재해정보를 이용한 우회경로 및 대피경로 안내시스템 개발*

권원석¹ · 김창수² · 김영섭¹※

Development of Detour Route and Evacuation Route Guidance System Using Disaster Information*

Won-Seok KWON¹ · Chang-Soo KIM² · Young-Seup KIM¹※

123

요 약

매년 집중호우로 인해 침수 및 산사태와 같은 자연재해발생으로 인명 및 재산피해 발생이 증가하며 더불어 도로 침수로 인해 교통 혼잡과 고립을 유발하고 있다. 재해가 발생 하였을 때 사전에 정보제공이 부족할 시 해당 지역으로 진입을 통해 2차적인 피해를 입게 되며 혼란을 야기시킨다. 이러한 추가적인 피해를 예방하기 위하여 본 연구에서는 관리자가 재해지역 입력 시 해당지역으로의 우회경로가 표출되어 재해지역내에서 각 노드까지의 대피경로가 분석되는 스마트폰 애플리케이션을 이용하여 사용자가 제공받을 수 있는 시스템을 구현하였다.

주요어 : 우회경로, 대피경로, 재해지도, 스마트폰, 네트워크 분석

ABSTRACT

Life and Property damage has increased during traffic congestion and isolation because natural disasters such as flood and landslide have occurred every year. When disaster occurs, if there is insufficient information in advance when entering the flooding areas which subsequently cause confusion. In this paper, we developed the system that could provide display of detour route using disaster information and evacuation route in disaster areas. User will receive result of analysis using smart phone application to prevent additional damages when disaster areas were entered by manager.

2011년 11월 2일 접수 Received on November 2, 2011 / 2011년 12월 19일 수정 Revised on December 19, 2011 / 2012년 1월 23일 심사완료 Accepted on January 23, 2012

* 이 논문은 국토해양부 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

1 부경대학교 공간정보시스템공학과 Dept. of Spatial Information Engineering, Pukyong National University

2 부경대학교 IT융합응용공학과 Dept. of IT Convergence and Application Engineering, Pukyong National University

※ 연락저자 E-mail : kimys@pknu.ac.kr

KEYWORDS : *Detour Route, Evacuation Route, Disaster Map, Smart Phone, Network Analysis*

관련연구

서 론

매년 여름마다 태풍과 집중호우와 같은 자연재해로 인해 인명 피해 및 재산피해 등 상당한 규모의 피해가 발생한다. 이러한 자연재해로부터 발생하는 피해를 예측하고 절감하기 위하여 IT, 토목, 환경, 공간정보 등 다른 학문과의 융합을 통해 자연재해 예방에 관한 기술이 날로 발달해져 가고 있으며 이에 따라 재해관리시스템에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 각 지자체에서 이러한 자연재해 피해절감 및 관리를 위한 재해관리시스템 구축을 하고 있다. 자연재해에 의한 피해는 인명 및 재산 뿐 만 아니라 교통에 있어서도 막대한 영향을 준다. 집중호우로 도로 곳곳에서 침수가 발생하거나 산사태로 인해 도로 파손되어지면 도로정체 및 고립과 같은 피해가 발생한다. 도로 공간에서의 재난 발생은 한 지점에서 발생하더라도 추후 교통망 전체로 확산되는 특징을 가지고 있다(손영태, 2009). 따라서 재해발생정보를 인지하지 못한 운전자들은 재해발생지역으로 진입을 통해 추가적인 교통 혼잡 피해를 발생시키게 되며 그 피해는 점차적으로 확산된다. 이러한 피해를 줄이기 위해선 사전에 재해발생에 대한 정보와 해당지역으로의 우회경로가 같이 제공되어야 하며 재해 발생지역에 고립된 피해자들에게 신속히 대피할 수 있는 경로가 제공되어야 할 필요성이 있다.

따라서 본 연구는 재해 발생 시 교통에서의 추가적인 피해를 줄이기 위해 재해 발생정보와 우회경로를 제공하며 재해 발생 지점에서의 혼잡한 교통을 분산시키기 위해 대피경로를 안내할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다.

