Space Syntax기반 보행경로 시뮬레이터

A Pedestrian Path Finding Simulator based on Space Syntax

전 철 민
서울시립대학교 지적정보학과

서울시립대학교 UNIVERSITY OF SEOUL

Contents

- 개요
- Space Syntax기반 공간 접근성
- Space Syntax를 적용한 A-Star 경로탐색
- 사례적용
- 결론

개요

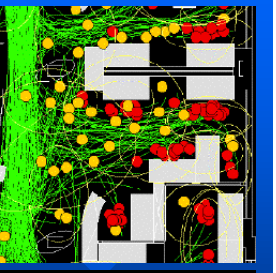
Introduction

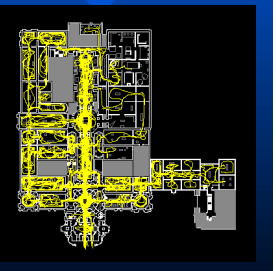
- 대중교통 이용 장려
- 녹색교통에 관한 관심 증대
- 개인 단말기의 발달
- 유비쿼터스 컴퓨팅 응용분야 확대

➡ 보행자를 위한 네비게이터 필요성 증대

Introduction

- Space Syntax : 도시공간이나 건축공간의 접근성을 공간의 기하학적인 연결구조에 기반 하여 정량적으로 산출해주는 이론 (Hillier 1996)
- 보행자를 대상으로 한 경로안내에서 경로 내에 인식성이 높은 길 위주로 안내해 주는 알고리즘 제안
- 최단거리 경로탐색 알고리즘의 산출과정에 Space Syntax 이론에 근거한 접근성이 높은 경로를 포함하는 방법 제시 및 사례 예시



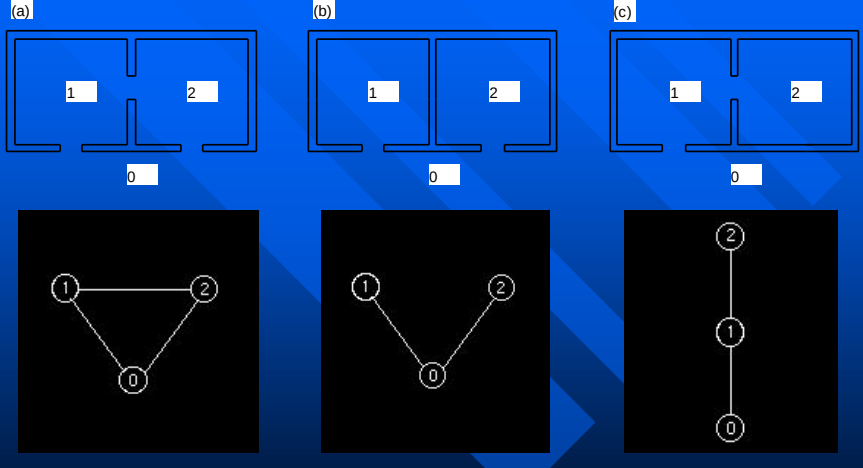


Space Syntax기반 공간 접근성

Topology를 이용한 공간구조의 표현

- 네트워크를 통한 이동은 'Topology'를 이용하여 추상화
- 토폴로지는 네트워크 요소간의 구조적 관계를 표현
  - 예를 들어, 네트워크를 통한 보행이동은 도로폭, 사람수, 이동속도 등의 상세한 속성에 대한 고려 없이 네트워크의 구조적 형태를 표현

