

도심쇼핑을 위한 보행경로탐색 알고리즘개발

Development of Path Searching Algorithm for Pedestrian in Shopping Area

이 종 언

(연세대학교 도시공학과 석사과정)

손 봉 수

(연세대학교 도시공학과 교수)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 문헌고찰
3. 기존 네트워크 구현방법

II. 본론

1. 보행자의 보행에 관한 인지

2. 경로탐색 알고리즘의 고찰

3. 네트워크의 구성
4. 시뮬레이션

III. 결론

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도심 내의 보행공간은 도시민의 다양한 활동이 복합적으로 이루어지는 공간이다. 상업가로는 그 중에서도 도시 활동이 가장 활발한 장소이지만 이용자가 원하는 물건을 찾기 위해서는 많은 시간과 비용을 지출하여야 한다. 보행에 소모되는 통행비용이 증가하게 되면 시민은 도심상권으로의 접근을 기피하게 되고 이는 도시의 경제적 활성화를 저해하는 요소로서 작용될 수 있다. 이에 상업가로를 이용하는 보행자에게 실시간으로 의미있는 경로를 제공하고 보행 이동을 보조하여 도심쇼핑을 목적으로 한 이용자의 경제적인 손실을 최소화시킬 수 있다면 도심상권의 부활을 기대할 수 있을 것이다.

경로의 제공은 기존에도 몇몇 분야에서 활발하게 연구되어 왔고 다양한 응용서비스가 현재도 제공되고 있다. 이를 가능하게 하는 기술로는 대표적으로 GPS시스템을 들 수 있지만 GPS시스템을 개별 보행자에게 그대로 이용할 경우 위치 인식에 있어서 큰 문제를 가지게 된다.

이에 본 연구에서는 전 세계를 비롯하여 우리나라에서도 큰 이슈가 되고 있는 유비쿼터스 기술을 전제로 하여 보행자에게 의미있는 경로

를 제공하는 방법을 개발하고자 한다.

2. 문헌고찰

유럽과 일본을 중심으로 보행자의 경로에 관한 연구가 지속적으로 진행되어 왔지만 여기서의 경로는 그 의미가 조금 다르다. 기존의 보행자에 관한 연구는 대개 보행환경 수준을 파악하거나 보행환경의 변화와 보행자 행동 간의 상호작용을 파악하는데 그 목적을 두어, 본 연구에서 추구하는 '의미있는 경로를 찾아 보행자에게 제공한다.' 라는 목적과는 일치하지 않는다.

기존의 연구사례가 미미하기 때문에 경로탐색에서의 핵심적인 부분인 맵(네트워크) 구성 기술과 경로탐색 알고리즘 두 부분 모두 새롭게 모색될 필요가 있다.

3. 기존 네트워크 표현방법

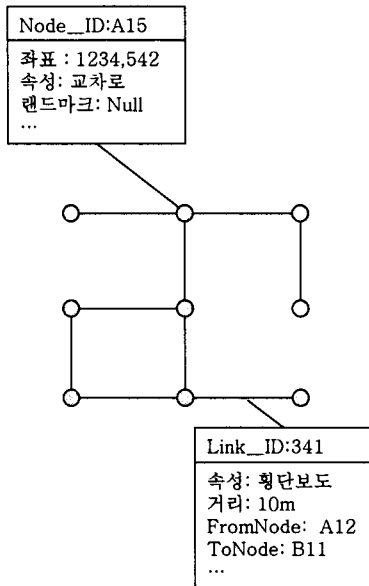
의미있는 경로를 찾기 위한 기존 연구는 차량경로탐색기법, 네트워크 라우팅 기법, 길 찾기 인공지능 알고리즘 등이 있다. 이들 네트워크(맵)의 구성논리를 살펴보면 크게 두 가지로 구분할 수 있는데 노드와 링크로 표현되는 방법이 그 하나이고 흔히 타일이라고 부르는 면으로 표현되는 방법이 다른 하나이다.

노드와 링크 표현 방법은 벡터의 형태를 가

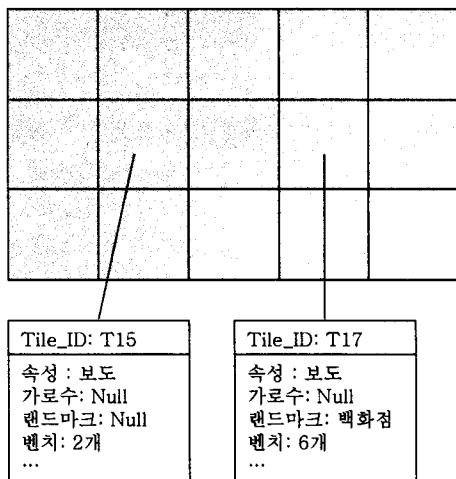
지게 되며 노드와 링크가 선적인 속성 값을 갖게 되는데 반해 타일로 표현되는 방법은 점적인 구조와 행렬로 표현되고 각 타일은 각각의 한 지점을 대표하는 값을 가지게 된다. 이를 도식적으로 표현하면 그림 1과 같다.