자연재해 이력데이터 관리를 위하여 부산시 지도를 이용하여 풍수해 피해이력 공간데이터베이스 구축과정을 제시하고 피해이력을 관리할 수 있는 재해관리시스템을 개발하였으며(Jeon et al., 2010) UIS를 기반으로 SWMM을 이용한 도시침수 관리 시스템은 범람 영역을 지도 표출 할 수 있게 해준다(김기욱 등, 2008). 기존 시스템은 기존 문서화된 재해대장을 GIS기반에서 관리할 수 있게 제시하였으며 도시침수분석을 통하여 범람영역을 지도상에 표출할 수 있었다. 또한 2011년 서울에서 발생한 침수 피해로 네티즌에 의해 폭우 피해 지도를 만들어 다음 아고라에서 서비스 되어졌다. 이러한 지도서비스는 피해지역에 대해 위치와 사진으로 정보를 제공함으로써 사용자들은 위험 정보를 파악할 수 있었다. 앞서 연구된 시스템을 통하여 얻게 되는 범람영역이나 위험지역정보는 도로교통망에서 재난발생 시 나뉘지는 재난발생지역, 재난영향지역, 재난안전지역과 같은(강연수 등, 2008) 각 지역에 따라 사용자들에게 경로 선택 시 고려될 수 있다면 보다 더 유용한 정보가 될 수 있다. 그리고 자연재해 종류의 입력과 손실 최소화 모형 등 여러 모형에 따른 경로산출이 가능한 시스템을 개발하여 각 모형에 기반 하여 재해지역에서의 노드로의 대피경로를 분석 가능하였다(이상건 등, 2005). 테러발생이라는 시나리오에 따라 대피 및 우회차량 경로제공 알고리즘을 개발하였으며 운전자가 출발 전에 미리 경로를 안내받는 경우와 주행 중인 경우에 경로를 안내받는 경우를 가정하여 분석하였다(양충현 등, 2009). 최근 엔 스마트폰 보급으로 인해 활용도가 높아졌으며 스마트폰 애플리케이션을 통하여 대피경로 제공시 보다 더 효율적이라고 생각한다.

우회경로 및 대피경로 안내 시스템 설계

1. 전체 시스템 설계

본 시스템은 크게 서버와 클라이언트로 구성되어 있다. 그림 1에서 처럼 사용자는 클라이언트 애플리케이션을 통해 서버의 데이터에 접근하게 되며 서버에서는 사용자의 요청된 정보를 바탕으로 처리결과를 전송해 준다. 그리고 스마트폰 애플리케이션을 통해 재해정보와 경로 안내 서비스를 받기 위하여 공간데이터베이스를 WMS(Web Map Service)로 생성해주어야 하며 WMS를 생성하기 위해 맵서버를 사용한다. 그리고 생성된 WMS는 스마트폰 애플리케이션을 통해 서비스 된다. 각 서버와 클라이언트 시스템을 개발하기 위한 환경으로 표 1과 같다.

2. 데이터 구축

시스템 개발에 사용된 데이터는 건물, 행정구역도, 도로와 같은 기본도와 재해정보 그리고 네트워크 분석 시 필요한 네트워크 데이터셋, 그리고 재해 정보로써 부산시 재해이력 데이터와 재해위험지구 데이터로 구성되어 있다(부산광역시, 2009). 네트워크 데이터셋이란 ArcGIS Network Analysis기능을 사용하기 위한 데이터로써 경로탐색, 서비스지역, O/D Matrix 등의 분석에 사용되는 데이터셋으로써 도시 내 도로망을 기반으로 생성한다. 본 연구에선 부산시 도로 중심선을 이용하여 네트워크 데이터셋을 생성하였다. 네트워크

데이터셋을 생성하기 이전에 도로 중심선의 시간, 거리, 속도, 도로계층 값의 속성정보를 추가하였다.

3. 시스템 모듈 구성

본 시스템의 모듈 구성은 크게 데이터베이스 관리 모듈과 공간데이터베이스 처리 모듈로 나뉘진다. 우선 데이터베이스 관리 모듈은 데이터베이스 접근, 수정 및 삽입에 관한 기능을 가지고 있으며 클라이언트에서 데이터베이스 서버에 접근하기 위하여 ADO.NET을 이용하였다. 데이터베이스 조회, 입력, 수정을 위하여 클라이언트 내부에서 SQL을 사용하여 값을 호출하는 방법과 PL/SQL을 사용하여 데이터베이스 서버에 프로시저를 생성하여 클라이언트에서 변수만 전송하여 서버 내에서 처리하여 결과 값을 받을 수 있도록 하였다(김기욱과 김창수, 2010).