Space Syntax



Space Syntax

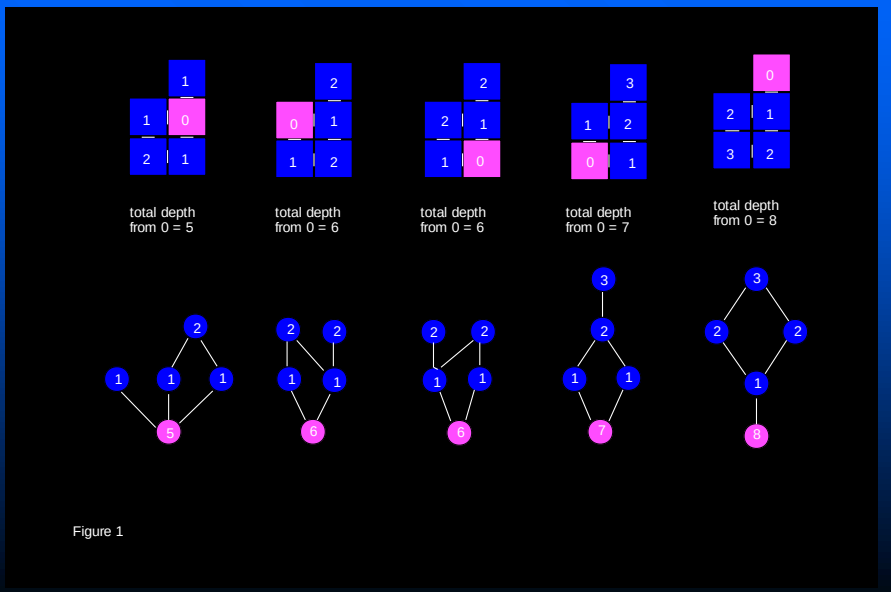
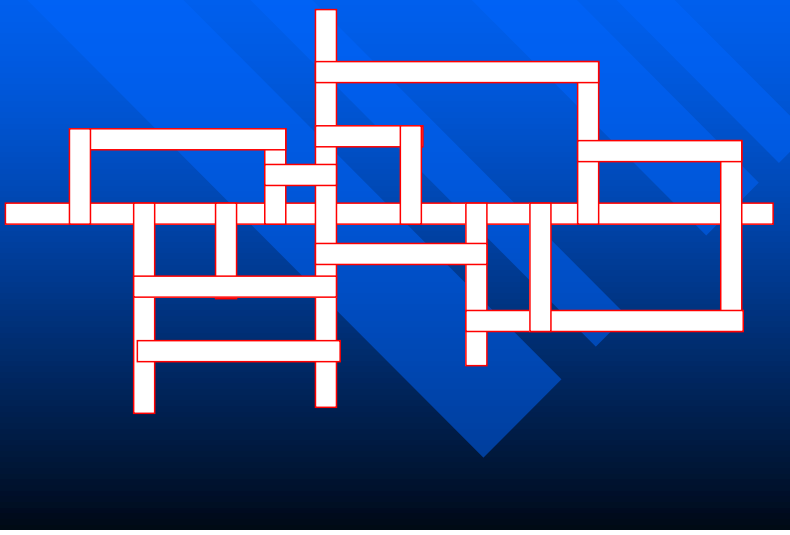
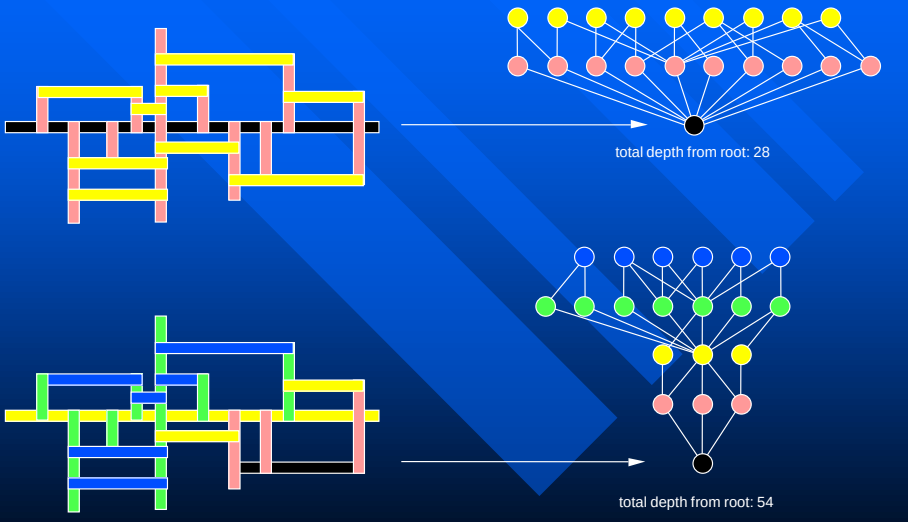