<그림 1> 기존 네트워크 표현 예

(a) 노드-링크



(b) 타일

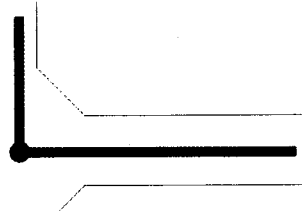


노드-링크 표현방법은 점과 선으로 목적지와 경로가 표현되어 비합리적인 이동이 발생하지 않으며, 또한 진행 경로가 명확하므로 링크 비용 등의 함수를 이용한 최적 경로의 표현이 쉽게 이루어진다. 이와 달리, 타일을 이용한 맵 구현방법은 자유로운 이동이 가능하고 높은 확장성을 가지며, 다양한 상황을 반영할 수 있지만, 최적경로를 계산하기 위하여 복잡한 함수가

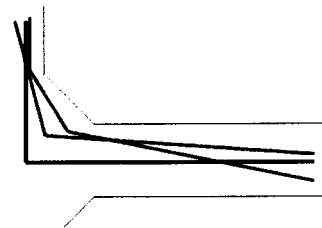
고려될 필요가 있기 때문에 최단경로 혹은 다양한 통행패턴을 표현해야하는 분야에 흔히 사용된다. 그림 2는 이를 개념적으로 도식화한 것이다.

<그림 2> 면적인 표현과 노드-링크 표현에서의 경로탐색

(a) 노드-링크 표현에서의 경로탐색



(b) 면적인 표현에서의 경로탐색



본 연구의 목적인 ‘의미있는 경로’는 최적경로의 의미를 가질 뿐만 아니라 합리적으로 표현되어야 하므로 노드-링크 표현기법이 적절한 것으로 판단된다.

II. 본론

1. 보행자의 보행에 관한 인지

보행자가 보행을 행하는 데 있어서 보행에 영향을 끼치는 요소는 다양할 것이다. 이러한 보행자의 인지에 관한 연구는 과거 선행연구가 다수 존재하기 때문에 이들 요소를 고찰하고 탐색기법에 반영하고자 하였다. 이들 선행연구의 각각 요소들을 정리하기 위하여 물리·환경적 측면, 방향전환에 따른 보행자의 공간에 대한 인지도, 시야와 접근성의 제약에 의한 인지도 3가지 관점으로 구분하여 접근하였다.

(1) 물리·환경요소

물리적인 혹은 환경적인 형태가 보행자에게 어떤 요소로 다가오는지 확인하기 위해서는 보행 공간의 구성요소를 정리할 필요가 있다. 양

동양(1988)은 가로 공간의 구성요소를 표 1과 같이 표현하였다.

<표 1> 가로공간의 구성요소

유형적 요소	1차적 요소	수직적 요소	가로변 건축물
		수평적 요소	도로
	2차적 요소		
		가로수	
		간판	
부형적 요소	자연적 요소	장기	동식물의 성장 계절변화
		단기	비, 눈, 바람
	인위적 요소		행정, 경제, 역사, 문화
	행위요소		사람의 행위 자동차 움직임

이들 요소들 모두가 보행자에게 영향을 끼칠 수는 있지만 그 상관관계를 찾아내거나 이를 정량화하는데 어려움이 있다. 서준원, 안건혁(2001)은 상업가로에서 보행자는 다른 동선과의 혼재를 방지하는 영역성의 보장과 경관적 흥미로움을 중요하게 여기는 것을 확인하였다. 경관에서도 식재와 같은 자연경관요소도 영향을 끼치지만 자연경관요소보다는 움직이는 사람, 간판, 상점의 외양 등의 인공적 경관요소를 더욱 중요하게 여기는 것으로 나타났다. 이들 요소들을 고려하여 간단한 질의·응답을 수행한 결과 보행자의 인지에 영향을 끼치는 요소를 정리하면 다음 표 2와 같다.

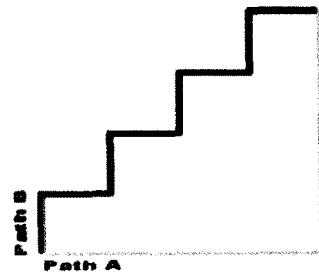
<표 2> 보행자의 인지요소

요소	이벤트, 랜드마크, 가로수, 벤치, 간판, 위생, 차량혼재 여부, 주차차량, 가로의 분위기
----	--

(2) 방향전환에 따른 사람의 인지도

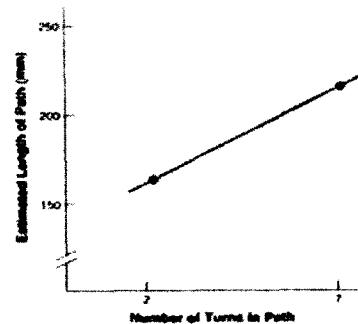
Sadalla와 Magel(1980)은 보행에 있어서 방향 전환이 많을수록 거리를 길게 인식함을 확인하였다. 그림 3을 보면, Path A와 Path B의 거리는 서로 같지만 사람들은 Path B의 거리를 더 멀게 인식한다.