다음으로 공간데이터베이스 처리 모듈은 경로 분석, 공간데이터베이스 입력, 공간연산을 하기 위한 모듈로 나뉘어져 있다. 경로 분석은 ArcGIS Network Analysis 9.3 에서 제공하는 라이브러리를 이용하여 구현하였으며 공간데이터베이스 입력은 ArcGIS Engine 9.3에서 제공하는 툴을 이용한 방법과 ArcObjects 인터페이스를 이용하여 구현하였다. 그리고 공간 객체의 위상관계를 연산하기 위하여 ArcSDE 9.3 에서 제공하는 공간쿼리를 사용하였다(ESRI, 2010).

4. 모바일 애플리케이션 구성

TABLE 1. 시스템 개발환경

시스템	종 류	소프트웨어
서버	O/S	Windows Server 2008
	DBMS	Oracle 10g
	공간데이터베이스 미들웨어	ArcSDE 9.3
	맵 서버	ArcGIS Server 9.3
클라이언트	언어	C# .Net Framework 3.5
	GIS 엔진	ArcGIS SDK 9.3
	모바일 애플리케이션 O/s	WindowsPhone 7 SDK

FIGURE 1. 시스템 구성

앞서 설계된 C/S기반의 시스템에서 분석된 결과를 일반 사용자에게 경로서비스를 위하여 윈도우폰7기반의 ArcGIS Mobile API를 이용하여 구현하였다. 공간데이터베이스를 모바일 또는 웹 상에서 표출하기 위하여 WMS(Web Map Service), WFS(Web Feature Service)와 같은 포맷으로 변경시켜 줘야 하므로 WMS 형태로 생성하여 애플리케이션내의 지도화면에서 구축한 공간데이터베이스를 표출할 수 있도록 하였다(Niko, et al., 2011).

우회경로 및 대피경로 안내 시스템 개발

1. 시스템 기본 화면 구성

그림 2에서 본 연구에서 개발한 시스템의 왼쪽 부분은 속성 정보 검색을 위한 조건입력과 검색 결과의 출력을 위한 창이며 오른쪽은 지도화면 및 지도 컨트롤을 위한 툴바로 구성되어 있다. 먼저 툴바는 ArcGIS Engine 9.3에서 제공하는 기본 툴로써 데이터 불러오기, 지도 축소 또는 이동과 같은 컨트롤, 공간 데

이터베이스 편집으로 구성되어 있다. 사용자는 재해공간을 직접 그리며 재해정보 누적을 위해서 해당 재해공간의 발생일시, 위치 등과 같은 속성정보를 저장할 수 있다. 재해정보검색 버튼을 클릭 하였을 시 재해이력정보 검색을 위한 상세 조건창이 나오며 사용자가 요청하는 조건에 따라 재해이력을 검색 할 수 있다.

2. 우회경로 분석

Dijkstra 알고리즘을 사용하는 ArcGIS Network Analysis는 사용자의 출발지와 목적지가 입력되어지면 그림 3의 ①과 같이 경로가 도출된다. 이때 ②와 같이 장애 지점을 입력되었을 경우 해당링크로 더 이상 진입이 되지 않게 우회경로를 찾아주게 된다. 하지만 ③과 같이 재해공간이 입력되었을 경우 하나의 장애 지점으로는 해당 재해지역으로의 우회경로를 찾지 못하기 때문에 본 연구에서는 ④과 같이 재해공간 입력 시 입력된 재해공간과 접해있는 링크의 교차점을 찾아 장애지점으로 입력받게 되며 사용자에게 의해 입력된 정보에 따라 우회경로를 찾아주게 된다.

사용자는 우회경로 탭에서 기존 출발지와

FIGURE 2. 시스템 기본 화면 구성

목적지를 입력하여 경로를 분석 할 수 있다. 우회경로 분석 시 시스템 화면 왼쪽 부분에서 재해고려라는 박스 안에서 원하는 정보들을 체크하고 경로탐색을 클릭하면 된다. 재해고려 박스 안에 현재입력정보, 재해위험지구, 재해이력정보, 스마트폰 위치를 고려할 수 있다.

