

GIS를 이용한 효율적인 가스사고관리 방법에 관한 연구

GIS based Effective Methodology for GAS Accident Management

*김태일¹⁾ · 김계현²⁾ · 전방진³⁾ · 곽태식⁴⁾

*Kim, Taeil¹⁾ · Kim, Kye Hyun²⁾ · Jeon, Bangjin³⁾ · Kwak, Taesik⁴⁾

¹⁾인하대학교 지리정보공학과 석사과정 · pooh-taeil@hanmail.net

²⁾인하대학교 지리정보공학과 부교수 · kye Hyun@inha.ac.kr

³⁾인하대학교 지리정보공학과 박사과정 · metalhv@hanmail.net

⁴⁾인하대학교 지리정보공학과 박사과정 · tskwak@handong.edu

要 旨

최근 급속한 도시의 팽창과 산업의 발전으로 인하여 가스시설은 급속히 확대되고 있는 실정이다. 이러한 가스시설물의 중요성을 인식하고 많은 도시가스업체에서는 가스관망 시설정보를 전산화하여 항상 최신의 현황을 유지할 수 있는 가스시설물관리시스템을 개발하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 시스템은 가스시설물의 현황 파악 및 유지관리를 위한 기본적인 기능만을 제공하는 관계로, 가스 누출 사고 발생시 정확한 사태의 파악과 함께 신속한 대책 마련을 위한 의사결정 지원이 어려운 실정이다. 따라서 체계적인 가스사고관리를 수행할 수 있는 응용시스템의 필요성이 증대되고 있다.

이러한 시점에서 본 연구에서는 가스사고분석을 신속하고 체계적으로 수행할 수 있는 가스사고관리 적용알고리즘 분석 및 최적의 알고리즘을 정립하여 가스사고관리시스템을 구현하였다. 본 연구를 통한 결과는 1·2차 차단밸브의 산정이 가능해짐으로써 빈번한 가스 누출사고 발생시 실시간으로 적정대처방안의 제시가 가능하게 되었다. 또한, 누출최대가스량을 제시함으로써 누출에 대한 피해예상 분석을 위한 정보 제공 및 가스의 신속한 재공급을 위해 필요한 의사결정 지원 정보의 제공이 가능하게 되었다. 아울러, 가스누출사고에 의한 가스공급중단 관로 및 수용가에 대한 속성현황의 파악은 물론 시각적인 도식을 통한 전체적 현황파악이 가능하였다. 이러한 가스사고관리시스템의 개발을 통하여 사고 발생시 신속한 사고방안 제시 및 사고피해의 최소화를 위해 필요한 의사결정 지원 정보의 제공이 가능하게 됨으로써 국민의 안전 및 복지와 도시가스업체의 업무 효율화로 인한 예산절감 효과를 기대할 수 있다.

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

현대사회는 도로, 상·하수도, 가스, 전기

통신, 송유시설 등 여러 가지 사회기반시설로 구성되어있다. 그중에서도 가스시설은 가정의 난방과 건물의 냉·난방 및 산업의 연료로 사용되는 천연가스를 공급하는 시설로서, 다른 연료와는 달리 대기오염을 방지하고 맑고 쾌적한 생활환경을 제공하여 지

구환경을 보존하는데 이바지하고 있다(서울도 시가스, 1996). 이러한 가스시설은 신도시 개발에 따른 지속적인 도시의 팽창 및 산업의 발전으로 인하여 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 한 예로, 1989년에 전체가구수의 39%가 도시가스를 사용하였으나 2002년에는 전체가구의 63%이상이 도시가스를 사용하고 있다.

최근 많은 도시가스업체에서는 방대한 가스시설물을 효율적으로 관리할 수 있는 가스시설물관리시스템 개발의 필요성을 인식하여 기존에 수작업으로 관리되고 있는 시설정보를 전산화하고, 최근 활발한 기술의 발전을 보이는 GIS를 도입하여 항상 최신의 현황을 유지할 수 있는 가스시설물관리시스템을 구축하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 시스템은 가스시설물의 유지관리 및 현황파악을 위한 기본적인 기능만을 제공하고 있으므로 가스사고 발생시 신속한 사고분석을 수행할 수가 없다.

이러한 시점에서 가스시설물의 유지관리 뿐만 아니라 사고예방과 사고 발생시 신속한 대처방안 제시 및 피해를 최소화 할 수 있는 응용시스템 개발에 대한 필요성이 증대되고 있다.

1.2 연구목적

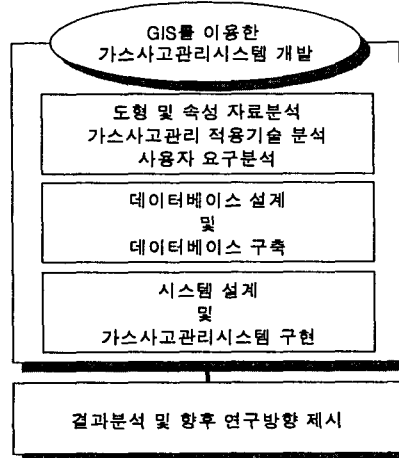
본 연구의 주요 목적은 가스업체의 실무자와 면담을 통하여 사용자 요구분석을 실시하고 가스사고관리 관련 알고리즘을 정립하여 가스사고관리시스템을 구현하는 것이다.