<그림 3> 방향전환에 따른 인식거리



이는 Hillier(1996)에 의해서 다시 증명되었으며, Hillier는 다른 공간으로의 이동시 일어나는 방향전환은 공간이용을 결정하는 중요한 인자라고 설명하였다. 그림 4를 보면 방향 전환이 많이 일어나게 되면 인간의 공간인식 거리가 늘어남을 확인할 수 있다.

<그림 4> 방향전환에 따른 공간인식률



이러한 사실과 관련하여 Evans(1980)는 일반적으로 사람은 공간을 직선과 직각으로 공간을 인식함을 확인하였다.

짙은 방향전환은 보행자에게 거리감을 왜곡할 수 있는 요소로써, 물리적인 최단거리와 보행자가 생각하는 최단거리가 서로 다를 수 있음을 보여준다. 이는 보행경로 탐색기법에 있어서도 매우 중요한 요소로서 작용될 수 있다.

(3) 시야 및 접근성에 따른 인지도

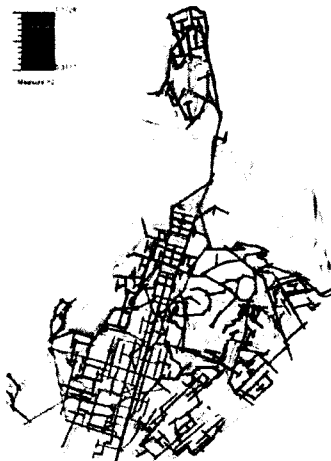
Gibson(1966)은 공간인지와 인지도에 있어서 시야를 가장 중요한 변수라 하였고, Hillier와 Hanson(1984)는 인간의 공간행위를 해석함에 있어 공간형태에 대한 고려보다는 인지도가 공간이용을 결정하는 주요 인자라고 하였다. 보행 경로에 있어서도 공간인지를 좀 더 쉽게 할 수 있는 경로가 좀 더 좋은 경로로 선택되는 것이 합리적일 것이다.

이와 유사한 개념이 Space Syntax에서 많이 사용되고 있지만 Space Syntax의 접근은 공간

의 이용에 초점이 맞추어져 있으므로 그 방법이 다르다고 하겠다. 때문에 이를 응용한 다른 방법론이 제시되어야 할 필요가 있다. 이에 대한 자세한 내용은 향후 연구과제로 남기며 본 연구에서는 방향전환에 따른 목표지점의 가시성만을 이용한 간단한 방법을 사용한다.

시야는 대상의 크기와 인지에 따라 그 인지거리가 달라지며, 기본적인 개념으로는 인지할 수 있는 거리는 점, 즉 무한하다. 때문에 목적지 위치의 인식여부에 따라 거리감은 달라지게 된다. 이를 반영하기 위한 방법으로 방향전환이 이루어지지 않은 링크들의 집합은 일반적인 보행가능거리까지 같은 인지도를 가지며 링크간의 교차가 이루어질 경우 감소하는 것으로 고려하였다. 이를 도식적으로 표현하면 그림 5와 같다.

<그림 5> 가시성에 따른 공간인지도 (Space Syntax Axial 분석)



이러한 개념은 방향전환에 따른 사람의 거리인지의 감소와 유사하지만 목적지를 기준으로 가중치를 부여한다는 데서 그 차이가 명확하다.

2. 경로탐색 알고리즘의 고찰

노드와 링크 네트워크를 기반으로 경로를 탐색하는 방법은 기존에 많은 연구사례를 가지고 있다. 본 연구와 유사한 형태로는 차량 경로탐색 알고리즘을 들 수 있으며, 이를 바탕으로 본 연구의 알고리즘을 구현하였다. 일반적으로는 네트워크 DB의 구축이 선행된 후 알고리즘이 진행되는 경우가 많지만, 알고리즘에 의해 DB의 형태가 변화할 수 있기 때문에 여기서는 알고리즘 고찰을 선행한다.

경로탐색 알고리즘은 수형망 알고리즘을 시

작으로 덩굴망 알고리즘, 수정 덩굴망 알고리즘, 링크기반 알고리즘 등이 있다. 이들 알고리즘들의 특징을 정리하면 다음 표 3과 같다.

<표 3> 기존경로탐색 알고리즘의 특징

알고리즘	고려범위	특징
수형망 알고리즘	전노드	<ul style="list-style-type: none"> 빠른 속도 검색범위가 좁음 회전제약 고려불가능
덩굴망 알고리즘	전전노드	<ul style="list-style-type: none"> 검색범위의 확장 회전제약 고려가능 연속 회전제약 발생시 정확한 경로 산출 불가능
수정 덩굴망 알고리즘	전전노드	<ul style="list-style-type: none"> 덩굴망과 유사 덩굴망 알고리즘의 검색 한계 극복
링크기반 알고리즘	전링크 (전전노드)	<ul style="list-style-type: none"> 노드가 아닌 링크를 기준으로 검색 수형망 알고리즘과 유사 개념상 덩굴망 알고리즘과 같은 검색범위 회전제약 고려가능

보행자는 통행에 있어서 차량과 같이 방향성에 제약을 받지 않지만, 공간 인지에 있어서 방향전환에 의한 인지거리의 변화를 겪게 된다. 이는 차량의 회전제한과 유사하며, 이를 판단하기 위해서는 전전노드까지의 검색범위를 갖을 필요가 있다. 또한 경로탐색 알고리즘을 수행하는데 있어서 그 경로가 정확할지라도 많은 시간이 소요된다면, 이는 하나의 시스템으로서의 역할을 수행할 수 없게 된다. 경로탐색 알고리즘이 갖추어야 하는 조건들을 기존에 알고리즘에 대입하여 적용가능성을 판단하면 다음 표 4와 같다.