현재입력정보는 관리자에 의해 실시간으로 입력 받는 정보, 스마트폰위치는 스마트폰 애플리케이션을 통하여 전송받은 데이터들을 고려하게 된다. 시스템 테스트를 위하여 표 2에서처럼 각 위치에서 경로를 분석하였으며 재해위험지구를 고려하였을 때의 우회경로와 비교

FIGURE 3. 네트워크 분석 경로 탐색 및 우회경로 탐색

하였다. 롯데백화점에서 문현성당까지 최단경로와 우회경로를 비교하였을 때 그림 4에서 처럼 기존 경로가 약 3.51km로 나왔으며 재해위험지구를 고려하였을 땐 약 3.53km인 경로가 도출 되었다. 이동 경로에 큰 차이는 없었지만 해당위험지구는 우회 할 수 있었다. 이와 같이 표 2에서 1~3번까지 경로에서는 재해위험지구의 범위가 크지 않거나 주변에 많은 도로가 연결되어 있어 최단경로와 우회경로의 총 이동거리가 얼마 차이 나지 않는다. 하지만 동백사거리에서 중동사거리까지의 경

로는 재해위험지구의 범위가 모든 도로를 포함하고 있어 반대로 우회해서 가기 때문에 총 이동거리가 크게 증가하였다. 5~6번의 경로는 산사태위험지구를 고려하였을 때의 경로로써 각각 터널을 통과하여 지나가는 하나의 경로 외에는 다른 경로가 없기 때문에 다른 지역에 비해서 최단경로와 우회경로의 총 이동거리의 차가 크게 발생했다.

3. 대피경로 분석

재해발생지역 범위 내의 노드는 차량과 보

FIGURE 4. 기존 경로 및 우회경로 비교

TABLE 2. 경로분석 결과

No	출발지	목적지	최단경로	우회경로	재해위험지구
1	롯데백화점	문현성당	0.42 km	0.58 km	침수
2	도방오거리	대남교차로	2.54 km	2.63 km	침수
3	망미삼거리	부경대학교 대연캠퍼스	4.27 km	4.36 km	침수
4	동백사거리	중동사거리	1.79 km	5.36 km	침수
5	신모라사거리	개금주공아파트사거리	5.18 km	7.26 km	산사태
6	세원사거리	구덕사거리	4.51 km	10.94 km	산사태

FIGURE 5. 재해지역내에서의 대피경로 분석

행 교통의 혼재로 그 기능을 수행하기 어렵기 때문에(강영수 등, 2008) 재해발생지역 밖의 노드를 찾고 안내되어야 한다. 이 때 노드는 해당지역에서 빠져 나갈 수 있는 교차로로 설정하였다. 본 시스템에서 재해공간을 입력 후 반경검색 결과 재해발생지역을 제외한 노드가

검색되며 시스템 왼쪽 검색창 하단에 재해공간으로부터 반경검색을 통해 검색된 결과를 확인할 수 있다. 검색된 노드의 위치를 파악 후 선택하여 경로를 분석하게 된다. 남구 대연동 부근에서 재난이 발생했다는 가정 하에 사용자는 먼저 재해 발생위치를 입력하기 위

FIGURE 6. 윈도우폰7 애플리케이션

하여 행정구역검색을 통해 남구 대연동을 선택 후 해당지역으로 이동하게 된다. 이동 후 주변 1km 반경을 검색하게 된다. 검색 결과 대천사거리, 용소삼거리, 못골사거리, UN교차로 총 4개의 노드가 검색되며 체크박스에서 각 노드를 선택 후 경로를 분석하게 된다. 그림 5에서 처럼 남구 대연동 대연초등학교 부근 재해지역내에서의 각 노드까지의 경로가 분석된다.

4. 스마트폰 애플리케이션

재해가 발생한 상황일 때 재해발생 지역 내에 존재하는 운전자는 현재 위치에서 근처 교차로까지 대피하기 위하여 스마트폰 애플리케이션을 통하여 경로를 안내 받을 수 있다. 앞서 개발된 C/S기반의 시스템에서 관리자는 재해공간을 입력 후 해당지역에서의 대피경로를 분석할 수 있으며 분석된 결과를 애플리케이션으로 전송하게 된다(그림 6). 운전자는 현재 고립된 재해지역에서 주변에 대피 가능한 교차로와 각 경로를 안내 받을 수 있게 된다.