세부적으로는 GIS 및 가스관련 적용기술 분석과 관련 연구사례 및 문헌분석을 통한 적합한 알고리즘 정립, 가스업체들의 사용자 요구분석, 데이터베이스 설계, 시스템설계, 기능설계, 시스템 구현 등을 포함하고 있다.

2. 연구방법

2.1 연구 절차

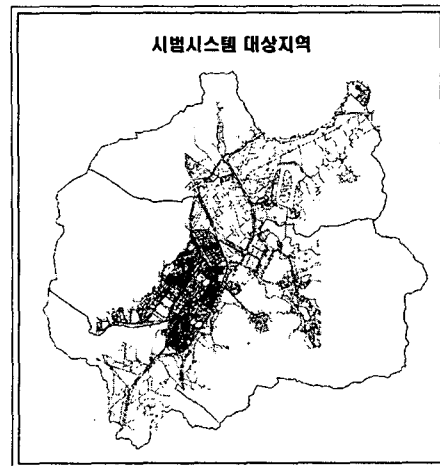
본 연구에서는 연구 대상지역에 관한 자료를 분석, 설계 및 구축하고 효율적 가스사고관리를 수행할 수 있는 시스템 개발에 대하여 연구 하였다. 본 연구의 전체 수행과정은 그림 1과 같다.



[그림 1] 연구 수행과정

2.2 연구 대상 지역

가스사고관리시스템의 개발을 위한 본 연구의 대상지역은 경기도 과천시 시가화 지역 21.25km²이며 이 지역은 1:1,000 수치지도 60도엽에 해당하는 지역으로 과천시 전체 행정구역 35.8km²의 60%에 달한다. 아래의 그림 2는 대상지역인 과천시 지역의 현황을 나타내고 있다.



[그림 2] 가스사고분석을 위한 시범시스템 대상지역

2.3 사고관리 적용기술 분석

가스와 같이 취급에 안전을 요하는 물질에 있어서 가장 중요시되는 것은 사고 발생시 사고지점에 대한 정보의 추출과 사고에 대한 신속한 대응방안의 제시, 그리고 피해범위를 산정하는 것이다. 사고지점에 대한 정보와 사고에 대한 신속한 대응을 위해서 GIS의 분석기법 중 네트워크 분석을 통해 가스사고에 대응할 수 있는 가스사고관리시스템을 구현하였다.

2.3.1 네트워크(Network)분석

관망이란 상호 연결된 선형의 객체가 형성하는 일정 패턴이나 프레임을 의미한다. 관망은 일반적으로 하나의 지점에서 다른 지점으로의 자원이 이동하는 경우에 사용되는 경로를 정의하는 것으로서 도시의 도로망이나 항공노선, 하천의 흐름, 상·하수도 등은 관망의 대표적인 예이다. 이러한 네트워크분석을 위해서는 절점(node)의 고유한 정보와 절점과 절점과의 정보가 필요하다. 아울러 관망분석시 고려되어야 할 거리나 시간 등의 정보가 포함되어야 하며 이것을 임계치(impedance)라 한다(김계현, 2000).

본 연구에서 가스사고관리시스템 구현을 위해 사용한 네트워크 분석 기술은 추적(tracing)기법으로써 이를 통해 관망상의 한 위치가 다른 위치와 연결되어 있는지의 여부를 결정할 수 있다.

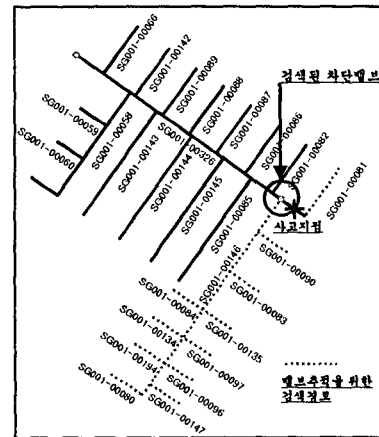
(1) 추적기법을 이용한 사고분석 알고리즘

본 연구에서는 추적기법을 이용하여 차단밸브 검색, 공급중단관로 검색, 공급중단수용가 검색이 가능하게 되었다. 사고분석을 위하여 경기도 과천시 별양동 지역의 가스관망을 샘플로 추출하였다.

1) 1차 차단밸브 검색 알고리즘

1차 차단밸브 검색은 각 가스관과 밸브의 연관 관계를 바탕으로 분석을 수행한다. 우선 사고 발생 지점의 정보를 입력받아 가스관 테이블의 시작노드(FNODE)와 종점노드(TNODE)에 관련된 연결정보를 가지고 누기된 지점에서부터 양 쪽방향으로 관의 탐색을 수행한다. 탐색 수행시 가스밸브와 가스관 절점의 위치가 일치하면 그 밸브를 차단밸브로 지정한다. 탐색이 종료될 때까지 이 과정을 반복하면서 검색을 수행한다.