<표 4> 경로탐색 알고리즘 적용 분석

알고리즘	링크DB 고려	방향전환 고려	알고리즘 처리속도	
			$O(x)$	$n=100$
수형망 알고리즘	0	X	$O(n^2)$	10^4
덩굴망 알고리즘	0	0	$O(n^3)$	10^6
수정 덩굴망 알고리즘	0	0		
링크기반 알고리즘	0	0	$O(l^2) = O(4(n - \sqrt{n}))$	1.296×10^7

분석결과 경로탐색 알고리즘으로는 링크기반 알고리즘을 활용하였다. 경로탐색시간을 더 감소시키기 위한 방법은 다음 장에서 추가로 고려한다.

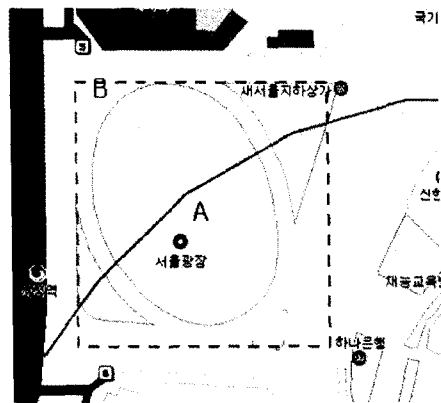
3. 네트워크의 구성

실제의 네트워크를 표현하는데 있어서 실제 경로를 점과 선만으로 표현하기는 힘들다. 또한 차량과는 달리 보행의 경우 면적인 공간이 존재할 수 있다. 또한 속도의 문제가 있을 수 있다. 보행로 특히나 상업가로의 경우 수많은 노드와 링크들이 존재하게 된다. 이들을 모두 표현하기 위해서는 다수의 노드와 링크가 필요하고 이는 알고리즘의 계산 과정을 증가시키게 된다. 때문에 이러한 상황들을 네트워크 차원에서 고려하고자 하였다.

(1) 면적인 요소의 네트워크 표현

기존의 교통 네트워크를 표현하는데 있어서 면적인 요소는 고려의 대상이 아니었다. 도로라는 것은 선적인 이동만으로도 표현이 가능하였고 GPS라는 위치정보 시스템 역시 넓은 오차의 범위를 갖고 있었기 때문에 선적인 표현만이 가능하였다. 하지만 유비쿼터스 기술은 이러한 한계를 극복할 것이라고 기대되고 있고, 보행자는 차량의 이동과는 달리 면적인 범위를 목적지로 선택할 수 있다. 이러한 경우는 그림 6에서와 같이 표현될 수 있다.

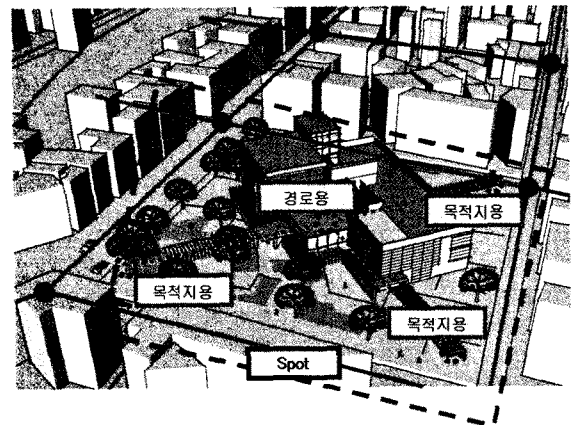
<그림 6> 면적인 표현의 필요성



위의 그림에서 A지점과 B지점은 모두 시정 앞 서울광장에 속한다. 보행자에게 경로안내를 하는 상황에서 목적지를 서울광장으로 선택한다면 어디에서 목적지에 도착했음을 알려야 하는지 생각해 볼 필요가 있다. 일반적으로 대표적인 지점을 선택한다면 A의 위치이지만 B의

위치도 서울광장이며 서울광장의 공간적 범위 안에 막 들어선 B지점에서 도착지에 왔음을 알리는 것이 적절할 것이다. 하지만 서울광장이 중간 경유지로서 선택이 되고 A가 그 최소의 경로에 속한다면 A를 지나야 할 것이다. 면적인 의미를 갖는 공간은 기존의 일반적인 노드 기법으로는 정확한 위치를 표시할 수 없으며, 이를 해결하기 위해서는 추가적인 노드와 좌표계가 사용되어야 할 필요가 있다. 이를 본 연구에서는 Spot이라는 명칭을 부여하여 사용한다. 이를 좀 더 구체화하여 표현하면 그림 7과 같다.

