creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000267066

2019년 2월

석사학위 논문

IndoorGML기반의 실내 내비게이션 구현

조선대학교 산업기술융합대학원

소프트웨어융합공학과

유 환 호

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2019년 2월 석사학위논문

IndoorGML기반의 실내 내비게이션 구현

유 환 호

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IndoorGML기반의 실내 내비게이션 구현

Implementation of Indoor Navigation Using IndoorGML

2019년 2월

조선대학교 산업기술융합대학원

소프트웨어융합공학과

유 환 호

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IndoorGML기반의 실내 내비게이션 구현

지도교수 변 재 영

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함

2019년 2월

조선대학교 산업기술융합대학원

소프트웨어융합공학과

유 환 호

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

유환호의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김 판 구 (인)

위 원 조선대학교 교수 변 재 영 (인)

위 원 조선대학교 교수 반 성 범 (인)

2018년 12월

조선대학교 산업기술융합대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT

I. 서론 ····· 1
A. 연구 배경 및 목적 ····· 1
B. 연구 목표 ····· 2
C. 논문 구성 ····· 2

II. 관련연구 ····· 3
A. 실내공간의 특성 ····· 3
B. 실내공간정보 표준 ····· 5
1. CityGML ····· 5
2. IndoorGML ····· 8
C. 실내 측위 ····· 12
D. 다익스트라 알고리즘 ····· 14

III. IndoorGML기반 경로탐색 시스템 ····· 17
A. IndoorGML기반 실내공간 저작 ····· 17
B. IndoorGML기반 토폴로지 생성 ····· 18
C. IndoorGML기반 경로 안내 ····· 20
D. IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 ····· 21

IV. 실내측위 시스템 개발 ····· 24
A. 보행자 추측항법(PDR)기술 개발 ····· 24
B. Beacon Fingerprinting Method ····· 25

V. 실험 시나리오 ····· 27
A. 실내공간 제작 ····· 27
B. 성능평가 시나리오 ····· 29

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

VI. 결론 ····· 39

VII. 참고문헌 ····· 40

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

[표 2-1] 다익스트라 알고리즘 설명 ····· 15
[표 3-1] IndoorGML Node 정보 구조 ····· 19
[표 3-2] IndoorGML Edge 정보 구조 ····· 19
[표 3-3] IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 설명 ····· 22
[표 4-1] 실내 측위용 비콘 설정 ····· 26

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

[그림 2-1] 실내공간의 예시 ····· 3
[그림 2-2] NRG : Node-Relationship graph ····· 4
[그림 2-3] Levels of Detail in CityGML ····· 6
[그림 2-4] CityGML LoD4 ····· 6
[그림 2-5] Routing and Topology ····· 7
[그림 2-6] 조선대학교 IT융합대 8층 CAD도면 일부 ····· 8
[그림 2-7] 기하특성 예시 ····· 9
[그림 2-8] Layout of an Indoor Space in IndoorGML ····· 10
[그림 2-9] Layout of a corresponding Topology in IndoorGML ····· 10
[그림 2-10] 다중공간특성 (a)일반인 (b)장애인 ····· 11
[그림 2-11] PDR 시스템 블록도 ····· 12
[그림 2-12] 다익스트라 알고리즘 ····· 14
[그림 2-13] 다익스트라 알고리즘 의사코드 ····· 16
[그림 3-1] IndoorGML Cellspace Schema ····· 17
[그림 3-2] IndoorGML SpaceLayer Schema ····· 18
[그림 3-3] Topology ····· 19
[그림 3-4] IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 ····· 21
[그림 3-5] IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 의사코드 ····· 23
[그림 4-1] Beacon Fingerprinting 측위 블록도 ····· 25
[그림 4-2] Beacon Fingerprinting Offline Phase Reference point ····· 26
[그림 5-1] 조선대학교 IT융합대 8층 CAD도면 ····· 27
[그림 5-2] IndoorGML기반의 조선대학교 IT융합대학 8층 경로안내도 ····· 28
[그림 5-3] 다익스트라 알고리즘을 이용한 경로안내 ····· 29
[그림 5-4] IndoorGML에 화재정보를 기술한 경우의 경로안내 ····· 30
[그림 5-5] 인가자를 위한 경로안내 ····· 31
[그림 5-6] 비인가자를 위한 경로안내 ····· 32
[그림 5-7] 애플리케이션 실행화면 ····· 33

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 5-8] 다익스트라 알고리즘을 이용한 경로안내(애플리케이션) ····· 35
[그림 5-9] IndoorGML에 화재정보를 기술한 경우의 경로안내(애플리케이션) ····· 36
[그림 5-10] 인가자를 위한 경로안내(애플리케이션) ····· 37
[그림 5-11] 비인가자를 위한 경로안내(애플리케이션) ····· 38

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Implementation of Indoor Navigation Using IndoorGML

Hwan-Ho Yoo
Advisor : Prof. Pyun Jae-Young, Ph.D.
Department of Software Convergence Engineering
Graduate School of Chosun University

In this modern era, urbanization has led to the development of the construction industry. Large or tall buildings are essential in such areas due to its high population density. Such enormous size of the building has complicated interior space and if we do not have safe evacuation route to exit, it could lead to huge loss of life and properties during disasters such as earthquake or fire. In this paper, we introduce an indoor spatial information guidance system which can guide optimal route to each user considering the situation that can occur in indoor environment. The implemented route guidance system follows the Indoor Geography Markup Language (IndoorGML), which is the indoor spatial information standard, and provides the route according to the given situation using the IndoorGML based Dijkstra algorithm. The configuration of the algorithm is as follows. First, we parse the IndoorGML and input it into the IndoorGML based Dijkstra algorithm. Second, IndoorGML-based Dijkstra algorithm uses IndoorGML's information to provide the optimal path according to the situation and the user. Beacon and PDR were used for indoor positioning.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

I. 서 론

A. 연구 배경 및 목적

도시 면적을 효율적으로 사용하기 위하여 건축물은 대형화, 복잡화 되었다. 건축물의 대형화에 따라 실내공간은 복잡해졌으며, 방문자에게 위치 판단의 어려움을 주거나 지진과 화재와 같은 재난상황에서 대피를 힘들게 할 수 있다. 따라서 이러한 재난을 예방하고 대응할 수 있는 기술개발 연구의 중요성이 높아지고 있는 실정이다.

공간정보는 기술 발전에 따라 사용방법 및 형태가 변화하였고 공간정보를 담은 지도 또한 시대의 흐름에 따라 형태가 변화하였다. 일반 종이지도는 위치정보를 중심으로 사용되어왔지만, 최근 공간정보기반 지도는 공간에서 발생하는 정보를 디지털화하여 기술하였다. 정보기수의 발달, 특히 Artificial Intelligence(AI, 인공지능)와 로봇기술의 발달은 사물들도 상황을 스스로 인지하고 서비스를 창출할 수 있게 되었기 때문에 미래 지능사회를 위해 실내공간 역시 디지털화 되어야 한다.

대한민국과 같이 국토 면적이 좁으면서 도시화가 많이 진행된 국가에서는 실내공간정보가 매우 중요하다. 게다가 우리나라에서는 스마트시티 구축에 많은 관심을 두고 있다. 스마트시티를 구축하기 위해서는 스마트빌딩이 중요한 비중을 차지한다. 스마트시티는 스마트빌딩을 필수적으로 구현해야하며, 이는 실내공간정보가 필수적이다. 국토교통부에서는 국가공간정보포털을 통해 수요에 대한 정보를 제공하고 있다[1].

우리나라의 도시지역 인구비율은 91.04%이며, 현대인의 일상생활 중 실내 활동은 80%를 차지한다[1,2]. 실내공간에서의 생활비중이 점차 높아지면서, 실내공간정보 기반의 응용서비스가 많아지고 있다. 예를 들어 엔터테인먼트 뿐만 아니라 식사와 쇼핑 등과 같은 활동이 실내 공간에서 이루어지고 있다. 이런 상황 속에서 공간정보는 실외에서 실내로 영역을 확장하고 있으며, 이는 스마트폰 등 모바일 기기의 성장과 함께 실내 내비게이션의 필요성을 증가시켰다.

본 논문의 실내공간정보는 Open Geo-spatial Consortium, Inc. (OGC)에서 제안한 Extensible Markup Language(XML) 기반의 실내공간정보 인코딩 표준 방식인 Indoor Geography Markup Language (IngoorGML)를 이용하여 실내공간을 기술하였으며, 주위상황과 이용자에 따른 지능화된 경로 안내 가능성을 보인다[3,4].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 연구 목표

현대에는 도시화로 건설업이 발달하였고 인구 밀도가 높은 지역은 넓고 높은 건물이 필수적이다. 건물의 거대화로 실내공간은 복잡해졌으며, 이로 인해 지진 및 화재와 같은 재난이 발생하였을 때 발생하는 위치를 고려한 안전한 대피 경로가 주어지지 않을 경우 해당 실내 공간에 익숙하지 않은 방문자에게 위험을 초래할 수 있다.

본 논문에서는 실내에서 발생할 수 있는 상황을 고려하여 각각의 이용자에게 최적의 경로를 안내할 수 있는 실내공간정보기반 실내 경로안내 시스템을 구현하고 소개한다. 구현된 경로안내 시스템은 실내공간정보 표준인 IndoorGML을 따르며, IndorGML기반 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 주어진 상황에 맞춰 경로를 제공한다.

C. 논문 구성

본 논문의 2장에서는 관련연구에 대해 살펴본다. 관련연구에는 실내공간정보와 실내측위 그리고 경로안내 알고리즘에 대해 설명한다. 3장에서는 제안한 알고리즘을 설계한다. 4장에서는 실험을 통한 결과를 나타내고, 5장에서 결론을 맺는다.

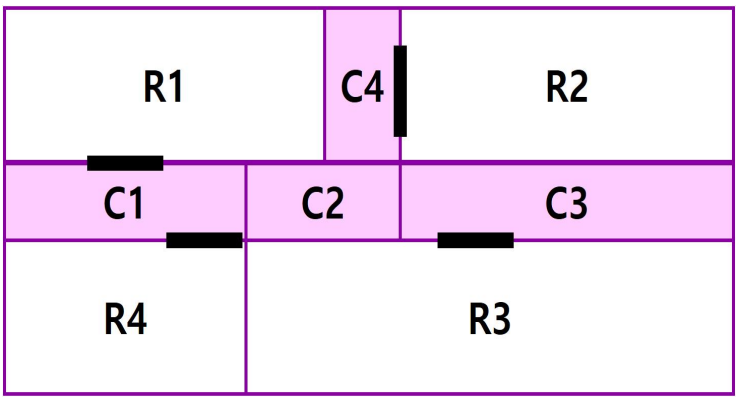
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

II. 관련 연구

A. 실내공간의 특성

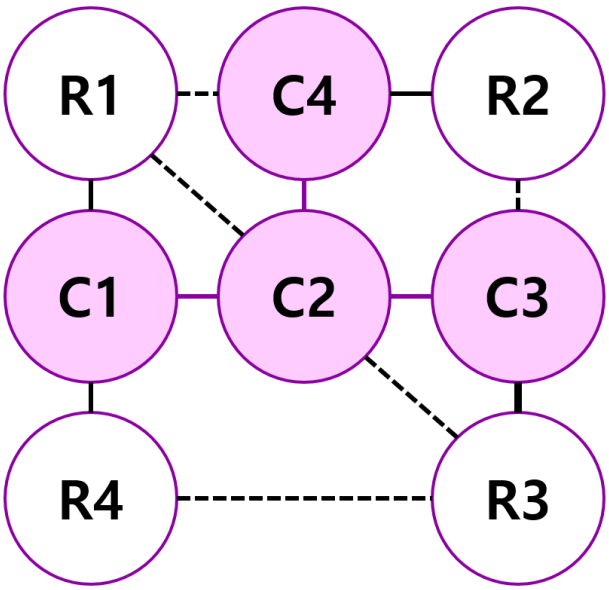
실내공간과 실외공간은 몇 가지 차이가 있다. 첫 번째로 실내공간은 두 점사이의 거리가 직선거리로 정의된 유클리디언 공간이 아닌 비유클리디언 공간이다. 즉, 실내공간은 [그림 2-1] 실내공간의 예시와 같이 벽이나 층 등으로 제한되어 있어 두 점사이의 거리가 직선거리로 정의되지 않는 비유클리디언 공간이다[5]. 두 번째로 실내공간은 기호적 공간(Symbolic Space)이다.[6,7,8,9]. 기호공간이라고 하는 것은 위치를 표현하는 것이 좌표가 아닌 Room의 이름과 같이 기호로 나타내는 공간이다. 예를 들어, 실내에서는 자신의 위치를 나타낼 때, 좌표를 이용하지 않고 Room의 이름을 사용한다. 이는 매우 중요한 특징이다. 인접성, 연결성 등과 같은 위상은 좌표에 표현된 객체의 기하 특성을 이용하여 유도할 수 있다. 반면에, 기호적 공간은 위상관계를 명시하지 않는다면 유도할 수 있는 방법이 없다[3].