Figure 1

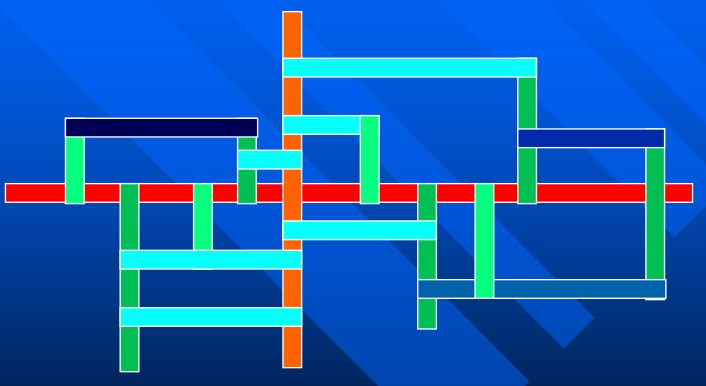
Space Syntax



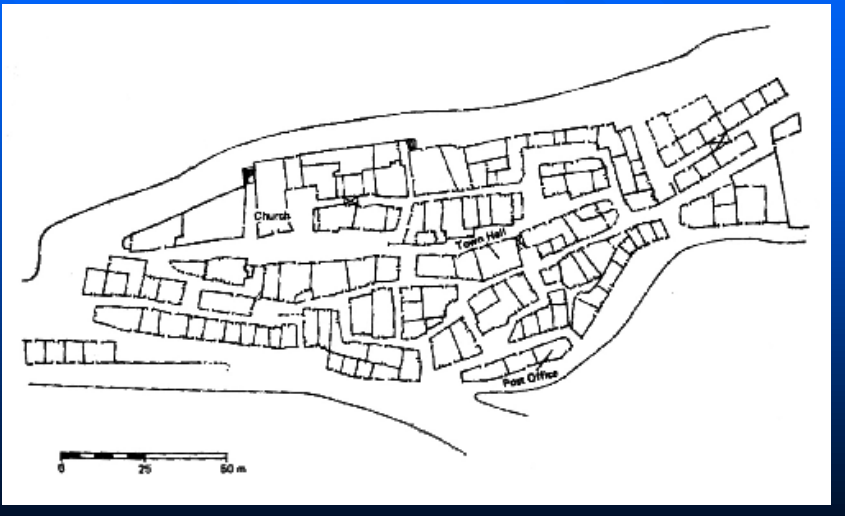
Space Syntax



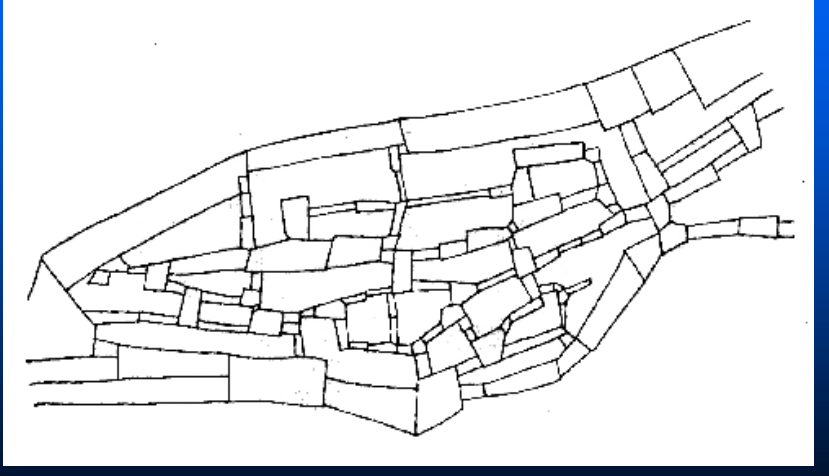
Space Syntax



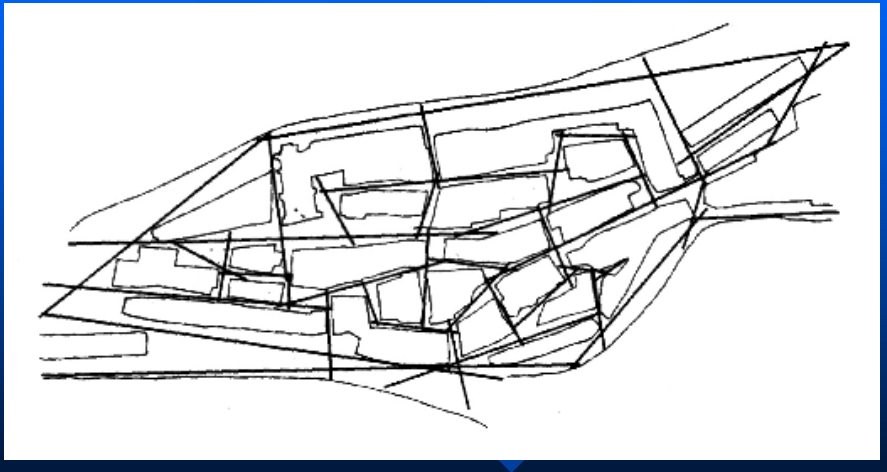
Space Syntax



Space Syntax



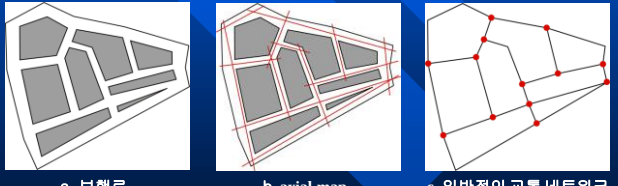
Space Syntax



(c) G마을의 축선도

Space Syntax

- 보행로와 같은 연속된 공간을 분할할 때 가장 적은 수의 Convex space들로 나누어 지도록 구성
- 이러한 convex space를 지나는 가장 긴 라인(axial line)들로서 공간을 추상화
- 모든 공간을 직선으로 연결하였을 때 최대 길이와 최소 개수로 구성되는 직선들로서 공간구조를 정의

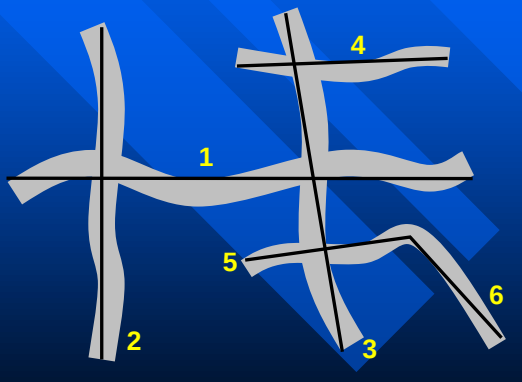


a. 보행로 b. axial map c. 일반적인 교통 네트워크

보행공간 구성에 있어 Space Syntax와 교통네트워크의 비교

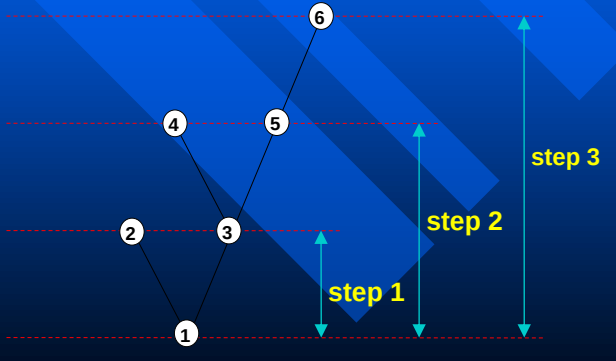
Space Syntax기반 위계적 공간구조

- 보행공간과 Axial Line



Space Syntax기반 위계적 공간구조

- 도로의 위계구조
  - 노드와 각 노드를 연결하는 링크로 구성



Space Syntax기반 위계적 공간구조

- 깊이(*depth*) : 특정 공간에서 다른 공간으로 이동할 때 거치게 되는 최소한의 공간의 수
  - 두 노드간의 step 또는 굴절 회수를 이용해 측정

Space Syntax기반 위계적 공간구조

- Total Depth(TD)
  - $TD_1 = 1 \times 2 + 2 \times 2 + 3 \times 1 = 9$

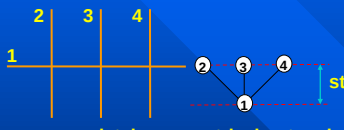
$$TD_i = \sum_{s=1}^{m} s \times N_s$$

TD_i : the total depth of node *i*
s : the step from node *i*
m : the maximum number of steps extended from node *i*
N_s : the number of nodes at step *s*

Space Syntax기반 위계적 공간구조

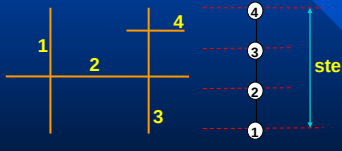
- Mean Depth(MD) = TD / (k-1)
- Normalized Depth(ND)