<그림 7> Spot의 개념 및 용도



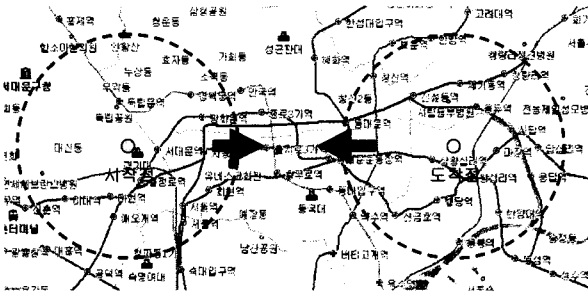
경로용 노드 및 링크는 Spot이 경유지로 이용될 때, 상세하고 정확한 경로를 표현하기 위한 용도이며 목적지용은 Spot의 다각형 꼭짓점을 이루는 노드 및 링크이다. 이것이 가능한 이유는 최적경로 및 최단경로의 노드는 꼭짓점으로 나타나기 때문에 이러한 표현이 가능하다.

(2) 속도 향상을 위한 네트워크 표현

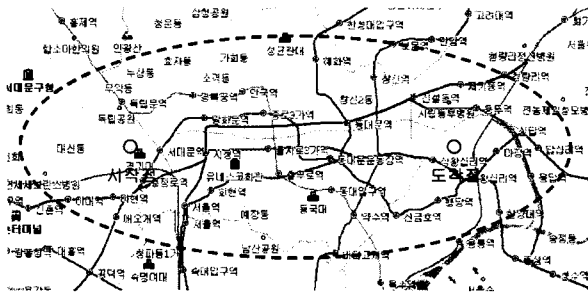
기존의 교통분야에서 사용하고 있는 경로탐색 기법의 속도향상 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 공간적인 검색 범위 제약방법이고, 둘째는 임의로 노드와 링크를 줄이는 방법이다. 공간적인 검색 범위의 제약은 양방향 탐색기법과 거리/시간제약 방법, 총 두 가지 방법으로 나뉘어진다. 양방향 탐색기법은 출발점과 도착점에서 동시에 검색을 시작하여 각 방향에서 탐색된 경로가 만나게 될 때, 이를 최적 경로로 도출한다. 거리에 의한 제약은 공간을 원형 및 다각형으로 잘라내어 한정된 링크와 노드만을 검색하는 방법이며 시간에 의한 제약은 출발점과 도착지의 거리를 기준으로 놓고

다른 방향으로 탐색되어 나가는 경로를 한계 시간에 의해 경로에서 제외시키는 방법이다. 이는 결국 공간적인 제약으로 나타나게 된다.

<그림 8> 양방향 탐색기법



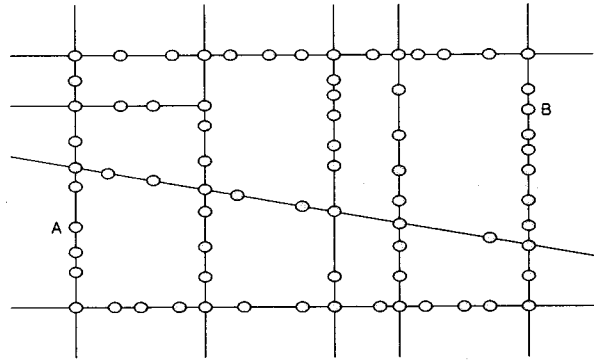
<그림 9> 시·공간적 제한 탐색기법



임의로 노드와 링크의 검색수를 제한하는 방법은 현재 상용화되어있는 시스템에서 주로 사용하고 있는 방법이다. 이를 위해서는 두 개 이상의 노드와 링크 레벨이 필요하다. 차량 운전자가 원하는 목적지와 출발지와의 거리가 일정 거리 이상으로 멀다면 레벨 1의 노드-링크레벨을 사용하고 목적지와 출발지와의 거리가 일정 거리 이하로 가깝다면 좀 더 상세하게 표현되어 있는 레벨 2의 노드-링크레벨을 사용하는 것이다. 이는 알고리즘에 따라 3번에서 그 이상의 검색이 반복되어야 할 필요가 있다. 혹은 이용자의 고속도로 및 유료도로의 사용여부를 체크하여 이를 네트워크에서 제거하는 방법을 사용하기도 한다. 하지만 이는 차량기준의 처리 방법이며 보행자의 다양한 인지특성을 반영하기 위하여서는 이를 그대로 사용할 수 없다. 때문에 유사하지만 다른 방법을 제시하고자 한다.