[그림 2-1] 실내공간의 예시.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 2-2] Node-Relationship Graph(NRG).

위의 [그림 2-1] 실내 공간의 예시를 기호공간으로 표현하면, 각 방과 복도 등의 연결성을 나타내는 위상정보는 일종의 노드-관계 그래프인 Node-Relationship Graph(NRG)가 된다. [그림 2-2]는 NRG를 나타내며 검은색 실선과 검은색 점선 그리고 보라색 실선으로 표현되어있다. 첫 번째로 검은색 실선은 연결성(Connectivity)을 나타낸다. [그림 2-1]에서 R1과 R2는 C4와 연결되어 있고, R2는 C4와 R3는 C3과 연결되어있어 실선으로 표현이 가능하다. 두 번째로 검은색 점선은 인접성(Adjacency)을 나타낸다. [그림 2-1]에서 R1은 C2, C4와 연결되어있지 않지만 인접해있다. R2역시 C3과 인접해있으며, R3은 R4, C2와 인접해 있기에 검은색 점선으로 표현되었다. 마지막으로 보라색 실선은 경계선(Division)을 나타낸다. C1, C2, C3 그리고 C4는 하나의 복도지만 표현하기에 따라 경계를 나눌 수 있다. 따라서 NRG에서 보라색 실선으로 표현이 가능하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 실내공간정보 표준

공간정보의 국제 표준화 기구인 OGC에서 여러 표준들을 제정하고 있다. 첫 번째로 CityGML은 빌딩과 시설물 등과 같은 도시 내에 필요한 객체를 모델링하기 위한 표준으로써, 객체의 상세도(LoD : Level of Detail)를 여러 단계로 구분한다. 정밀도에 따라 빌딩, 시설물 표현이 다르다. 두 번째로 IndoorGML은 멀티 레이어 및 노드링크를 이용하여 실내공간을 모델링한다. 따라서 이동경로를 표현하는데 탁월하다. 본 연구에서는 이동경로 안내에 효율이 좋은 IndoorGML을 이용하여 실내 내비게이션을 구현하였다.

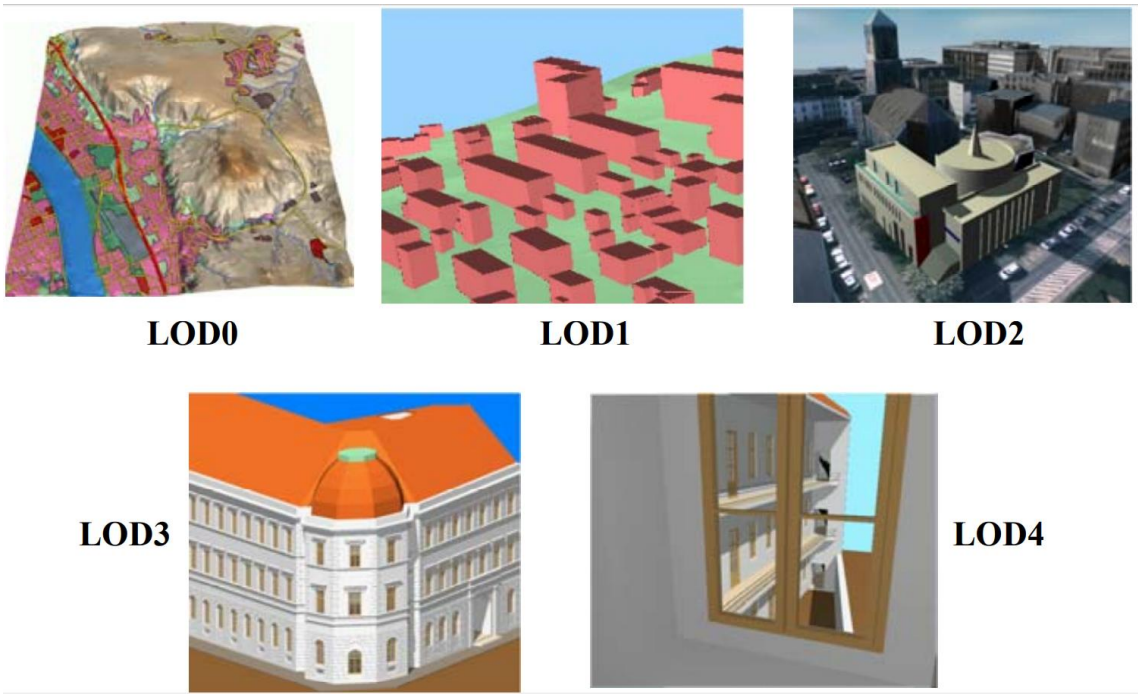
1. CityGML

CityGML은 도시의 3차원 공간모델에 대한 표준이다. 이는 XML기반의 GML (Geography Markup Language) 3.1 응용스키마로 정의된 표준이다. 따라서 공간정보 표준 모델인 ISO 19107과 응용스키마 정의 표준인 ISO 19109의 규칙에 따라 정의되었다[10,11].

CityGML에서는 상세도 개념을 도입하고 있으며 CityGML에서는 상세도를 0에서 4까지 구별한다. 아래 [그림 2-3]는 CityGML의 상세도인 Levels of Detail in CityGML을 나타내며, CityGML에서 상세도는 0~4까지 표현한다. 상세도 0은 지표 모델에 해당되며, 상세도 1은 상자형 단순화 3차원 모델로 지형지물을 단순한 상자 형태로 확장한 3차원 기하객체로 표현한 것이다. 상세도 2는 지붕 등 단순 기하 특성의 표현모델로 지붕과 벽면에 대한 간단한 표현을 포함한다. 상세도 3은 창문, 벽 등 상세 표현 모델로 세부적인 벽면 정보와 실제 텍스쳐를 표현한다. 마지막으로 상세도 4는 실내공간 모델로 실내공간을 대상으로 한다[12]. 따라서 실내공간정보를 초점으로 가지고 보는 내용은 CityGML의 상세도 4에 해당된다. [그림 2-4]는 CityGML의 상세도 4를 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 2-3] Levels of Detail in CityGML[12].

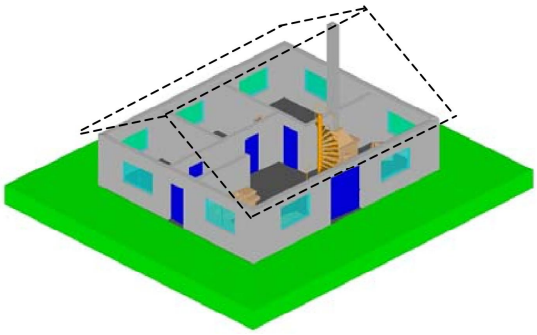
LOD 0 : 지표모델

LOD 1 : 상자형 단순화 3차원 모델

LOD 2 : 지붕 등 단순 기하 특성의 표현모델

LOD 3 : 창문, 벽 등 상세 표현 모델

LOD 4 : 실내공간 모델

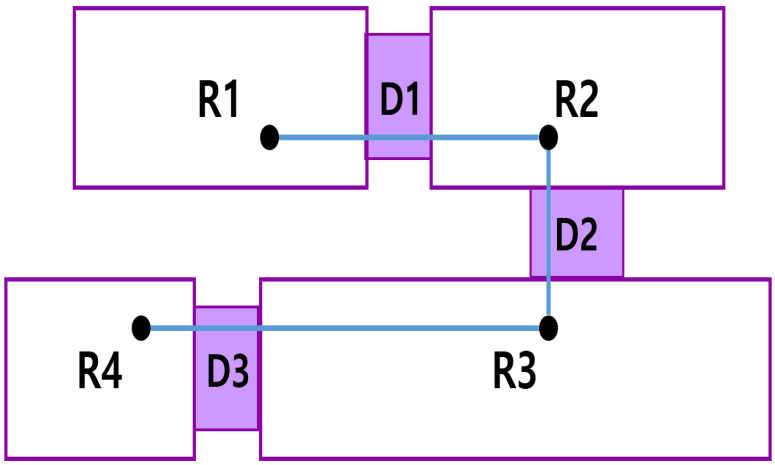


[그림 2-4] CityGML LoD4[12].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 2-3]과 [그림 2-4]에서 나타내듯이 CityGML은 실내공간에 대한 요소를 단순한 공간모델링과 가시화하기 위해서는 훌륭한 표준이지만 실내공간정보로써 몇 가지 단점을 가지고 있다. 첫 번째, 실내공간을 모델링하는 것이 아니라, 실내공간의 객체를 모델링하는 것이다. 따라서 실내공간의 객체가 속한 공간을 탐색하는 기능이 매우 떨어진다. 두 번째, CityGML에서는 벽면이나 문의 경계면은 표현이 되지만 벽이나 문자체는 표현되지 않는다. 이는 CityGML의 기하표현 방식이 경계위주 표현(B-Rep)에 기반을 두기 때문이다. 세 번째, CityGML에서는 위상적 연결성의 표현이 제한되어 있다. 예를 들어 [그림 2-5]와 같이 이동경로와 토폴로지가 표시된 Room이 존재한다고 할 때, Room을 의미하는 R1에서 R4까지 이동하기 위해서는 토폴로지에서 이동가능 경로를 표현한 것과 같이 Door를 의미하는 D1, D2, D3을 통과하여야 한다. 하지만 CityGML의 경우 Door가 Room과 구분되는지, 통과 가능한 Door인지에 대한 정보를 표현하는 데는 한계가 있다. 마지막으로, CityGML은 주로 건축물이나 실내공간에 존재하는 객체를 서술하는 정보를 표현하는데 주목적이 있어 실내공간분석에 부적절하다.



[그림 2-5] Routing and Topology.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

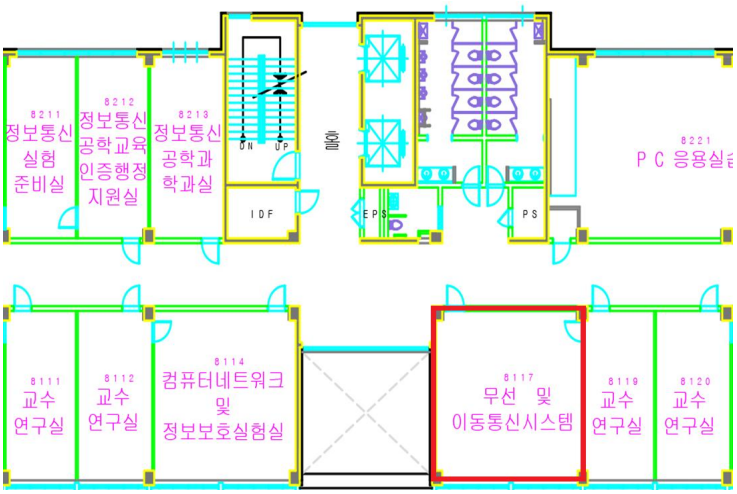
2. IndoorGML

IndoorGML은 실내공간정보의 표현과 교환을 위한 기본적 프레임워크를 제공할 수 있도록 데이터모델과 XML 스키마를 정의하는 것으로 몇 가지 중요한 특성이 있다.

