자.

김씨(IndoorObject)
김씨#실내공간DB(FID) {(t1, 김씨#IndoorDB, e1, N1, N2, 0%, null), (t2, 김씨#IndoorDB, e1, N1, N2, 80%, null), (t3, 김씨#IndoorDB, e3, N2, N4, 90%, null), (t4, 김씨#IndoorDB, null, point)}(Locations)

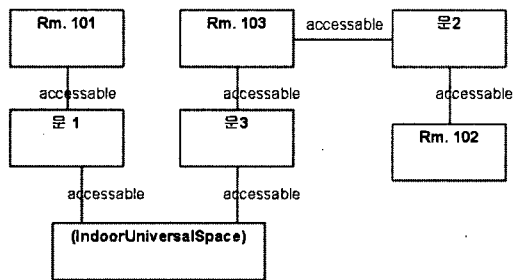


<그림 7> 실내 공간의 예

먼저 김씨는 실내 공간객체이므로, Indoor Object class의 인스턴스이다. 또, 움직이는 김씨의 위치는 하나 이상의 IndoorLocation 클래스 인스턴스들로 표현된다. 먼저 t1시점에서 김씨의 위치는 선형참조체계에 의해 e1, N1, N2, 0%로 표현한다. 김씨#IndoorDB는 FID이다. 비슷한 방법으로 t2, t3시점의 위치도 표현된다. t4 시점에서의 위치는 선형 참조체계가 아니라 유클리디언 공간에서의 point로 표현된다.

4.2 실내공간의 접근성 표현

실내 공간의 연결은 출입을 위한 공간을 통해 이루어진다. <그림 5>에서 101호에서 102호는 인접한 방이기는 하지만, 출입하기 위한 문이 없기 때문에 접근성은 없다. 하지만 방들간의 관계를 통해 이 두 방의 접근성을 설명할 수 있다. 본 연구에서 제안한 실내공간 접근모델로 101호, 102호, 103호의 관계를 표현하면 다음 인스턴스 다이어그램과 같다.



문 1과 문3은 각각 101호와 103호를 밖과 연결하고, 문 2는 102호와 103호를 연결한다. 101호에서 102호로의 접근은 문1을 통해 밖으로 나가서 문 3을 통해 103호로 간 후, 문 2를 통해 가능하다.

5. 결론

본 연구에서는 실내 공간의 성격을 평면, 네트워크, 기호공간의 관점에서 정의하고, 이 공간에서 사용되는 가장 단순한 모델을 가정한 후, 이를 바탕으로 실내 공간 위치모델을 제안하였다. 이 모델은 2차원만 고려한 것으로, 향후 3차원으로 확장할 필요가 있다. 또, 실내 공간 접근성 모델은 정적 객체모델으로, 문이 잠겨있거나 구조 변경으로 인해 문이 없어지는 경우처럼 동적 접근성을 향후 고려할 사항이다. 기호공간 관점에서 사용자 인지를 도와주는 실내공간 해석과 관련된 방법들도 향후 연구대상이다.

감사의 글

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(KRF-2006-I00084-D00207)

6. 참고문헌

- [1] B. J. Kuipers, "Representing Knowledge of Large-Scale Space", Technical Report 418, Artificial Intelligence Lab of Massachusetts Institute of Technology, 1977.
- [2] M. Egenhofer, J. Herring, "Categorizing Binary Topological Relations Between Regions, Lines, and Points in Geographic Databases", Technical Report, Department of Surveying Engineering, University of Maine, 1990.
- [3] M. J. Egenhofer, R. Franzosa, "Point-Set Topological Spatial Relations", International Journal of Geographical Information Systems 5(2), pp. 161-174, 1991.
- [4] K. Hornsby, M. Egenhofer, "Identity-Based Change Operations for Composite Objects", 8th International Symposium on Spatial Data Handling, pp. 202-213, 1998.
- [5] International Standard Organization, Geographic Information-Spatial Schema (ISO 19107), <http://www.iso.org>, 2003.
- [6] K. Kolodziej, J. Danado, "In-Building Positioning: Modeling Location for Indoor World", 15th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, pp. 830-834, 2004.
- [7] G. Look, B. Kottahachchi, R. Laddaga, H. Shrobe, "A location representation for generating descriptive walking directions", 10th International Conference on Intelligent User Interfaces, pp. 122-129, 2005.
- [8] Y. G. Lee, J. W. Choi, I. J. Lee, "Location Modeling for Ubiquitous Computing Based on the Spatial Information Management Technology", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, pp. 106-111, 2006.
- [9] H. K. Kang, M. J. Egenhofer, K. J. Li, "Cell-based Topology for Ubiquitous Computing", Technical Report, National Center for Geographic Information and Analysis, University of Maine, 2007.