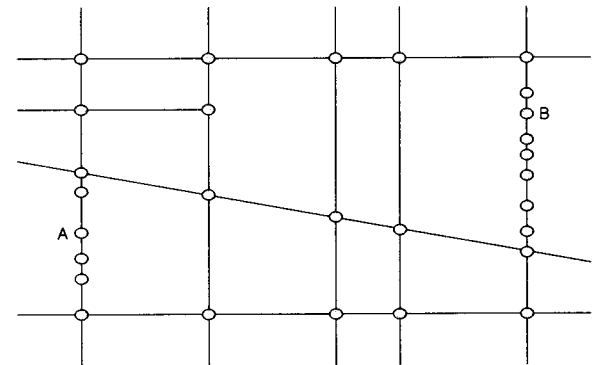
기존의 방법이 거리에 의해 기준으로 네트워크 레벨을 구분하여 검색영역을 제한하였다면 여기서는 네트워크의 사용여부를 이용하여 검색영역을 제한하고자 한다. 원래의 노드-링크는 다음 그림 10과 같다.

<그림 10> 원래의 가상 노드-링크 네트워크



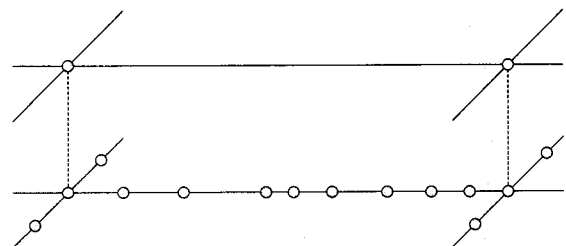
A노드에서 B노드로 경로탐색을 수행할 때, 실제로 경로탐색 알고리즘에서 필요시 되는 네트워크를 분류하면 다음 그림 11과 같다.

<그림 11> 실제 검색에 필요한 노드-링크 네트워크



실제로 검색에 필요한 네트워크 만을 구분하였을 때 실제로 알고리즘을 수행하지 않더라도 검색시간이 크게 감소할 수 있음을 쉽게 확인할 수 있다. 이를 적용하기 위해서는 간단히 출발지와 목적지가 포함되어있는 노드-링크를 치환함으로써 구현될 수 있다.

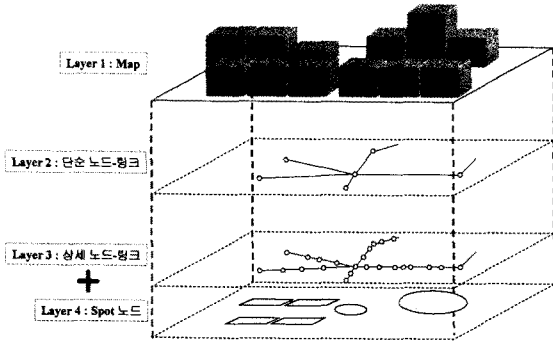
<그림 12> 검색 링크의 치환



(3) 최종 네트워크

앞서 고려된 여러 요소들을 결합하여 제시된 최종 네트워크는 다음 그림 13과 같다.

<그림 13> 최종 네트워크

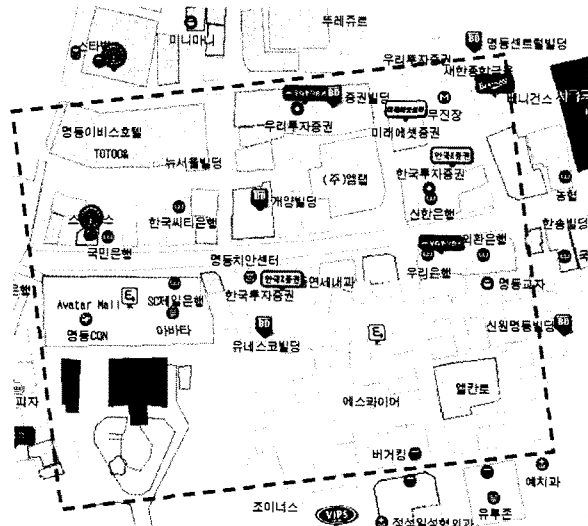


4. 시뮬레이션

보행인의 고려 여부 및 네트워크의 구현가능성을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 구성하였다. 이 때, 보행에 대한 통행비용을 산정하여야 하는데 이는 임의로 1차 방정식으로 구성하여 수행하였다. 이 비용을 산정하는 방법은 차후 연구로 미루어둔다.

상업가도가 활성화되어 있고 우리나라의 대표적인 쇼핑장소이기도 한 명동을 대상으로 하였다. 명동 중심지 가로를 중심으로 250m × 200m 정도의 범위를 선정하였다. 이 공간적 범위는 그림 14의 점선범위와 같다.

<그림 14> 가상 네트워크의 공간적 범위



이를 표현하기 위하여 DB를 구성하였다. DB에는 보행에 있어서 고려하여야 하는 요소들을 포함하였으며 이는 표 5, 표 6, 표 7과 같다.