· 기호 공간 특성
· 기하 특성
· 위상 특성
· 다중 공간 특성

a. 기호 공간 특성

실내공간정보에서는 위치에 대한 개념이 좌표보다는 기호공간으로 사용한다. 예를 들어 실내에서 자신의 위치를 알릴 때 Room의 이름으로 자신의 위치를 알려주고 실내에서 공간 영역을 지정할 때, 좌표로 나타내는 것이 아닌 [그림 2-6]처럼 “무선 및 이동통신시스템 실험실” 과 같이 공간의 이름으로 영역을 나눈다[13,14]. 이처럼 좌표가 아닌 이름(무선 및 이동통신시스템)이나 기호 (IT8117)로 위치를 지정하는 것을 기호 공간 특성이라 한다.



[그림 2-6] 조선대학교 IT융합대학 8층의 CAD도면 일부.

Collection @ chosun

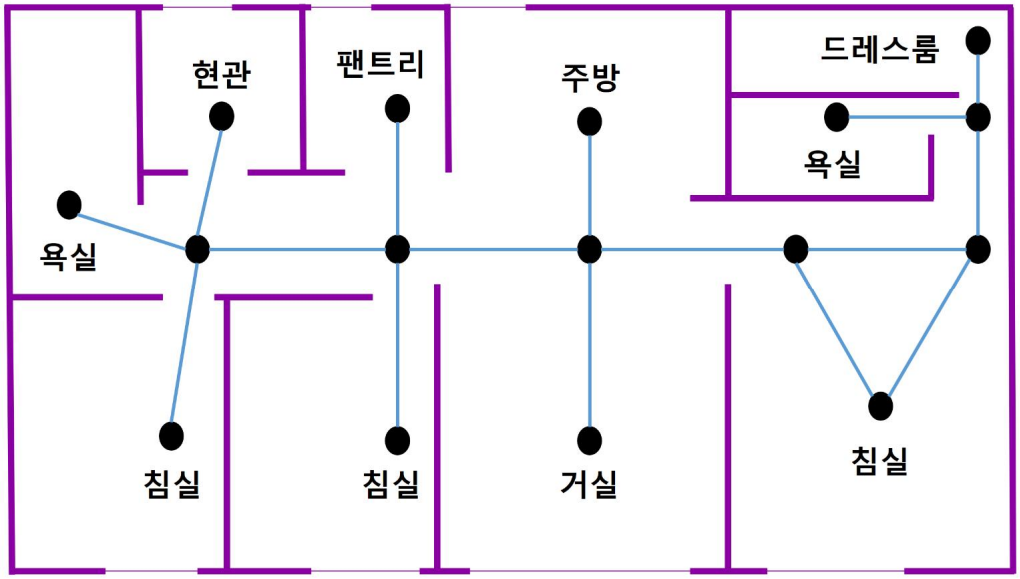
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

b. 기하 특성

IndoorGML의 공간적 특성은 ISO 19107에서 정의된 공간정보 모델을 기반으로 ISO 19107의 모델을 따른다. 실내공간정보 표준 중 IndoorGML의 기하 특성은 다음과 같다.

첫 번째 실내의 Room이나 복도와 같은 각 공간을 대표하는 점을 좌표로 표현한다[15]. 이 점이 반드시 필요한 것은 아니지만 정확한 경로계산을 위해서는 각 공간의 대표점을 좌표로 표현하는 것이 중요하다.

두 번째 기하 특성은 각 실내공간을 연결하는 경로에 관한 것이다[15]. 아래 그림에서와 같이, 각 실내공간을 대표하는 점을 표현하면 점을 연결하는 경로를 표현할 수 있다.



[그림 2-7] 기하특성 예시.

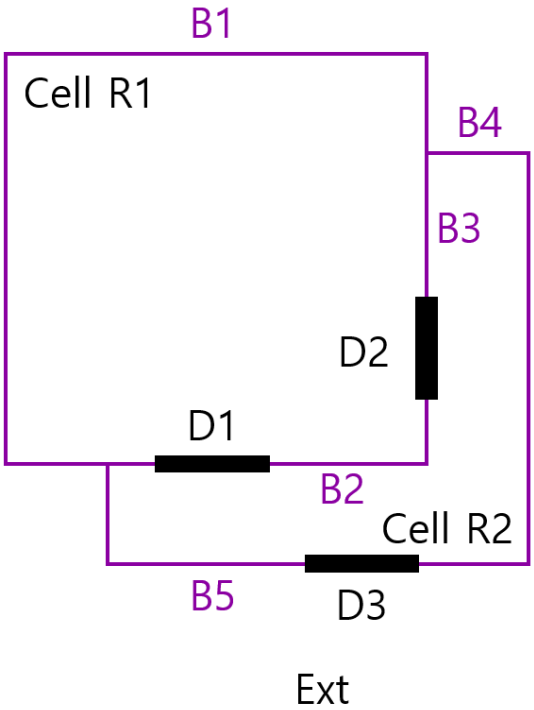
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

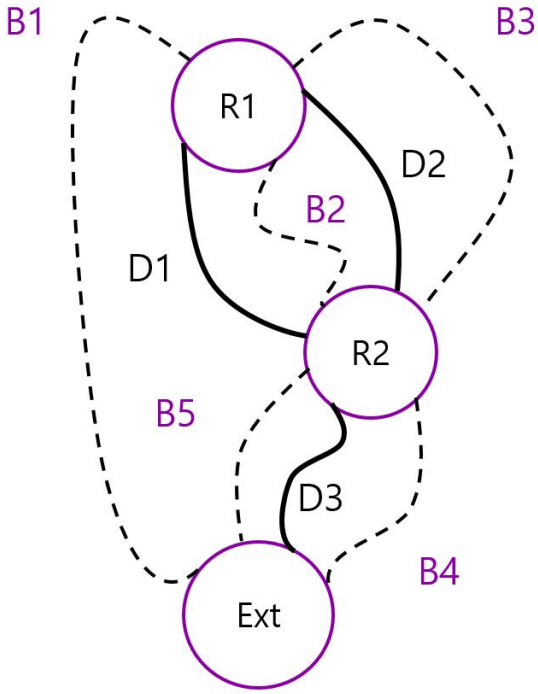
c. 위상 특성

실내공간을 표현하기 위해서는 기하요소와 위상요소가 필요하다. CityGML, IFC 등 다른 실내공간정보 표준에서는 위상을 표현하기에 한계가 있어 IndoorGML에서 위상 특성은 특히 중요하다.

앞에서 언급한 것과 같이 실내공간은 좌표를 사용하기 보다는 기호 공간 특성을 이용한다. 따라서 위상은 명시적으로 표현하는 것이 바람직하며 실내공간에서는 위상은 크게 인접성(Adjacency)과 연결성(Connectivity)로 나누어진다[16].



[그림 2-8] Layout of an Indoor Space in IndoorGML.



[그림 2-9] Layout of a corresponding Topology in IndoorGML.

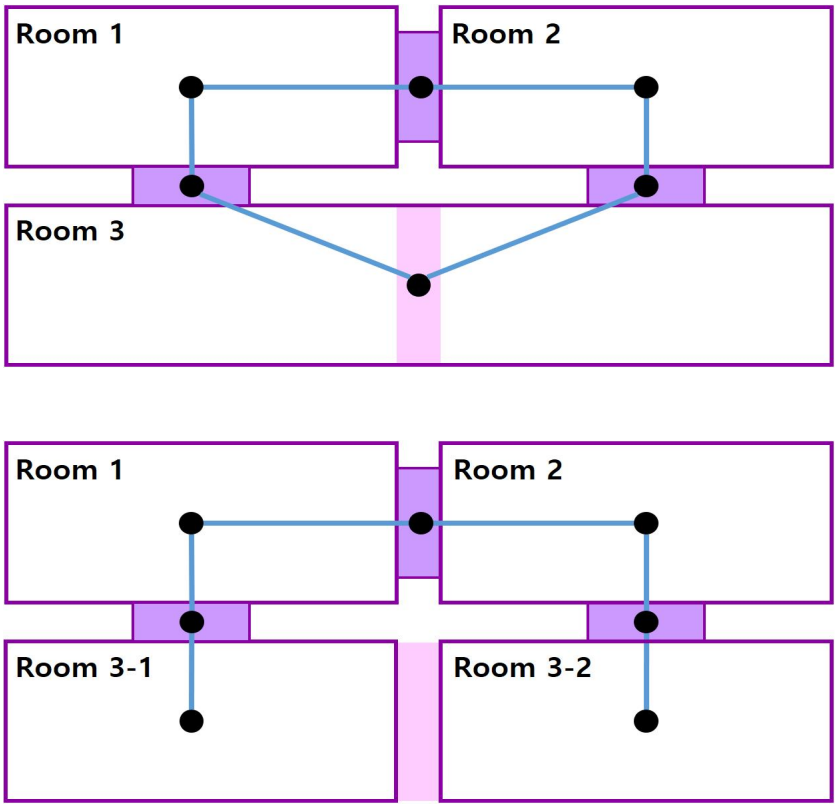
[그림 2-8]과 같은 공간이 있을 때, 위상적인 표현은 [그림 2-9]와 같은 그래프로 표현된다. 위상은 실선으로 표현된 연결위상과 점선으로 표현된 인접위상이다. [그림 2-8]에서 R1은 R2와 D1로 연결되어 있어 그래프에서는 실선인 연결위상으로, R1과 R2는 B2로 인접되어있어 점선인 인접위상으로 표현하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

d. 다중 공간 특성

실내공간은 실외공간과 달리 용도에 따라 여러 가지 형태로 사용되기에 용도에 따라 실내공간이 다르게 해석될 수 있다. 예를 들어 그림과 같은 동일한 공간이 있다고 할 때, 이동 수단이나 이용자에 따라 공간이 다르게 표현된다.



[그림 2-10] 다중공간특성 (a)일반인 (b)장애인.

위 [그림 2-10]의 (a)타입에서 Room 3의 가운데에 작은 턱이 있다고 가정할 때, 일반인에게는 큰 장애가 되지 않아서 하나의 방인 Room 3으로 인식할 수 있다. 하지만, 몸이 불편한 사람들, 휠체어를 이용하는 사람들 그리고 작은 아이들에게는 [그림 2-10]의 (b)타입과 같이 턱이 장애가 될 수 있어 턱을 중심으로 Room 3-1과 Room 3-2로 나눈 것처럼 사용하게 된다. 이처럼 같은 공간도 이용하는 사람에 따라 다른 공간이 될 수 있는 특성이 다중 공간 특성이다[17].

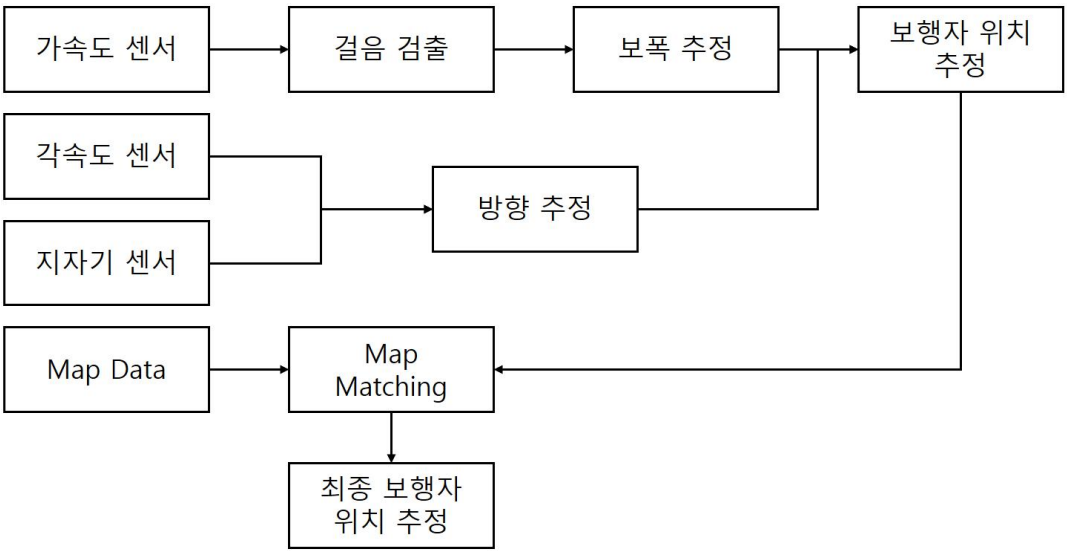
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

C. 실내 측위

1. 보행자추측항법 (PDR, Pedestrian Dead-reckoning)

PDR은 관성측정장치(IMU, Inertial Measurement Unit)를 이용하여 사용자의 위치를 추정하는 방법이다. [그림]은 PDR 시스템의 기본 구조이다. 관성측정장치 내의 가속도센서(Accelerometer), 가속도센서(Gyroscope) 그리고 지자기센서(Magnetic Field)의 측정치를 분석하고 보행자의 걸음 검출(Step Detection), 보폭 추정(Step Length Estimation) 그리고 보행 방향 추정(Heading Estimation) 정보를 얻으며, 얻어진 정보와 맵(Map)을 매칭하여 사용자의 위치를 추정할 수 있다. 이러한 PDR 기술은 무선 네트워크를 이용하기 위한 인프라 설치가 필요 없으며, 보행자가 소유하고 있는 MEMS 기반의 IMU만을 이용하여 실외뿐만 아니라 실내에서도 이용할 수 있다. 또한, 최근 모바일 기기에 IMU가 내장되어 있어 PDR 기술을 스마트폰에서 쉽게 이용할 수 있다.