결 론

본 논문에서는 최근 해마다 빈번히 발생하는 도로 침수에 대하여 차량 고립과 혼잡을 예방 또는 대응하기 위하여 침수와 같은 재해지역으로 우회경로와 대피경로를 안내하기 위한 GIS기반의 프로토타입 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템을 테스트하기 위하여 기존의 경로 분석과 재해위험지구를 고려하였을 때 우회경로 분석 그리고 재해지역내에서의 대피경로를 분석하였다. 그리고 분석된 결과를 스마트폰으로 제공할 수 있도록 애플리케이션을 개발하였다. 기존의 재해관리시스템에서는 재해이력 또는 재해위험지역에 대한 정보들을 구축하고 제공하여 예방 및 대응을 위해 재해관리에 이용되어 왔었다. 본 연구에서 개발한 프로토타입 시스템은 재해정보제공에만 그치는 것이 아니라 관리자에 의해 입력받

은 재해정보 데이터를 활용하여 우회경로, 대피경로 분석과 이를 스마트폰 애플리케이션을 통하여 서비스함으로써 보다 유용하고 효율적인 정보 제공이 될 것 이라 생각한다. 하지만 본 연구에서 제시한 재해정보 입력은 관리자에 의해 직접 입력해야 되므로 실시간으로 정보가 제공되지 못한다. 재해정보를 실시간으로 수집하기 위한 방법으로 최근 SNS또는 스마트폰 애플리케이션을 이용한 정보수집방법이 있다. 이러한 수집방법을 활용하여 실시간으로 재해지역을 구축한다면 보다 더 효율적인 거라 생각하며 침수모델과 같은 시뮬레이션을 사용하여 강수량에 따라 사전에 위험지역을 예측한다면 재해예방 단계에서 보다 더 효율적으로 교통관리가 이루어져 재해지역에서의 추가적인 교통 혼잡과 고립과 같은 피해가 줄어 들 것이다. 그리고 이러한 정보들을 구축하여 추후 잠재적인 위험구간에 대해서 지속적인 관리를 할 수 있을 것이다. **KAGIS**

참고문헌

- 강연수, 강경표, 최정민, 김범일, 김현미. 2008. 재난대응 첨단교통관리체계 구축방안 연구. 한국교통연구원.
- 김기욱, 김창수. 2010. 공간DB 기반의 강우-유출 모의를 위한 데이터 모델 설계. 한국지리정보학회지 13(4):1-11.
- 김기욱, 이정은, 황현숙, 김창수. 2008. UIS기반 홍수관리 시뮬레이션을 위한 입력 데이터 자동 생성 시스템 개발. 멀티미디어학회논문지 11(2):247-256.
- 부산광역시. 2009. 부산시 풍수해 저감특성조사 및 피해영향분석 연구용역 최종보고서.
- 손영태. 2009. 지역 특성을 고려한 교통방재시스템 구축 및 활용에 관한 연구. 한국도로학회 논문집 11(1):217-231.
- 손유진, 배상훈. 2010. AHP 기법을 활용한 위

- 험물 수송의 최적경로 산정. 한국지리정보학회지 13(4):67-77.
- 이상건, 김호정, 오성호, 정선영. 2005. 국가 기간교통망의 유고 대응전략 연구 - 도로 재난 관리시스템을 중심으로 -. 국토연구원.
- 이성규, 김영섭, 서용철. 2010. 개별 여행자를 위한 관광 순회 일정 안내 방법에 관한 연구 - 부산광역시를 사례지역으로 -. 한국지리정보학회지 13(2):133-145.
- 양충현, 손영태, 양인철, 김현명. 2009. 재난·재해시 대피 및 우회차량 경로 제공 알고리즘 개발. 한국도로학회 논문집 11(3):129-139.
- 황현숙, 최은혜, 김창수. 2011. 지리정보시스템을 활용한 재난피해자 관리시스템. 한국지리정보학회지 14(1):59-72.
- ESRI. 2010. ESRI Course Data for Introduction to Programming ArcObjects Using the Microsoft. NET Framework (IPAN) 1.0.
- Jeon, T.G., H.S. Hwang and C.S. Kim. 2010. A UIS-based system development to express the damage history information of natural disasters. Journal of Korea Multimedia Society 13(12): 1739-1747.
- Niko, D.L., H.S. Hwang, Y.G. Lee and C.S. Kim. 2011. Integrating user-generated content and spatial data into web GIS for disaster history. In: Roger Lee(ed.) Computers, Networks, Systems, and Industrial Engineering Studies in Computational Intelligence. Springer, Berlin, pp.245-255. KAGIS