※ k : the total number of nodes



a. completely symmetrical network

$$MD = \frac{k-1}{k-1} = 1$$

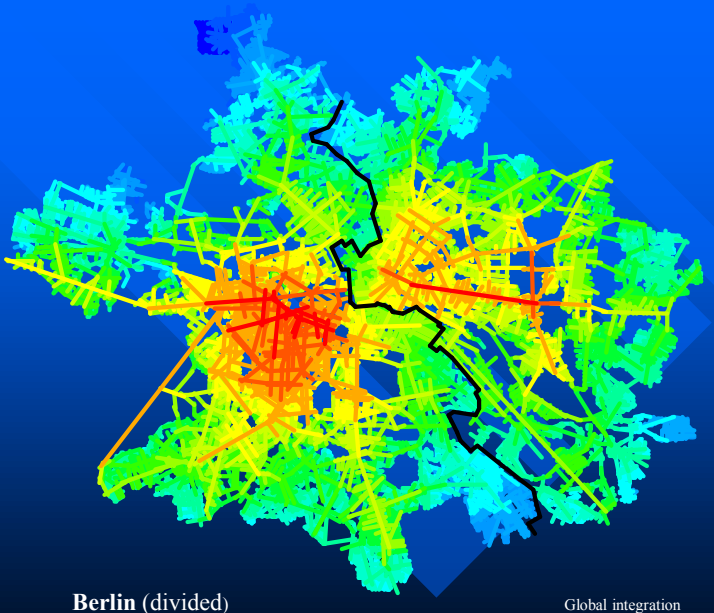


b. completely asymmetrical network

$$MD = \frac{1+2+\ldots+(k-1)}{k-1} = \frac{(k-1)k/2}{k-1} = \frac{k}{2}$$