<표 5> 노드 포함 정보

Parameter	설명	형태
Node_ID	노드의 고유ID	string
cor_X	x축 좌표	double
cor_Y	y축 좌표	double
Name	교차로 명	string

<표 6> 링크 포함 정보

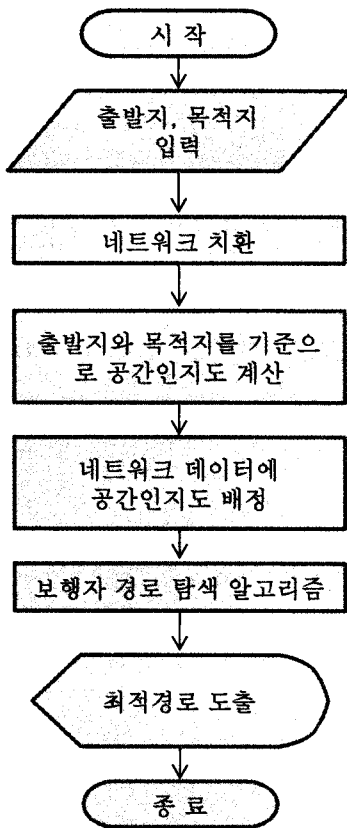
Parameter	설명	형태
Link_ID	링크의 고유ID	string
From_Node	시작 노드(연결)	string
To_Node	끝 노드(연결)	string
Landmark	랜드마크 여부	bool
가로수	가로수 상태	integer
벤치	쉬어갈 수 있는 곳	integer
간판	간판의 상태	integer
위생	위생도	integer
기타위험	기타위험	integer
불거리	이벤트 및 불거리	integer
차량	차량 혼재여부	bool
주차	차량 주차가능여부	bool
Cross_Link	교차되는 링크ID	string
Name	가로 명	string
Distance	링크의 거리	double

<표 7> Spot 포함 정보

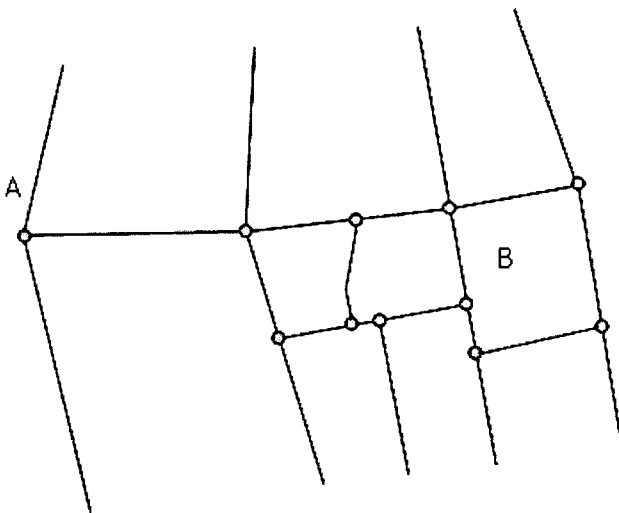
Parameter	설명	형태
Spot_ID	Spot의 고유ID	string
중앙_Node	Spot이 포함하는 Node의 ID(경로)	string
외각_Node	Spot이 포함하는 Node의 ID(목적지용)	string
Area_X1	공간적으로 사각형 왼쪽 위의 X좌표	double
Area_X2	왼쪽 위 Y좌표	double
Area_Y1	오른쪽 아래 X좌표	double
Area_Y2	오른쪽 아래 Y좌표	double
Name	Spot 명	string

이 때 이루어지는 프로세스의 과정을 순서대로 표현하면 그림 15와 같다.

<그림 15> 프로세스 순서도

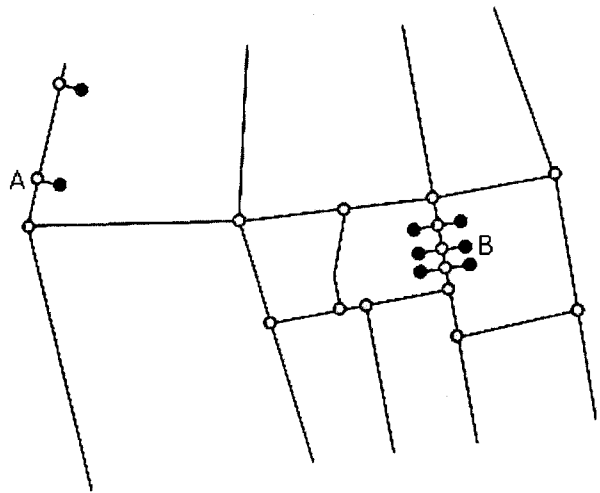


<그림 16> 시뮬레이션 대상지 단순 노드-링크 Layer의 표현



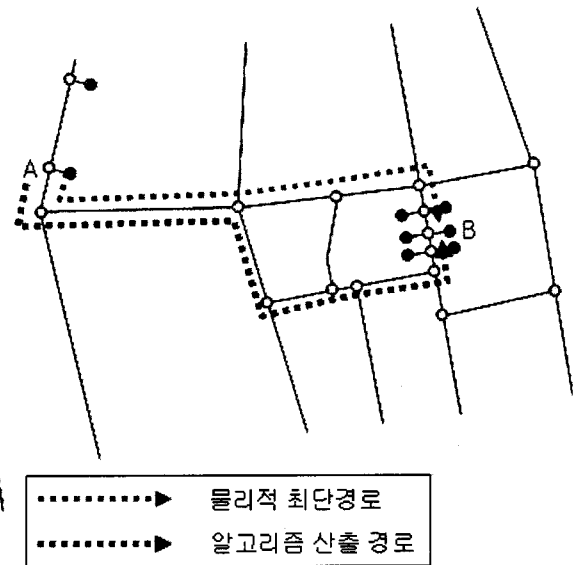
A가 목적지이고 B가 대상지라고 할 때, 치환에 의해 표현되어지는 노드-링크 네트워크는 다음 그림 17과 같이 표현된다.