[그림 2-11] PDR 시스템 블록도.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 핑거프린팅기법

Wireless Local Area Network(WLAN)를 이용한 대표적인 측위방법으로 핑거프린팅 기법이 있다. 핑거프린팅 기법은 Access Point(AP)가 송신한 신호를 수신기 측에서 수신한 신호의 강도 Received Signal Strength Indicator(RSSI)를 측정하고 수집한 뒤 데이터베이스화하여 라디오맵(Radio Map)을 구축한다. 이 후 사용자 위치에서 수신된 RSSI값을 데이터베이스와 비교하여 가장 유사한 신호 패턴을 보이는 셀을 사용자의 위치로 추정한다. RSSI값은 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$L = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)(dBm) \tag{1}$$

핑거프린팅 기법은 Oline phase와 Online Phase로 구성되어 있다. Offline phase는 RSSI를 데이터베이스에 저장하는 단계로 reference point에서 수신되는 AP들의 RSSI를 저장한다. Online phase는 사용자의 위치를 추정하는 단계로서 현재 위치의 AP들의 RSSI를 데이터베이스에 저장된 RSSI와 비교하여 현재 위치를 추정한다. 핑거프린팅 기법은 AP의 개수가 많을수록 정확도를 높일 수 있다. 또한, reference point 영역의 크기가 작을수록 정확도를 높일 수 있다. 하지만, AP들의 RSSI와 reference point들이 늘어나게 됨에 따라 구성 시간이 증가하게 된다. 게다가 위치 매칭과정에서 비교할 대상이 많아 연산량이 증가하게 되는 단점이 있다. 따라서 핑거프린팅 기법에서는 AP 개수와 reference point 영역의 크기를 적절하게 정하는 것이 중요하다[18,19].

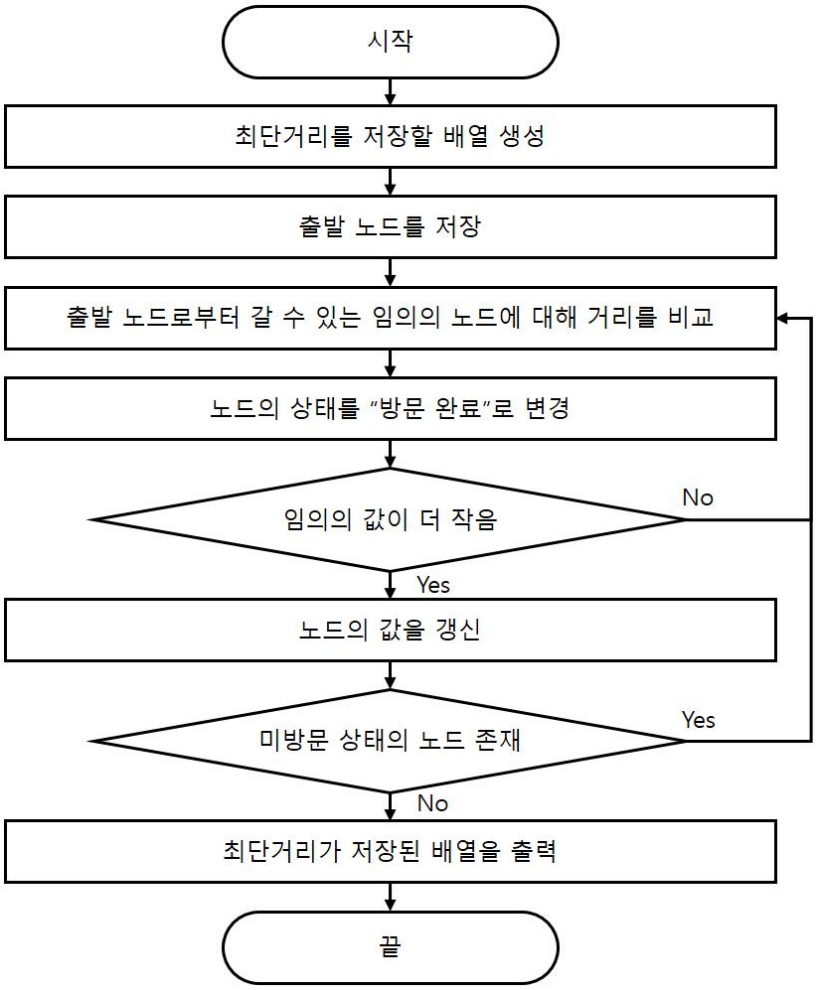
본 연구에서는 비콘을 이용하여 RSSI값을 측정하였다. 비콘은 블루투스 통신 프로토콜을 기반으로 하는 근거리 통신 기술이며, 주로 실내 공간에서 실내 측위를 위해 활용되는 기기이다. NFC의 경우 신호의 송수신 거리가 최대 20cm 이내에서만 작동이 가능한 반면, 비콘은 이론상 최대 50~100m까지도 송수신 가능하다는 장점이 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

D. 다익스트라 알고리즘

다익스트라 알고리즘(Dijkstra algorithm)은 모든 링크의 가중치가 음이 아닌 경우에 가중 방향 그래프에서 단일 출발점 최단 경로 문제를 해결한다. 본 연구에서는 보행자 추측항법IndoorGML의 모든 링크에 대해 가중치를 양의 수를 사용하였다. [그림 2-12]는 다익스트라 알고리즘이고 표는 알고리즘에 대한 설명이다. [표 2-1]은 다익스트라 알고리즘의 설명이다.



[그림 2-12] 다익스트라 알고리즘.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[표 2-1] 다익스트라 알고리즘 설명.

1. 출발지점에서 도착지점까지의 최단거리를 저장할 배열 d[v]를 만든다.
2. 출발 지점에는 0값, 출발지점을 제외한 다른 노드들에는 무한값을 삽입한다.
3. 출발 노드 A를 저장한다.
4. A에서 갈 수 있는 노드 B에 대해, A와 B 사이의 거리인 P[A][B]와 d[A]를 더한 값과 d[B]의 값을 비교한다.
5. 방문한 노드의 상태를 “방문 완료”로 바꾼다. 노드의 상태가 방문 완료인 경우 더 이상 A의 노드를 사용하지 않는다.
6. 4번에서 비교한 작은 값을 d[B]의 값으로 갱신한다.
7. “미방문” 상태의 노드가 없을 때 까지 4번에서 6번을 반복한다.
8. 최단거리를 출력한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 2-13]은 다익스트라 알고리즘의 실행 코드를 이해하기 쉽게 의사코드로 표현한 것이다.

```
function Dijkstra(Graph, A) :

    dist[A] = 0                                 // 출발지점과 출발지점 사이의 거리 초기화
    prev[A] = UNDEFINED                         // 출발지점 이전의 최적 경로 추적은 없기 때문에 UNDEFINED

    create vertex set Q                         // 방문되지 않은 노드들의 집합 Q 생성

        for each vertex B in Graph :            // Graph안에 있는 모든 노드들의 초기화
            if B != source :                    // B노드가 출발지점이 아닐 경우
                dist[B] = INFINITY              // A와 B노드 사이의 거리는 알 수 없음으로 INFINITY
                prev[B] = UNDEFINED             // B노드의 최적 경로 추적 초기화
        add B to Q                              // 초기화된 B노드들을 방문되지 않는 노드들의 집합 Q에 추가

        while Q is not empty :                  // Q집합이 공집합이 아닐 경우
            u = vertex in Q with min dist[u]    // 첫 번째 반복에서 u는 A에서 시작
            remove u from Q                     // 방문한 u노드를 방문되지 않는 노드들의 집합 Q에서 제거

            for each neighbor B of u :          // u의 이웃 노드들과의 거리 측정
                alt = dist[u] + length(u, B)    // 출발지점에서부터 u노드까지의 거리와 u에서 이웃 노드까지의 거리

                if alt < dist[B] :              // alt가 dist[B]보다 작다면
                    dist[B] = alt               // A부터 B까지의 최단 거리를 dist[B]에 갱신
                    prev[B] = u                 // 제일 가까운 노드를 u노드로 갱신

        return dist[], prev[]                   // 계산된 거리와 목적지를 리턴
```

[그림 2-13] 다익스트라 알고리즘 의사코드.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

III. IndoorGML기반 경로탐색 시스템

A. IndoorGML기반 실내공간 제작

실내공간정보 표준인 IndoorGML을 기반으로 실내공간 전체를 기술할 수 있다. 예를 들어 Room, 복도, 책상 그리고 문 등 다양하게 표현이 가능하다. 본 연구에서는 실내 내비게이션에 필요한 Room, 복도 그리고 문을 기술하였으며, 이 정보들은 벽체정보를 담는 IndoorGML의 CellSpace에 정보를 담아 공간을 형성할 수 있다. 본 연구에서는 조선대학교 IT융합대 8층 복도의 벽체정보를 기술하였으며, 벽으로 둘러싸인 공간은 자동적으로 스페이스(Space)로 인식된다. 또한, 스페이스를 기반으로 토폴로지를 형성할 수 있다. 이 부분에 대해서는 다음 장에서 자세히 설명한다. [그림 3-1]은 IndoorGML Cellspace Schema이다.

```
<xs:complexType name="CellSpaceMemberType">
  - <xs:complexContent>
      - <xs:extension base="gml:AbstractFeatureMemberType">
          - <xs:sequence minOccurs="0">
                <xs:element ref="CellSpace"/>
            </xs:sequence>
            <xs:attributeGroup ref="gml:AssociationAttributeGroup"/>
        </xs:extension>
    </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

[그림 3-1] IndoorGML Cellspace Schema.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. IndoorGML기반 토폴로지 생성

앞에서 언급한 것과 같이 CellSpace에 정보를 담아 공간을 형성할 수 있으며, 형성된 공간은 스페이스로 인식된다. 인식된 스페이스에 기하 특성을 이용하여 공간의 대표하는 점을 좌표로 표현하는 기하특성을 이용하여 경로를 나타낼 수 있으며 정확한 경로를 계산할 수 있다.

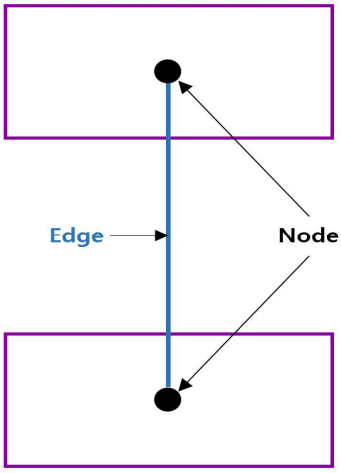
실내 내비게이션에서 이동 경로를 선택하기 위해서는 실내공간의 각 Room의 연결성을 기술하여야 한다. 따라서 토폴로지를 생성해야하며, IndoorGML에서 토폴로지는 SpaceLayer Schema에 정보를 기술하는 것으로 표현할 수 있으며 다양한 정보를 기술할 수 있다. 그림은 IndoorGML의 SpaceLayer Schema를 정의하는 예시이며, 각 공간의 이용용도, 이용 가능 시간, 기능, Node 그리고 Edge를 담을 수 있다. [그림 3-2]는 IndoorGML의 SpaceLayer Schema이고 [그림 3-3]은 Node Schema와 Edge Schema이다.