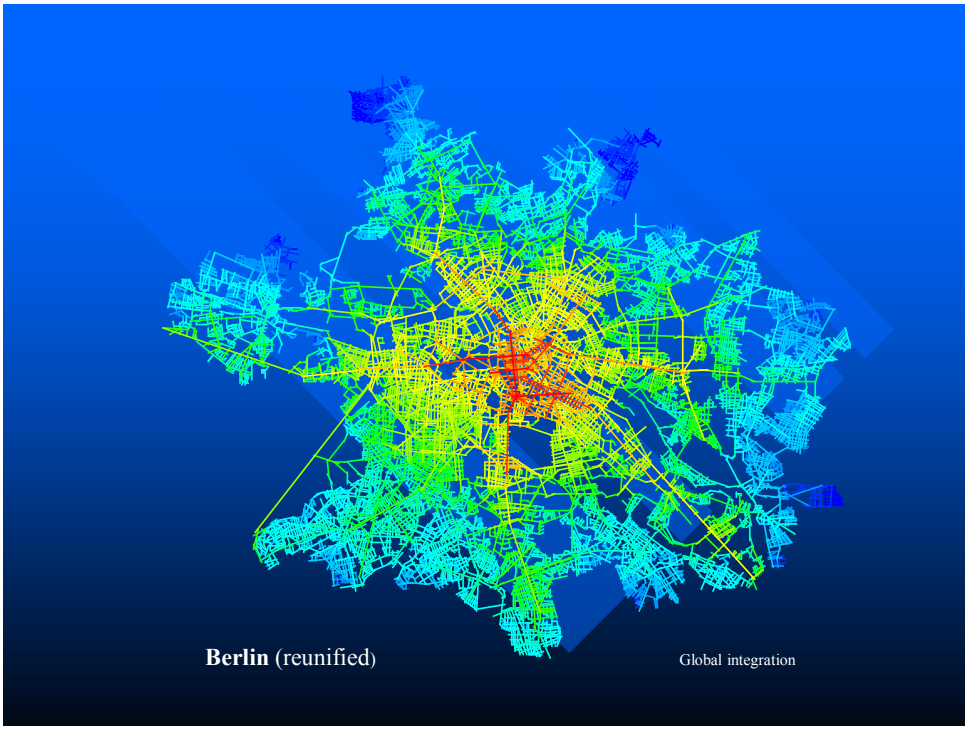
$$1 \le MD \le \frac{k}{2}$$

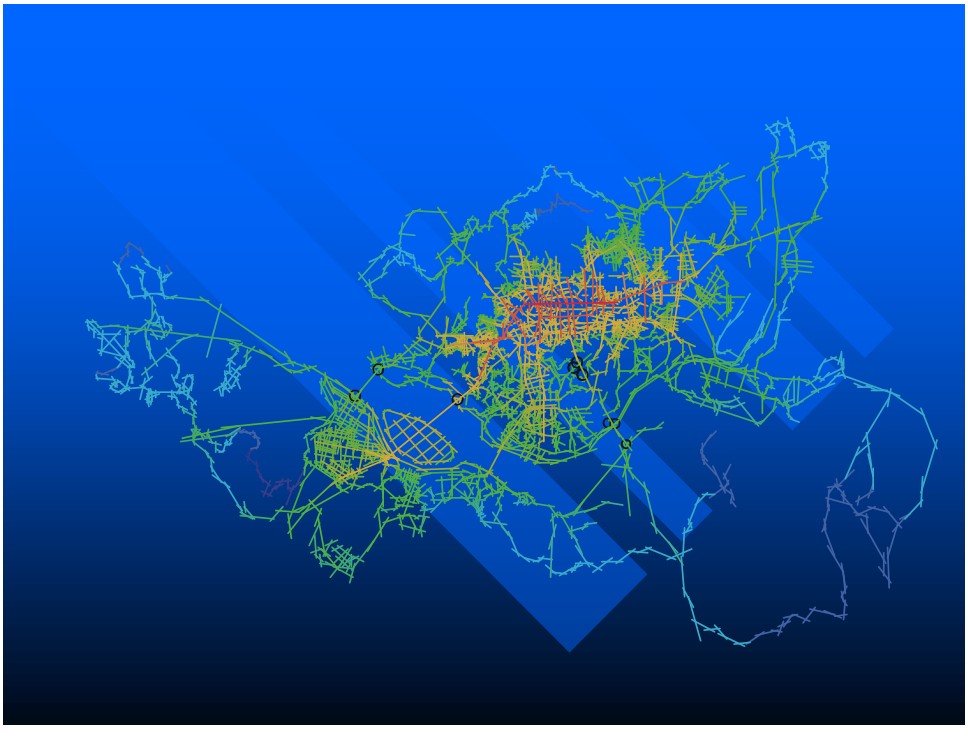
$$0 \le \frac{2(MD-1)}{k-2} \le 1$$

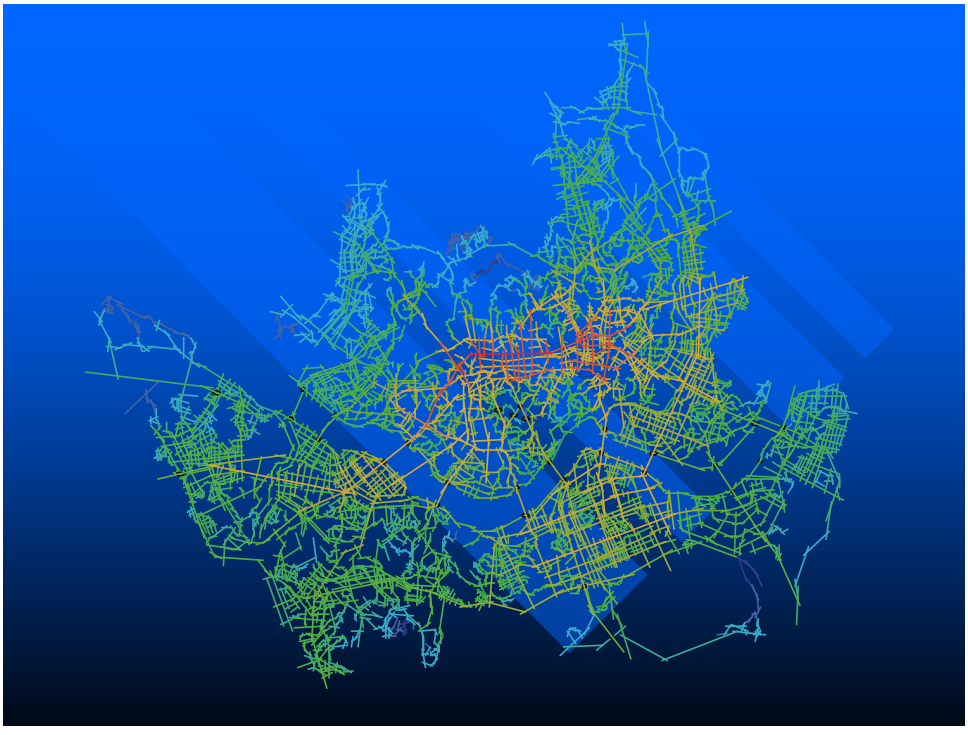


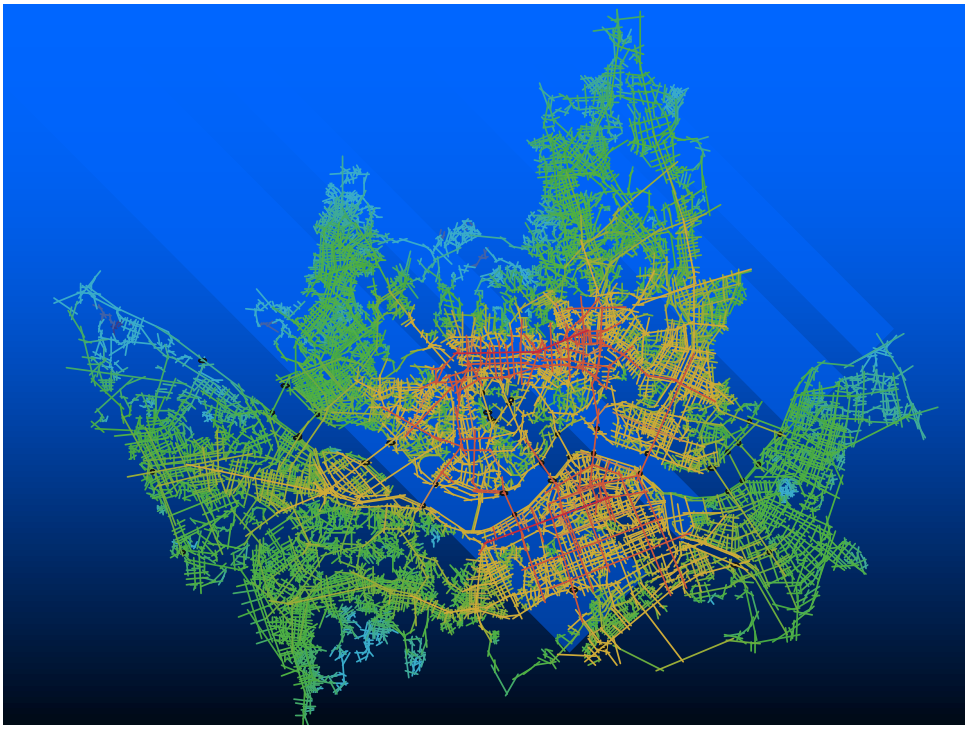
Berlin (divided)