<그림 17> 시뮬레이션 대상지 노드-링크 치환 결과



여기서 붉은 색으로 표시된 노드는 목적지 즉, 상업가로에서는 상점을 뜻한다. 이때, 상점과 가로 링크를 연결하는 링크는 더미링크이며 어떠한 통행비용 값을 갖지 않고 단순히 연결 링크로서만 사용되는 부분이다. 이를 탐색한 결과는 다음 그림 18과 같다.

<그림 18> 알고리즘 산출경로 결과



실제 명동에서 일어나고 있는 경로는 물리적 최단경로를 주로 사용하지만, 알고리즘에서는 다른 경로를 표시하고 있다. 이는 보차혼용이라는 부분에 통행비용을 많이 부여했기 때문에 나타난 결과로 보여지며, 이를 수정한 결과 물리적 최단경로와 같은 값을 표시하게 되었다. 통행비용에 관한 부분은 추후 연구될 필요가

있지만, 본 연구에서 제시한 방법이 예측된 보행 인지요소를 포함하여 경로를 산출하는데 무리가 없음을 확인하였다.

III. 결론

본 연구에서는 보행자의 경로탐색 서비스를 제공함에 있어서 고려되어야 하는 요소와 이를 적용하기 위한 네트워크의 형태를 제시하고자 하였다. 연구를 통하여 보행자에게 있어서 최적 경로 및 최단경로가 실제와의 차이가 있음을 확인하였고, 이를 반영하고자 노력하였다. 보행자에게 있어서 영향을 끼치는 요소로는 물리·환경적 요소 이외에도 방향전환 및 목적지의 인식에 따른 시야 및 접근성의 차이가 존재하였다. 이들을 반영하기 위해서는 기존의 알고리즘 및 네트워크 형태로는 한계가 존재하였기 때문에 이를 효율적으로 개선하는 방법을 강구하였다.

기존의 교통네트워크를 응용하여 보행자에게 적합한 네트워크를 제시하였고 시뮬레이션 결과, 제시된 요소들의 반영이 가능하였다. 수행되어진 시뮬레이션의 결과, 반영되어진 통행비용의 값이 적합하다는 가정 하에 최적의 경로를 산출하는데 성공하였다. 최근 유비쿼터스 시대의 도래와 더불어 보행자 개개인에게 의미있는 정보를 제공하기 위한 콘텐츠가 개발되고 있어 본 연구가 의미를 가질 수 있을 것이라고 생각되며, 다양한 부가가치의 창출에도 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgment

본 연구는 '서울시 산학연 협력사업, 서울시 정개발연구원(2005~2006)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. 서준원, 안건혁(2001), 상업가로의 활동 특성에 따른 가로환경 요소에 대한 연구, 한국도시설계학회, 추계학술발표대회 논문집, pp.94~102.
2. 윤희진, 우희집(2001), 도심상업지역에 있어서의 보행환경에 따른 보행인의 인지특성분석, 대한국토·도시계획학회, 추계학술대회 논문집,

pp.797~808.

3. 윤용우, 김영옥, 박영기(2005), 물리적인 거리와 공간깊이가 공간인식에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회, 대한건축학회논문집 199호, pp.77~84.
4. 김영옥(2000), 공간형태와 공간인식의 상호관련성 연구, 대한건축학회, 대한건축학회논문집 144호, pp.37~44.
5. 양동양(1988), 도시 주거단지계획, 기문당
6. 최재필, 구본옥(2001), 도시 가로의 물리적 배치에 따른 상업 시설의 생성과 확산에 관한 연구, 대한건축학회, 대한건축학회논문집 152호, pp.127~136.
7. 문태현, 한수철, 성한옥, 정경석(2006), 대학촌 가로의 보행환경 개선을 위한 보행자 멀티 에이전트 모델링, 한국지리정보학회, 한국지리정보학회지 9권 2호, pp.194~205.
8. 임강원, 임용택(2003), "교통망 분석론", 서울대 출판부.
9. 김익기(1998), "ATIS를 위한 수정형 덩굴망 최단경로 탐색 알고리즘의 개발", 대한교통학회지 16권 2호, pp.157~167.
10. 이승환, 최기주, 김원길(1996), "도시부 ATIS 효율적 적용을 위한 탐색영역기법 및 양방향 탐색 알고리즘의 구현", 대한교통학회지, 14권 3호, pp.45~59.
11. 최기주, 장원재(1998), "복합 교통망에서의 최적경로산정 모형개발", 대한교통학회지, 16권 4호, pp.135~145.
12. Michael Batty와 2인(1998), Local Movement: Agent-Based Models of Pedestrian Flow, CASA.
13. Thorsten Schelhorn와 3인(1999), Streets: An Agent-Based Pedestrian model, CASA.
14. Michael Batty(2002), Agent-Based Pedestrian Modeling, CASA.