```
<xs:complexType name="SpaceLayerType">
    <xs:complexContent>
        <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
            <xs:sequence>
                <xs:element name="usage" type="gml:CodeType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
                <xs:element name="terminationDate" type="xs:dateTime"  minOccurs="0" maxOccurs="1" />
                <xs:element name="function" type="gml:CodeType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
                <xs:element name="creationDate" type="xs:dateTime"  minOccurs="0" maxOccurs="1" />
                <xs:element name="class" type="SpaceLayerClassTypeType" minOccurs="0" maxOccurs="1"/>
                <xs:element name="nodes" type="NodesType" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
                <xs:element name="edges" type="EdgesType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
            </xs:sequence>
        </xs:extension>
    </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

[그림 3-2] IndoorGML의 SpaceLayer Schema.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY




```
<xs:complexType name="NodesType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="stateMember" type="StateMemberType" minOccurs="1"
                    maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attributeGroup ref="gml:AggregationAttributeGroup"/>
      <xs:attributeGroup ref="gml:OwnershipAttributeGroup"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Node

```
<xs:complexType name="EdgesType">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="gml:AbstractFeatureType">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="transitionMember" type="TransitionMemberType" minOccurs="0"
                    maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attributeGroup ref="gml:AggregationAttributeGroup"/>
      <xs:attributeGroup ref="gml:OwnershipAttributeGroup"/>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

Edge

[그림 3-3] Topology.

[표 3-1] IndoorGML Node 정보 구조.

Data	Data Type	Description
ID	String	Node들을 식별할 수 있는 값
posX	float	Node의 X좌표
posY	float	Node의 Y좌표
posZ	float	Node의 Z좌표
connects	String	Edge와의 연결성
duality	String	CellSpace(룸)와의 연결성

[표 3-2] IndoorGML Edge 정보 구조.

Data	Data Type	Description
ID	String	Edge들을 식별할 수 있는 값
posX	float	Node의 X좌표
posY	float	Node의 Y좌표
posZ	float	Node의 Z좌표
connects	String	Node와의 연결성

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

C. IndoorGML기반 경로안내

IndoorGML이 적용된 다익스트라 알고리즘기반 경로안내 시스템에서 경로안내를 위해서는 토폴로지의 데이터를 활용하여야 한다. 즉, IndoorGML의 데이터로부터 공간의 기능, 용도, 이용가능 시간 등을 참조하여야 하며, IndoorGML은 XML기반으로 작성된 표준이기에 XML파싱 기법을 이용하여 참조할 수 있다.

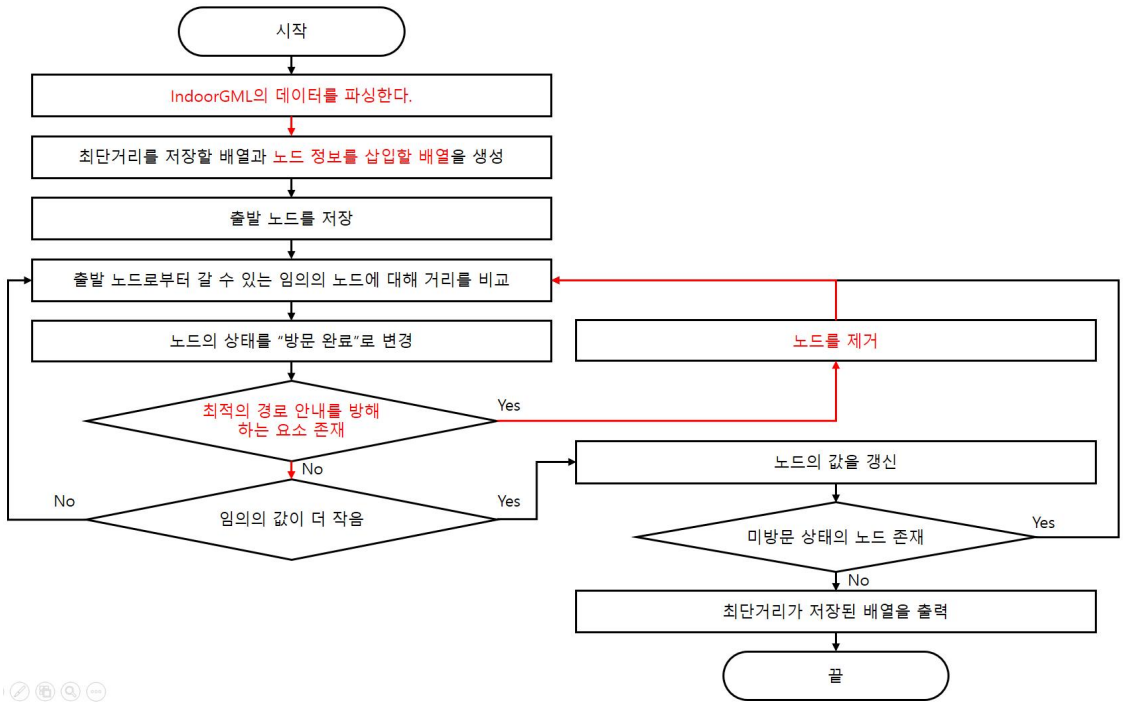
IndoorGML기반 경로안내는 일반적인 2차원 지도를 입력으로 하는 Dijkstra기반의 경로 안내와는 차이가 있다. 첫 번째 IndoorGML은 이용 가능한 Room과 불가능한 Room을 구분할 수 있다. 예를 들어 실내공간의 일부가 이용 시간에 제약이 있다면, IndoorGML기반 경로 안내의 경우 이용 가능한 Room을 구분하여 경로 안내가 가능하다. 두 번째 이동경로의 이용 가능 여부를 확인할 수 있다. 기존의 우리가 알고 있는 내비게이션의 경우는 경로에 제약이 생겼더라도 제약은 무시한 채 경로안내를 하는 반면, IndoorGML기반의 경로안내의 경우 경로의 이용가능 여부에 따라 유연한 경로안내를 제공한다. 마지막으로 실내 내비게이션 이용자의 신분, 이용환경에 따라 각각의 이용자에게 최적의 경로 안내를 제공할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

D. IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘

IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘의 경우 기존의 다익스트라 알고리즘과 유사하면서도 약간의 차이가 있다. 첫 번째 기존의 다익스트라 알고리즘은 거리와 목적지 정보를 이용하여 최단의 경로를 안내하였다. 개선된 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘의 경우 거리, 목적지 그리고 IndoorGML의 노드정보를 이용하여 최적의 경로안내를 제공한다. 예를 들어 노드에 입력된 화재정보를 이용하여 화재 발생 시, 화재 발생 구간의 노드를 제거하여 유연한 경로 안내를 제공한다. [그림 3-5]는 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 다이어그램이다. [표 3-3]은 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘의 설명이다.



[그림 3-4] IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[표 3-3] IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 설명.

1. IndoorGML의 데이터를 파싱한다.
2. 출발지점에서 도착지점까지의 최단거리와 IndoorGML의 노드정보를 저장할 배열 d[v, info]를 만든다.
3. 출발 지점에는 0값, 출발지점을 제외한 다른 노드들에는 무한값을 삽입한다.
4. 각 노드들에 IndoorGML에서 파싱한 정보를 삽입한다.
5. 출발 노드 A를 저장한다.
6. A에서 갈 수 있는 노드 B에 대해, A와 B 사이의 거리인 P[A][B]와 d[A]를 더한 값과 d[B]의 값을 비교한다.
7. 방문한 노드의 상태를 “방문 완료” 로 바꾼다. 노드의 상태가 방문 완료인 경우 더 이상 A의 노드를 사용하지 않는다.
8. 노드 정보 중 화재와 같은 재난 정보 또는 사용자에 따른 불필요한 정보가 있는지 확인한다.
9. 만약 불필요한 정보가 있다면 노드를 제거한 후 6번을 실행한다.
10. 불필요한 정보가 없다면 6번에서 비교한 작은 값을 d[B]의 값으로 갱신한다.
11. “미방문” 상태의 노드가 없을 때 까지 6번에서 10번을 반복한다.
12. 최단거리를 출력한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 3-5]는 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘의 실행 코드를 이해하기 쉽게 의사코드로 표현한 것이다.

```
function Dijkstra(Graph, A, info) :

    if IndoorGML is not empty :                 // IndoorGML파일이 있다면
        Parsing IndoorGML                       // IndoorGML파일 파싱

    dist[A] = 0                                 // 출발지점과 출발지점 사이의 거리 초기화
    prev[A] = UNDEFINED                         // 출발지점 이전의 최적 경로 추적은 없기 때문에 UNDEFINED
    info[A] = insert                            // 화재와 같은 재난상황을 제외한 상황에 따른 원하는 정보 삽입

    create vertex set Q                         // 방문되지 않은 노드들의 집합 Q 생성

        for each vertex B in Graph :            // Graph안에 있는 모든 노드들의 초기화
            if B != source :                    // B노드가 출발지점이 아닐 경우
                dist[B] = INFINITY              // A와 B노드 사이의 거리는 알 수 없음으로 INFINITY
                prev[B] = UNDEFINED             // B노드의 최적 경로 추적 초기화
        add B to Q                              // 초기화된 B노드들을 방문되지 않는 노드들의 집합 Q에 추가

        while Q is not empty :                  // Q집합이 공집합이 아닐 경우
            u = vertex in Q with min dist[u]    // 첫 번째 반복에서 u는 A에서 시작
            remove u from Q                     // 방문한 u노드를 방문되지 않는 노드들의 집합 Q에서 제거

            for each neighbor B of u :          // u의 이웃 노드들과의 거리 측정
                alt = dist[u] + length(u, B)    // 출발지점에서부터 u노드까지의 거리와 u에서 이웃 노드까지의 거리

                if have unnecessary information // 만약 노드에 불필요한 정보가 있다면
                    remove u                    // 노드 제거

                else alt < dist[B] :            // alt가 dist[B]보다 작다면
                    dist[B] = alt               // A부터 B까지의 최단 거리를 dist[B]에 갱신
                    prev[B] = u                 // 제일 가까운 노드를 u노드로 갱신

        return dist[], prev[]                   // 계산된 거리와 목적지를 리턴
```

[그림 3-5] IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘 의사코드.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IV. 실내 측위

A. 보행자추측항법 (PDR) 기술

개발된 PDR 기술은 보폭 추정 및 방향 추정 정보를 이용하여 보행자의 위치를 추정할 수 있으며, 다음 식과 같이 개발하였다. PDR은 저정밀 센서의 특성상 검출 및 추정과정에 Error를 내포하고 있기 때문에, 누적된 오차에 의해 발생한 보행자의 위치 오차를 보정하기 위해 측위 방식 우선순위와 주기적인 초기화 기술을 적용하였다.

$$X_{current} = X_{pre} + StepLength \times \cos(Heading) \tag{2}$$

$$Y_{current} = Y_{pre} + StepLength \times \cos(Heading) \tag{3}$$

위 식에서 $X_{current}$와 $Y_{current}$는 현재 추정 위치 값을 나타내며, X_{pre}와 Y_{pre}는 이전 위치 값, $Heading$은 방향 값을 의미한다. 또한 $StepLength$는 스텝 길이를 나타내며 다음 식과 같이 가속도센서의 최댓값($a_{\max}$), 최솟값($a_{\min}$) 그리고 스텝 검출값(K)을 이용하여 구현하였다.