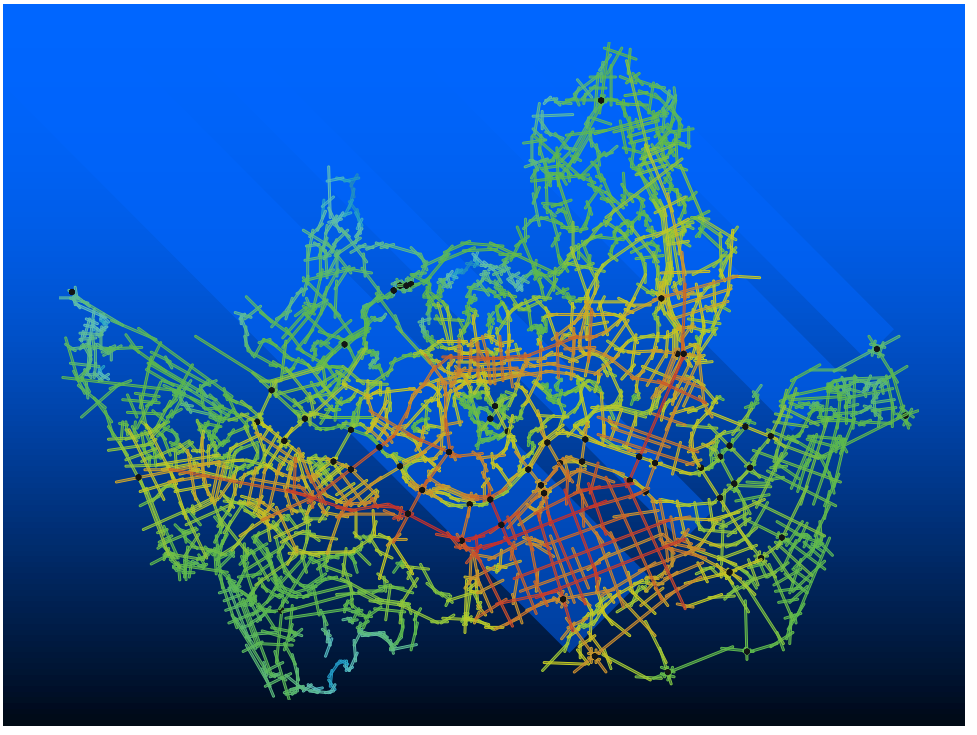
Global integration

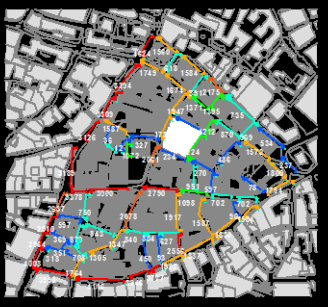

Berlin (reunified)
Global integration



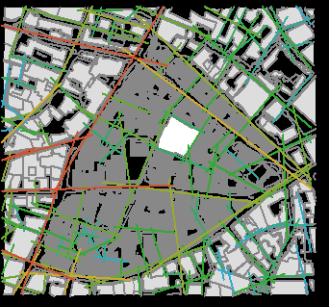




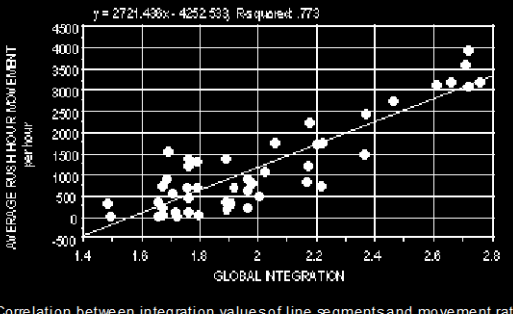




Pedestrian movement in an area of the City



Integration analysis of the area

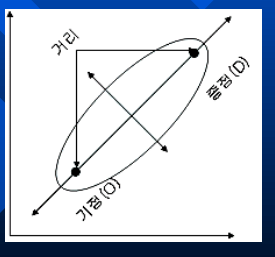


Correlation between integration values of line segments and movement rates

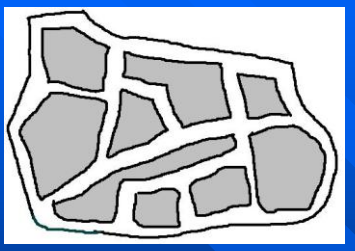
Space Syntax를 적용한 A-Star 경로탐색

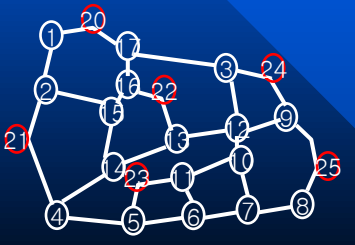
최적경로 알고리즘

- **A-Star 알고리즘** : 휴리스틱 함수를 사용하여 현재까지 비용의 최소화와 함께 목표지점까지 거리도 최소화하는 알고리즘
  - 본 연구에서는 현재 노드에서 목표지점까지의 거리를 휴리스틱 함수로 사용
- **탐색 영역을 제한하여 연산속도를 향상**
  - 유사한 도로 밀도를 가지고 대체로 균일하게 놓여져 있는 네트워크에서 최적경로는 일반적으로 시종점간 직선 연결을 중심으로하여 크게 돌아가지 않는 경우가 대부분