$$StepLength = K\sqrt[4]{a_{\max} - a_{\min}} \tag{4}$$

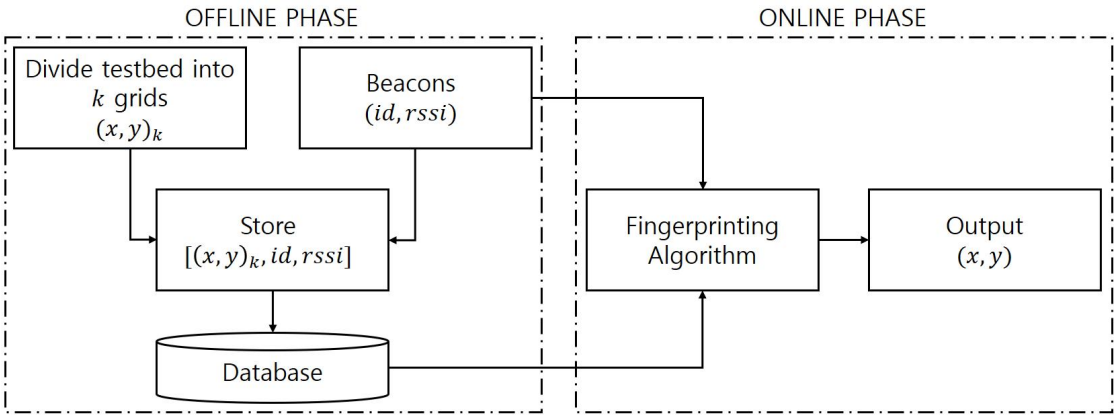
PDR은 이전에 추정된 위치에 보행자의 걸음을 반영하여 현재 위치를 추정하는 기술로 PDR 단일 방법으로는 사용자의 초기 위치를 판단할 수 없는 단점이 있기 때문에 본 연구에서는 초기 위치의 판단을 위해 Beacon Fingerprinting 방식의 측위 기술을 이용하였고, PDR 기술은 측위 값 보정과 정밀도 향상을 위한 용도로 사용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. Beacon Fingerprinting Method

Beacon은 실내공간정보 서비스(IPS, Indoor Positioning Service) 제공을 위한 장치로서, 저전력 실내측위 기술로 활용되어진다. 본 연구에서는 비콘을 이용하여 사용자 위치를 추정하기 위해 Fingerprinting 기법을 적용하였다. Fingerprinting 기법이란 신호 세기 기반 측위 방법으로, 정해진 위치마다 수신한 신호들의 세기 정보를 기록한 데이터와 현재 수신한 데이터를 비교하여 가장 근사한 수치를 갖는 위치를 보행자의 위치로 추정하는 방법이다.



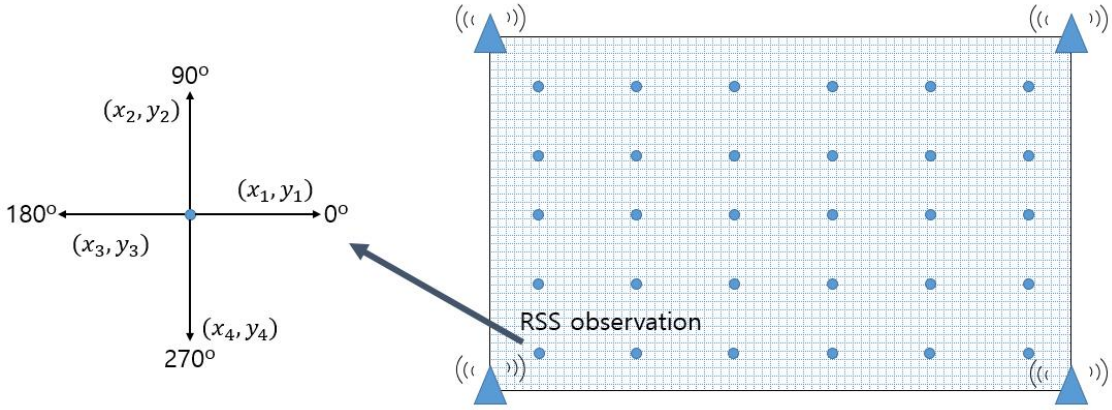
[그림 4-1] Beacon Fingerprinting 측위 블록도.

Fingerprinting은 그린과 같이 정해진 위치마다 수신한 신호들의 세기를 Database에 저장하는 Offline phase와, 현재 수신한 위치를 Offline Phase에 저장된 데이터와 비교하여 보행자의 위치를 추정하는 Online Phase로 나누어 개발하였다.

그림은 실내에 설치되는 비콘의 위치와 Offline Phase에 Beacon의 정보를 저장하는 위치인 Reference point를 나타낸다. Reference point는 point의 간격이 좁을수록 정밀한 위치추정이 가능하지만 Database에 레코딩을 할 위치가 늘어나기 때문에 신호세기 기반 위치정보를 구성하는데 있어 많은 시간이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 Reference point 간격을 적용 환경에 따라 설정 가능하도록 개발하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 4-2] Beacon Fingerprinting Offline Phase Reference point.

Fingerprinting 기법은 신호와 수신기 사이에 LOS (Line of Sight)가 유지되는 환경에서 측위의 정확도가 오른다. 하지만, 사람의 신체가 신호의 None-LOS 환경을 만들 수 있기 때문에 그림처럼 여러 방향의 수신 세기 정보를 레코딩 하였다.

표는 조선대학교 IT융합대학 8층에 설치한 비콘 측위 환경을 나타낸다. UUID는 LBS Indoor Service 고유 ID이며, Major Value는 IT융합대학 건물용 고유 ID이다. 조선대학교 IT융합대학 8층 내에 총 36개의 비콘을 설치하였으며, 35개의 비콘은 복도에 설치하였으며 나머지 1개의 비콘은 계단에 설치하여 Minor Value를 통해 구분한다.

[표 4-1] 실내 측위용 비콘 설정.

Setting	설정
Major	7008
Minor	복도 : 801 ~ 835 / 계단 : 800
TX Strength	4dbm
8층 설치개수	36개

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

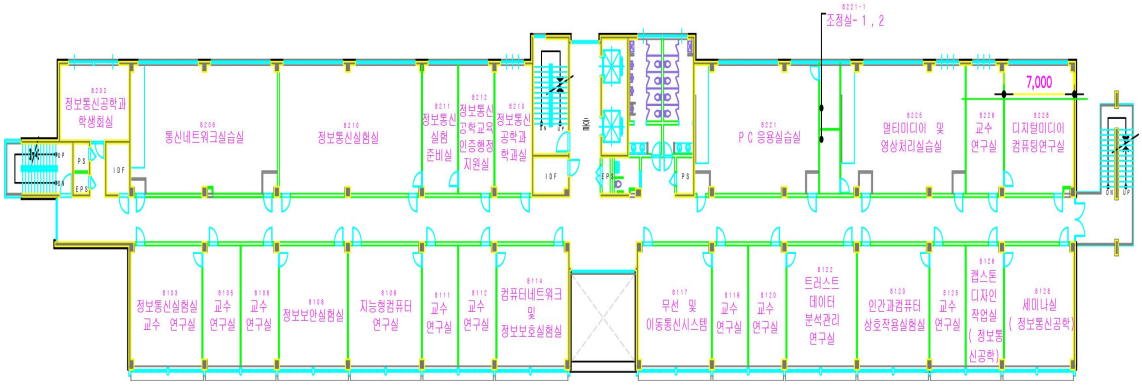
V. 실험 시나리오

A. 실내공간 제작

1. 시뮬레이션

구현된 시스템의 성능평가는 조선대학교 IT융합대학 8층을 기준으로 진행하였으며, [그림 5-1]은 조선대학교 IT융합대 8층의 CAD도면이다. 시스템에서 사용할 실내공간은 그림의 실제 치수와 실내 공간의 정보들을 IndoorGML로 기술하여, 부산대학교 STEMLab에서 개발한 IndoorGML-Viewer를 통해 확인하였다[20,21,22,23]. [그림 5-2]는 IndoorGML기반의 조선대학교 IT융합대학 8층 경로안내도이다.

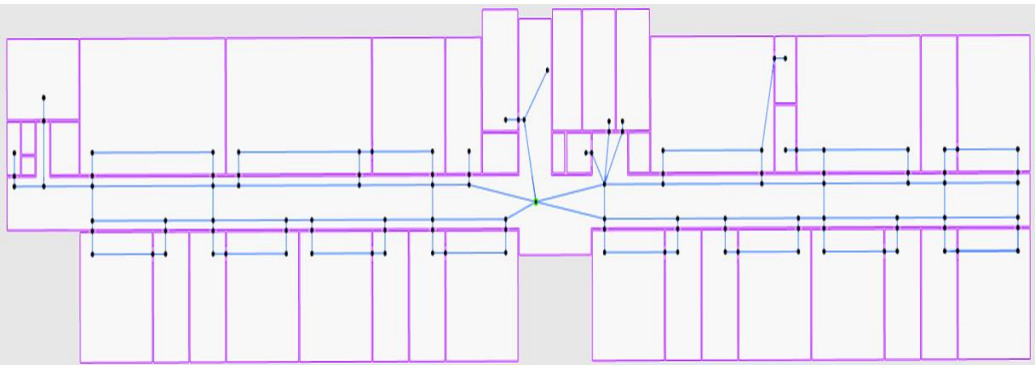
그림에서 보라색 실선은 Room의 경계, 검은 점은 Node 그리고 푸른색 실선은 Edge를 나타낸다. 각 Node는 엔터티를 나타내며, 각 Edge는 두 Node간의 연결성을 나타낸다.



[그림 5-1] 조선대학교 IT융합대 8층 CAD도면.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 5-2] IndoorGML기반의 조선대학교 IT융합대학 8층 경로안내도.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

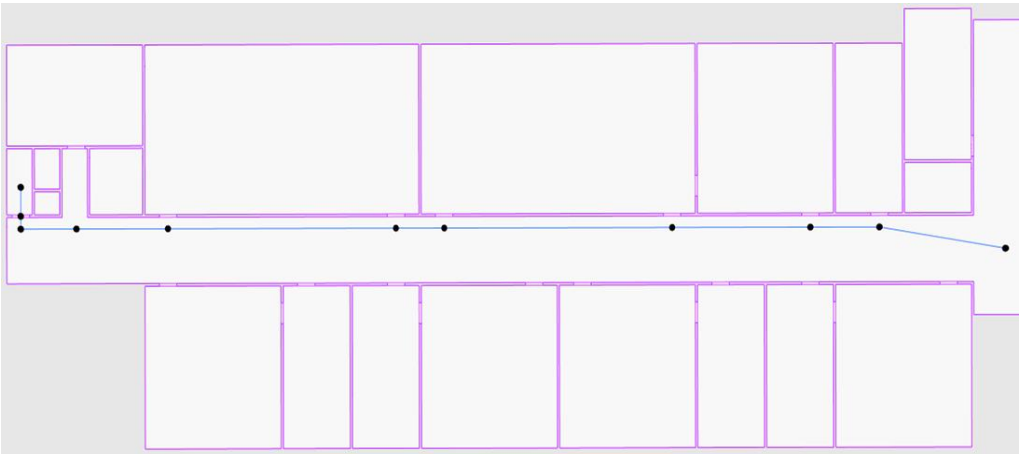
B. 성능평가 시나리오

실험 성능평가는 두 가지 시나리오에서 진행되었다. 첫 번째 시나리오는 화재정보의 여부에 따른 경로안내이며, 두 번째는 이용자에 따른 경로 안내를 진행하였다.

1. 시뮬레이션

a. 첫 번째 시나리오

첫 번째 시나리오는 일반 지도에서의 경로안내와 IndoorGML에 화재정보가 기술 되었을 때의 경로안내를 비교하였다. 실험은 조선대학교 IT융합대학교 8층 복도의 중앙인 A지점을 출발점으로 하였고 비상계단인 B지점을 도착지점으로 하여 경로안내를 진행하였다. 일반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경로안내에서는 그림에서의 많은 Node와 Edge 중 최단경로를 제공한 모습을 나타낸 것을 그림에서 볼 수 있다. 하지만, 흔히 사용되는 일반적인 Map의 경우 복도에 화재가 발생하거나 불법 구조물로 인해 경로를 이용하기 힘든 상황에서도 일반 경로 안내 서비스를 제공하여 긴급 상황에서 신속한 대처를 힘들게 하는 경우도 있다. [그림 5-3]은 일반 다익스트라 알고리즘을 이용한 경로안내를 보여준다.

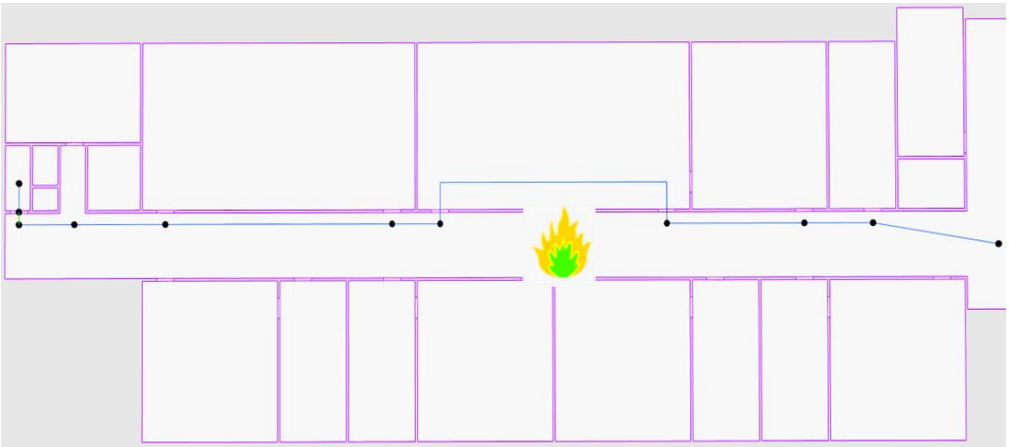


[그림 5-3] 다익스트라 알고리즘을 이용한 경로안내.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

반면에, IndoorGML기반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경로안내는 실내에 화재상황을 감지할 수 있다. 그림과 같이 화재가 발생한 경우 IndoorGML에서 화재 정보를 기술할 수 있으며, 기술된 화재정보를 이용해 화재가 발생한 Node를 제외하여 경로안내를 제공한다. 그림은 화재가 발생한 지점을 우회하기 위해 Room의 뒷문으로 들어가 앞문으로 나오는 경로안내를 제공하고 있음을 나타낸다. [그림 5-4]의 경우 IndoorGML에 화재정보를 기술하였을 때를 나타낸다.



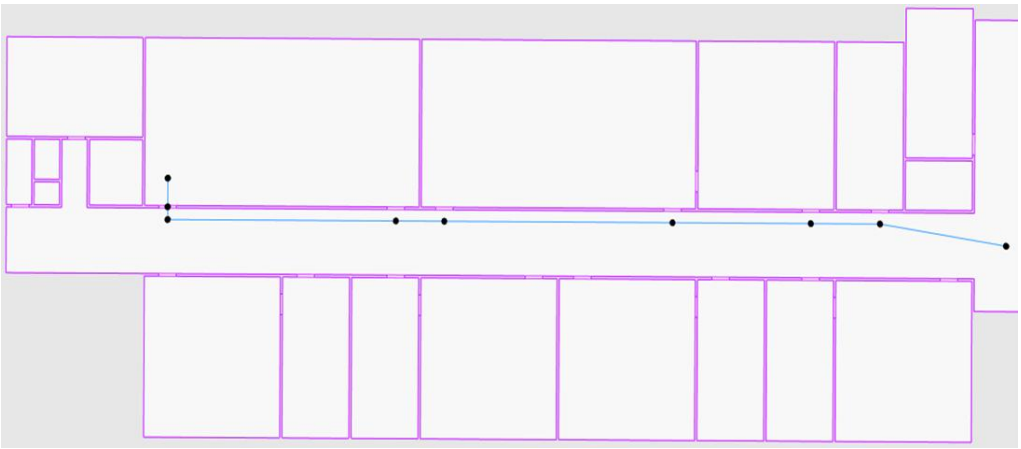
[그림 5-4] IndoorGML에 화재정보를 기술한 경우의 경로안내.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

b. 두 번째 시나리오

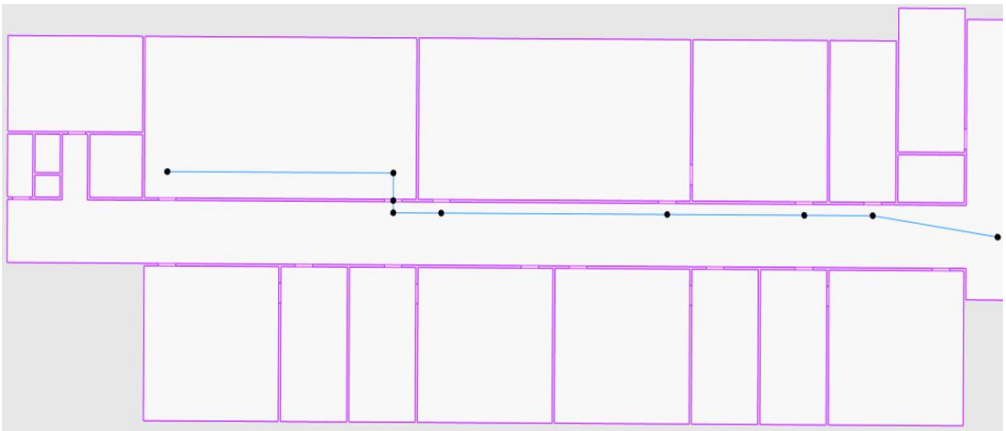
두 번째 시나리오는 IndoorGML에 이용자의 정보가 기술되었을 때와 일반 지도를 이용한 실내 내비게이션의 경로안내를 비교하였다. 첫 번째 실험과 동일한 장소에서 진행하였으며 복도의 중앙인 A지점을 출발점으로 하였고 통신네트워크실습실인 B지점을 도착지점으로 하여 이용자에 따른 경로안내를 진행하였다. 첫 번째 실험에서 알 수 있듯이 일반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경로 안내의 경우 A지점에서 B지점까지의 최적의 경로만을 안내할 것이다. 하지만 IndoorGML기반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경우 이용자에 따른 경로 안내가 제공된다. 따라서 실내에서 행사를 진행할 경우 인가자(VIP)를 위한 경로안내와 비인가자(행사 참가자)의 경로 안내는 다를 수 있다. 이를 위한 예시로 실험을 통해 제안하는 경로 안내 시스템이 인가자(VIP)는 그림과 같이 행사장 앞문으로 안내하는 것을 확인할 수 있었으며, 비인가자(행사 참여자)의 경우 그림과 같이 행사장 뒷문으로 안내하였다.



[그림 5-5] 인가자를 위한 경로안내.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



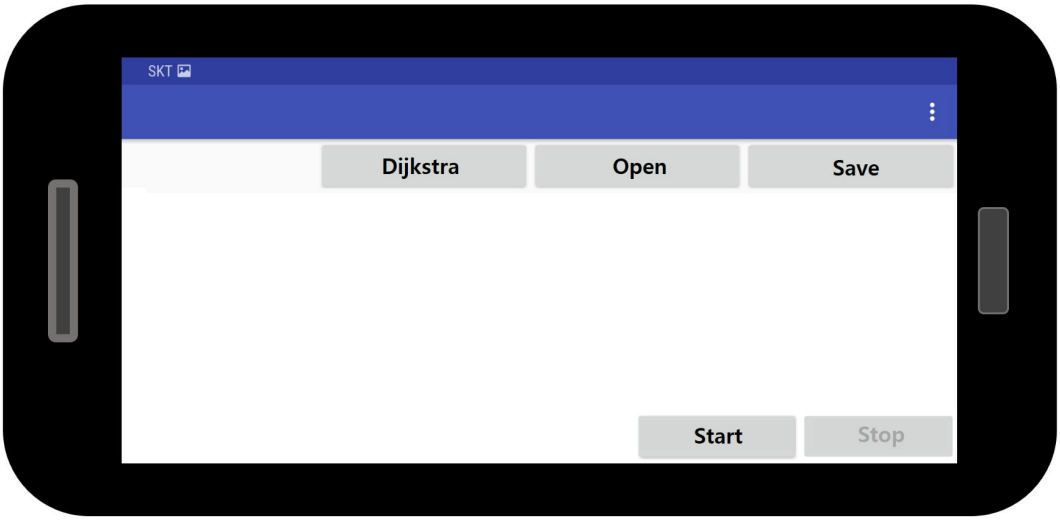
[그림 5-6] 비인가자를 위한 경로안내.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 애플리케이션

애플리케이션의 경우 PC에 비해 화면이 작아 많은 정보를 담기에 한정적이기에 기술된 IndoorGML을 일반 평면도와 함께 이용하였다. [그림 5-7]은 애플리케이션 실행화면이다. 화면에서는 일반 평면도가 보이지만 IndoorGML이 기술되어있다. 버튼은 다섯 가지가 있다. 첫 번째 Dijkstra버튼은 최적의 경로 안내를 출력하는 버튼이다. 두 번째 Open버튼은 지도를 출력하기 위한 버튼이고, 세 번째 버튼인 SAVE버튼은 캡쳐 기능이다. 네 번째 버튼인 START RECORDING버튼은 비콘 Fingerfrinting 알고리즘을 이용하기 위한 버튼이며, 마지막 버튼인 Stop은 Fingerfrinting 알고리즘 종료 버튼이다. 본 연구에서 실험 기기는 안드로이드 환경의 삼성 갤럭시 S8기기를 이용하였다.



[그림 5-7] 애플리케이션 실행화면.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

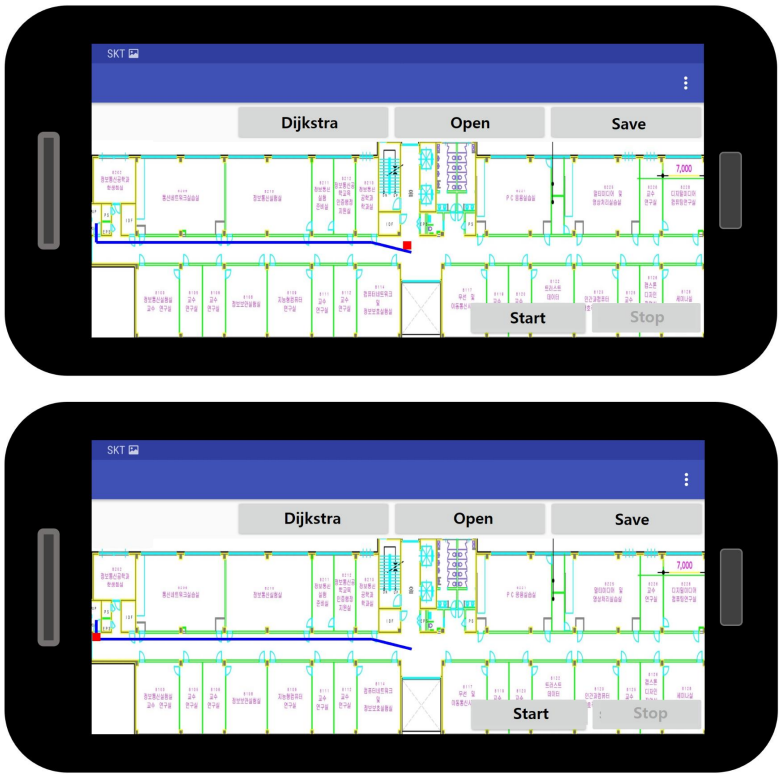
a. 첫 번째 실험

애플리케이션에서의 실험은 시뮬레이션과 동일하게 실험이 진행되었다. 첫 번째 실험은 일반 지도에서의 경로안내와 IndoorGML에 화재정보가 기술되었을 때의 경로안내를 비교하였다. 시나리오에서는 조선대학교 it융합대학교 8층 전체를 IndoorGML로 재구성하여 IndoorGML-Viewer를 통해 맵을 확인하였지만 애플리케이션에서는 화면을 효율적으로 사용하기 위해 일반 평면도 위에 IndoorGML을 기술하였다. 실험은 일반 다익스트라 알고리즘의 경로안내와 IndoorGML에 화재정보가 기술 되었을 때의 경로안내를 비교하였다. 실험은 조선대학교 IT융합대학교 8층 복도의 중앙에서 출발점으로, 비상계단을 도착지점으로 하였다. 일반 다익스트라 알고리즘의 경로안내는 [그림 5-7] 과 같이 최단 경로를 제공하였다. 첫 번째 시나리오에서와 같은 결과다. 이 경우 재난 상황 시, 불법 구조물 또는 화재로 인해 최적의 경로를 제공하기에 한계가 있다.