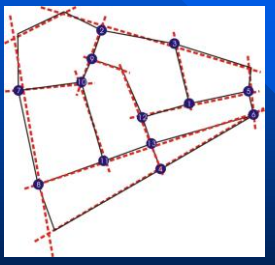
Axial Line 추출의 자동화



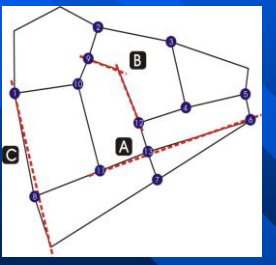


Axial Line 추출의 자동화

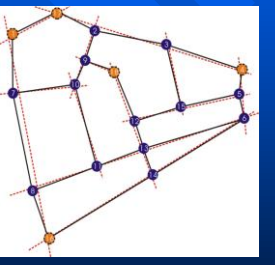
- **GIS형식의 데이터로부터 Axial line 추출**
  - **GIS 네트워크의 보행로, 즉 링크(link)를 Space Syntax의 Axial line과 연계시켜 두 모델의 통합 가능성 검토**



a. GIS 네트워크와 Axial Map의 대응관계



b. Axial Line과 GIS 네트워크의 세가지 대응 유형



c. 가상의 노드(node)를 추가한 Axial Map의 구성

GIS기반 네트워크로부터 Axial Map의 구성

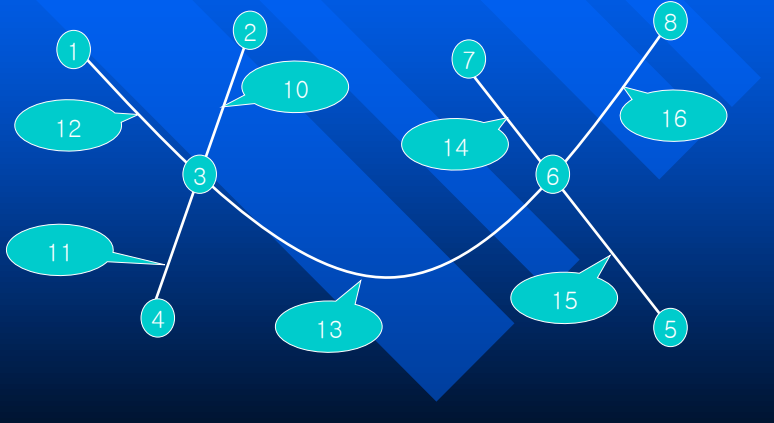
Axial Line 추출의 자동화

- GIS 네트워크와 Axial Line간 대응 유형과 Axial Line 구성방법

유형	대응관계	Axial Line 구성방법
A	다수의 링크가 하나에 Axial line으로 구성되는 경우	링크 속성에 동일한 고유 ID를 부여함으로 이 링크는 특정 Axial line의 일부라는 정보를 알 수 있다
B	하나의 링크가 다수의 Axial line으로 구성되는 경우	링크 속성에 Axial line의 개수를 저장함으로 이 링크는 여러 개의 Axial line을 갖는 곡선링크임을 알 수 있다
C	인접한 링크의 일부분들이 서로 모여 하나의 Axial line으로 구성되는 경우	현 GIS 링크 체계에서는 직접적인 구현이 불가능하여 그림 6의 c와 같이 링크의 기울기가 급변하는 부분에 가상의 노드를 추가하여 Axial line의 형태를 재현할 수 있다

Axial Line 추출의 자동화

- GIS Node-Link 체계



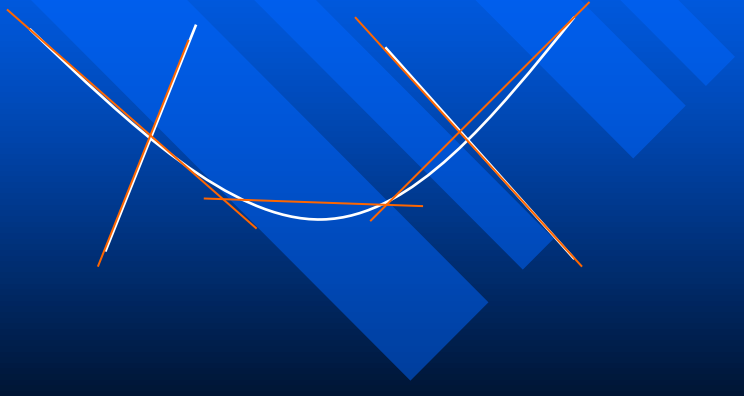
Axial Line 추출의 자동화

실제 지도 상의 좌표

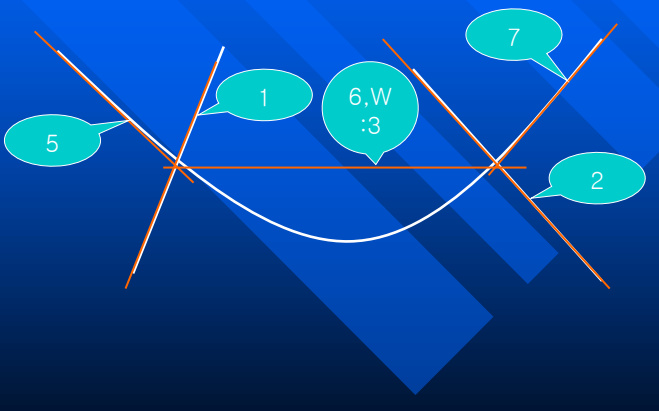
Node ID	x	y	인접링크
1	…	…	12
2	…	…	10
3	…	…	10,11,12,13
4	…	…	11
5	…	…	15
6	…	…	13,14,15,16
7	…	…	14
8	…	…	16

Link ID	From Node	To Node	Syntax ID	Syntax Weight	…
10	2	3	1	X	
11	3	4	1	X	
12	1	3	5	1	
13	3	6	6	3	
14	6	7	2	X	
15	5	6	2	X	
16	6	8	7	1	