반면에, IndoorGML기반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경로안내는 실내의 모든 상황을 기술할 수 있다. [그림 5-8]은 복도에 화재가 발생한 것을 가정한 것이다. 이 경우 IndoorGML에 화재 정보를 기술하여 화재가 발생한 Node를 제거한 후 경로안내를 제공한다. [그림 5-8]은 화재가 발생한 지점을 우회하기 위해 8212호 '정보통신공학교육인증 행정실' 로 들어가 8210호 '정보통신실험실' 앞문으로 나오는 경로안내를 제공한 결과이다. 여기서 파란색 선은 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘의 경로안내이며, 빨간색 점은 현재위치를 나타낸다.

Collection @ chosun

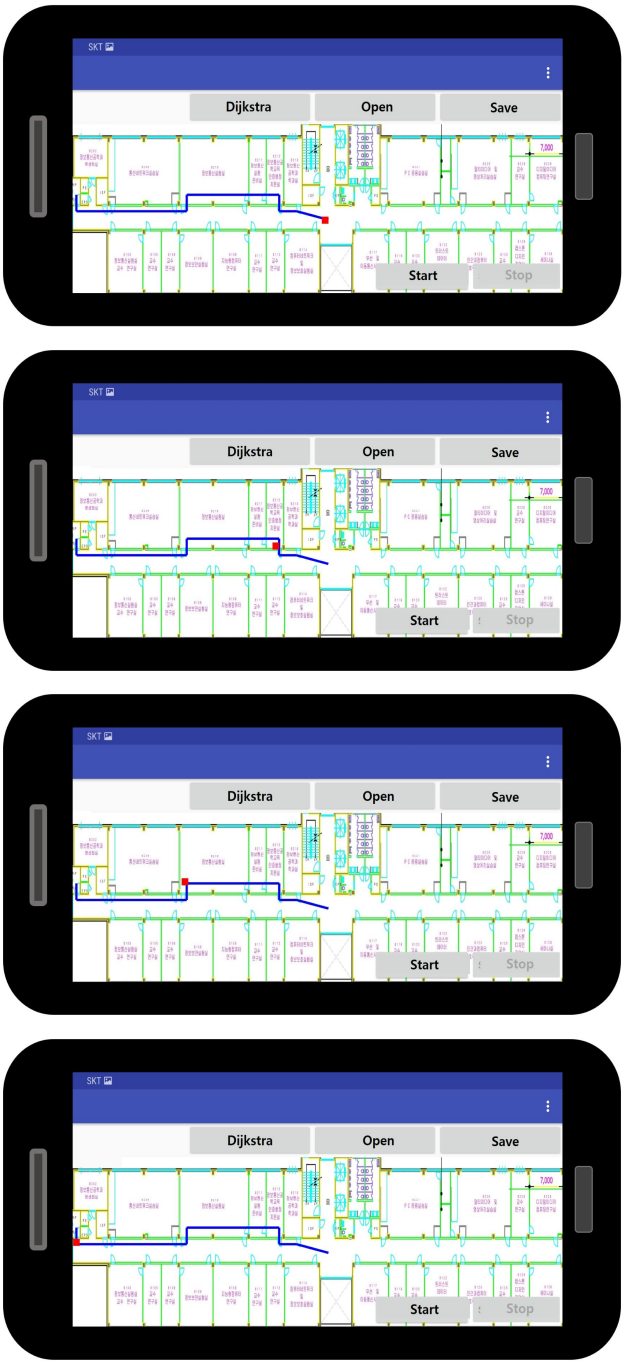
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 5-8] 다익스트라 알고리즘을 이용한 경로안내(애플리케이션).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



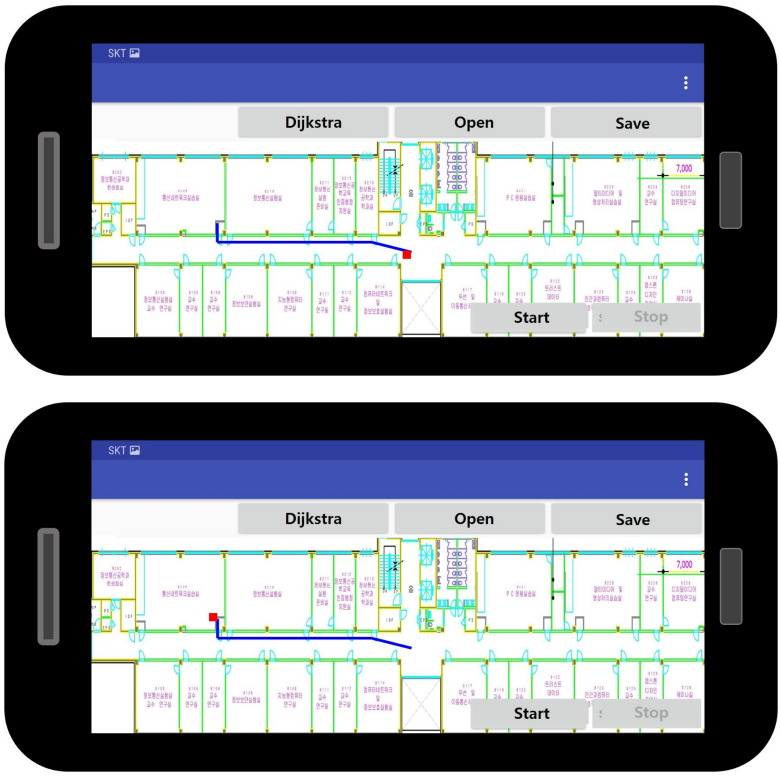
[그림 5-9] IndoorGML에 화재정보를 기술한 경우의 경로안내(애플리케이션)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

b. 두 번째 실험

두 번째 실험은 IndoorGML에 이용자의 정보가 기술되었을 때를 이용한 실내 내비게이션의 경로안내이다. 첫 번째 실험과 동일한 장소에서 진행하였으며 복도의 중앙을 출발점으로, 통신네트워크실습실인 B지점을 도착지점으로 하여 이용자에 따른 경로안내를 진행하였다. 일반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경로 안내의 경우 A지점에서 B지점까지의 최적의 경로만을 안내한다. 하지만, IndoorGML기반 Dijkstra 알고리즘을 이용한 경우 이용자에 따른 경로 안내가 제공된다. 알고리즘에서 노드의 정보를 확인해 이용자에 따른 경로안내가 가능하다. 예를 들어 실내에서 행사를 진행할 경우 인가자(VIP)를 위한 경로안내와 비인가자(행사 참가자)의 경로 안내는 다를 수 있다. 이를 위한 예시로 실험을 통해 제안하는 경로 안내 시스템이 인가자(VIP)는 그림과 같이 행사장 앞문으로 안내하는 것을 확인할 수 있었으며, 비인가자(행사 참여자)의 경우 그림과 같이 행사장 뒷문으로 안내하였다.



[그림 5-10] 인가자를 위한 경로안내(애플리케이션)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 5-11] 비인가자를 위한 경로안내(애플리케이션)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

VI. 결론

본 논문에서는 실내공간정보 표준인 IndoorGML을 이용하여 조선대학교 IT융합대학 8층을 재구성하고 IndoorGML을 기반으로 한 다익스트라 알고리즘을 이용하여 상황, 사용자에 따른 유동적인 경로안내 알고리즘을 제안하고 그 성능을 확인하였다. 실험 결과 일반 다익스트라 알고리즘의 경우 최단 경로안내만을 제공하여 재난상황과 이용자에 따른 최적의 경로안내 제공에는 한계가 있었다. 반면에 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘의 경우 노드의 정보를 확인하여 긴급 상황 시, 최적의 경로를 제공하는 것을 확인하였다. 기존의 다익스트라 알고리즘은 사용자를 구분하지 않고 경로 안내를 제공하였지만, IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘은 사용자에 따라 유동적인 경로안내를 제공하였다. 노드의 거리만을 이용하던 기존의 다익스트라 알고리즘과 달리 노드의 정보까지 읽을 수 있는 IndoorGML기반 다익스트라 알고리즘은 실내 내비게이션에서 뿐만 아니라 실외 내비게이션에도 유용하게 쓰일 것으로 예상된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

[1] http://www.lx.or.kr/, Retrieved 2018.

[2] U. S. Environmental Protection Agency, “Report to Congress on indoor air quality” Vol. 2, EPA/400/189/001C.

[3] http://www.nsdi.go.kr/, Retrieved 2018.

[4] Li K J, Lee J Y, “Basic Concepts of Indoor Spatial Information Candidate Standard IndoorGML and its Applications ”, 『Journal of Korea Spatial Information Society』, Vol. 21 No. 3, pp. 1-10, 2013.

[5] Li K J, “IndoorGML - an Overview IndoorGML Workshop(2012)”, from http://stem.cs.pnu.kr/indoorGMLWorkshop/Program.html. Retrieved 2018.

[6] Li K J. “Indoor space: A new notion of space”, 『Proc. 8th International Symposium Web and Wireless Geograpical Information Systems』, pp. 1-3, 2008.

[7] Becker C, “Durr On location models for ubiquitous computing” Personal and Ubiquitous Computing 9(1): pp. 20 - 31, 2005

[8] Kang H Y, Kim J S, Li K J, “sTrack: Tracking in indoor symbolic spacewith RFID sensors”, 『Proc. 18th SIGSPATIAL Conf』, pp. 502 - 505, 2010.

[9] Lee K J, Lee J, “A Geocoding Method on Character Matching in Indoor Spaces”, 『Proc. 21th KSIS Journal』, pp. 87-100, 2013

[10] ISO/TC211, ISO 19107, Geographic Information - Spatial Schema, 2003.

[11] ISO/TC211, ISO 19109, Geographic Information - Rules for Application Schema, 2005.

[12] Open Geospatial Consortium, City Geographic Markup Language (CityGML) Encoding Standard 2.0, Document Number 12-019 OGC, https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842

[13] Kim, J. S; Li, K. J. 2012, K-Anonymity using Hierarchical Graph Structure in Indoor Space, KSIS Journal 20(4): 93-101

[14] Yang B, Lu, H, Jensen C S, “2009, Scalable Continuous Range Monitoring of Moving Objects in Symbolic Indoor Space”, 『18th ACM CIKM Conf』, pp. 671-680, 2009.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[15] Open Geospatial Consortium, IndoorGML v.0.6.4, OGC https://portal.opengeospatial.org/ index.php?m=projects&a=view&project_id=399&tab=2&artifact_id=52528, 2013.

[16] Becker T, Nagel C, Kolbe T, “Discussion of Euclidean space and cellular space and proposal of an integrated indoor space data mpdel, Technical Report”, 『Institute of Geodesy and Geoinformation Science』, 2010.

[17] Nagel C, Becker T, Li K J, Lee J, Kaden R, Kolbe, “Requirements and space-event modeling for indoor navigation”. Discussion Paper, OGC 10-191r1, Open Geospatial Consortium http://portal.myogc.org/files/41727, 2010.

[18] Omar Costilla-Reyes and Kamesh Namuduri, “Dynamic Wi-Fi Fingerprinting Indoor Positioning System”, International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 27th-30th October 2014.

[19] Hongyu Wang, Zhanhao Zhanhao Zhao and Jialiang Hu, “Study on Improvement of Fingerprint Matching Algorithm in Wireless LAN Based Indoor Positioning System”, IEEE, 21 July 2016

[20] 유환호, 변재영 “IndoorGML을 이용한 실내 내비게이션 구현”, 『한국통신학회 추계종합학술대회』, pp. 51-52, 2017.

[21] 유환호, 변재영 “IndoorGML을 이용한 실내 디지털 맵 구현”, 『7th CSMS』, No. 10, 2017.

[22] 유환호, 변재영 “실내공간정보를 이용한 실내 경로안내 구현”, 『8th CSMS』, No. 10, 2018.

[23] https://github.com/STEMLab/IndoorGML-Viewer, Retrieved 2018.

Collection @ chosun