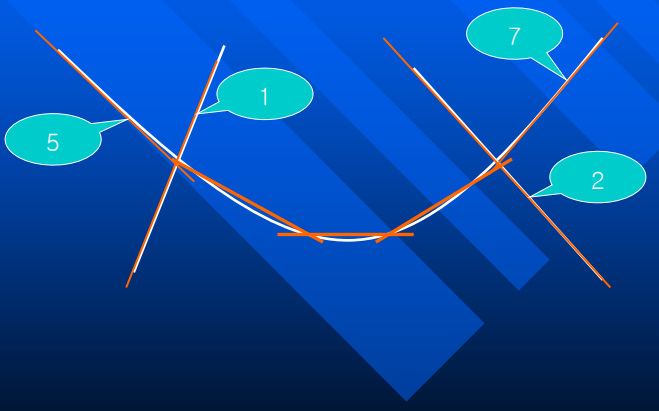
Axial Line 추출의 자동화



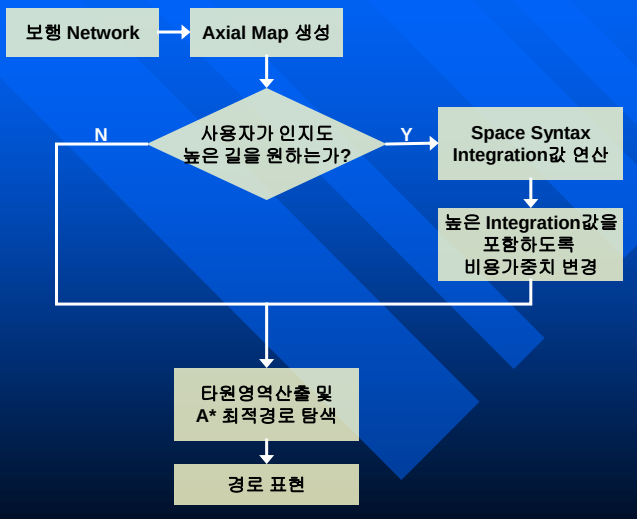
Axial Line 추출의 자동화



Axial Line 추출의 자동화



경로 탐색 과정


보행 Network
Axial Map 생성
사용자가 인지도 높은 길을 원하는가?
N
Y
Space Syntax Integration값 연산
높은 Integration값을 포함하도록 비용가중치 변경
타원영역산출 및 A* 최적경로 탐색
경로 표현

사례 적용

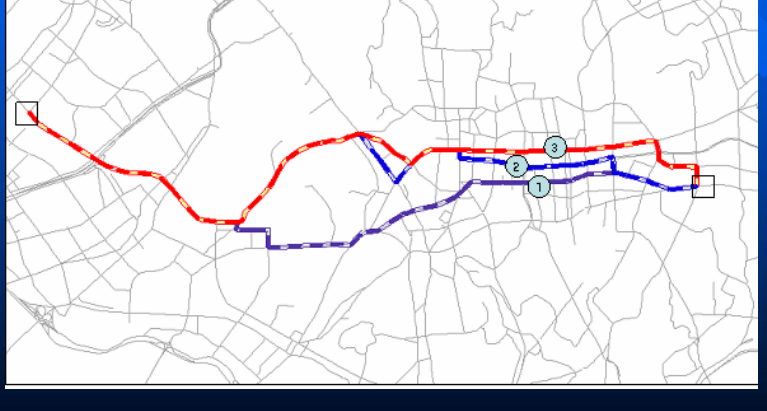
사례 적용

- 사용 데이터 : 서울시 GIS 데이터
- 프로그래밍 언어 : c#
- 지도데이터 랜더링 : ESRI사의 MapObjects

- 테스트 옵션
  - ① 단순 최단 경로
  - ② 경유지를 지정한 최단경로
  - ③ Space Syntax 기반 인지도가 높은 경로

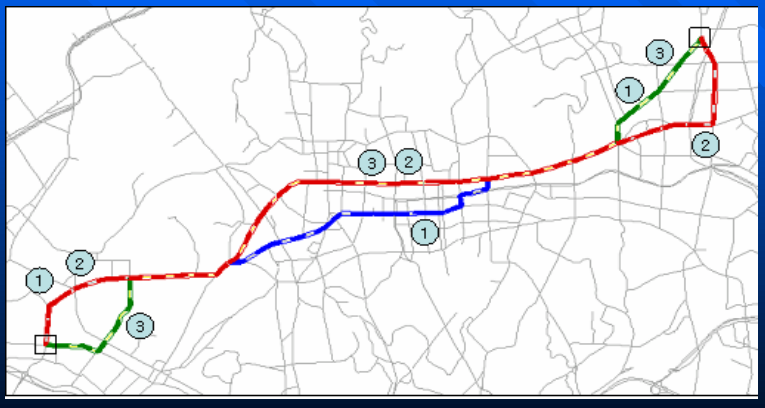
적용 결과

- 마포구 상암동~성동구 마장동을 시-종점으로 한 경로탐색 결과



적용 결과

- 동대문구 전농동~마포구 합정동을 시-종점으로 입력하였을 때의 탐색결과



결론

결론

- 경로탐색 시뮬레이터 개발 시 인지도가 높은 길을 포함시켜 제공하는 방법 제시
- 인지도, 또는 접근성이 높은 경로를 산출하기 위해 Space Syntax 기법 이용
- GIS 기반 네트워크 데이터로부터 Space Syntax의 Axial Line을 자동적으로 추출하는 방법 제시
- GPS기반 개인 네비게이터에 적용가능