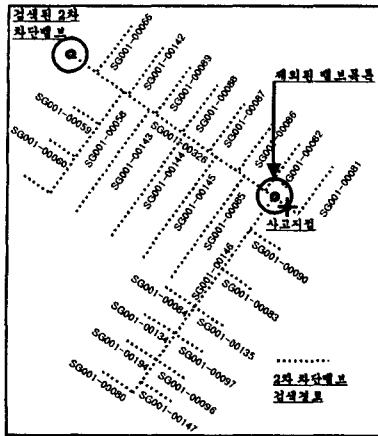
아래의 그림 3은 차단밸브 검색 결과를 보여주고 있으며 ×로 표시된 부분이 사고발생지점, 실선으로 표시한 부분이 밸브의 탐색경로이다. 차단밸브의 결과는 아래의 그림 ○로 표시된 부분이다.



[그림 3] 1차 차단밸브 검색 결과

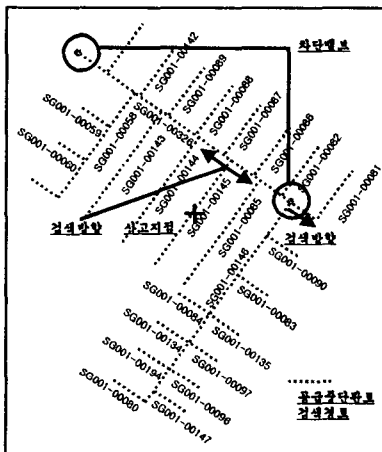
2) 2차 차단밸브 검색 알고리즘

2차 차단밸브는 1차 차단밸브 검색에 의해 산정된 밸브를 차단할 수 없을 경우 차단밸브를 재산정하는 과정으로 1차 차단밸브 목록을 고려하지 않고 범위를 넓혀 탐색을 수행하게 된다. 그림 4는 2차 차단밸브의 검색 결과를 보여주고 있다.



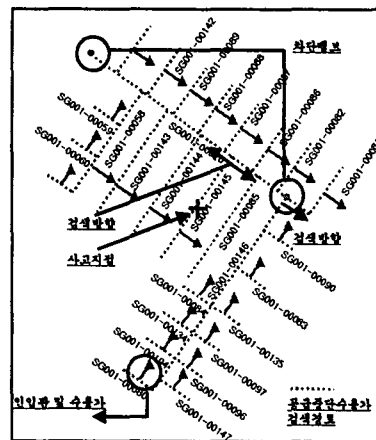
[그림 4] 2차 차단밸브 검색 결과

3) 추적기법을 이용한 공급중단관로 검색 알고리즘 밸브를 차단시키면 공급이 중단되는 관로를 산정해야 한다. 공급중단관로는 사고지점을 기준으로 양쪽 방향으로 탐색을 수행하게 되는데 시작노드(FNODE)에서 종점노드(TNODE)로 연결된 관의 탐색을 수행할 경우 차단밸브를 고려하지 않고 시작노드와 연결된 모든 관을 검색한다. 또한 사고지점을 기준으로 종점노드에서 시작노드로 탐색을 수행할 경우 만약 탐색도중 시작노드 점과 차단밸브가 만나게 되면 검색을 중지하여 공급중단관로를 검색하게 된다. 이는 가스가 흐르는 방향성을 이용한 것이다. 그림 5는 공급중단관로의 검색 결과를 보여주고 있다.



[그림 5] 공급중단관로 검색 결과

4) 추적기법을 이용한 공급중단수용가 검색 알고리즘 공급중단수용가의 검색은 사고발생시 밸브의 차단으로 인하여 가스공급이 중단됨으로써 생기는 수용가를 검색하는 것이다. 이러한 공급중단수용가는 가스관, 인입관, 수용가 데이터의 연결성을 바탕으로 검색을 수행하게 되는데 우선 앞에서 검색된 공급중단관로와 연결된 인입관을 검색한 후 검색된 인입관과 연결된 수용가를 찾음으로써 공급중단수용가를 산정하게 된다. 그림 6은 공급중단수용가에 대한 검색 결과를 보여주고 있다.



[그림 6] 공급중단수용가 검색 결과

5) 잔존가스량 계산

잔존가스는 가스사고 발생시 가스밸브를 차단함으로써 가스공급이 중단되는 관로에 남은 가스를 말한다. 이러한 잔존가스량의 계산은 앞에서 언급한 공급중단관로 검색에서 산정된 각 공급중단관로의 정보(각 관의 구경, 연장, 공급압력)를 적용공식에 적용하여 각 가스관거별 가스량을 계산한 후 가스관거별 잔존가스량을 합산하여 총 잔류가스량을 계산하게 된다. 이러한 잔존가스를 계산함으로써 민원에 대한 효율적 판단근거 제시 및 신속한 가스의 재공급을 위해 필요한 의사결정 지원 정보를 제공할 수 있다. 잔존가스량을 구하는 공식은 다음과 같다.

○ 각 관거별 잔존가스량 계산공식

$$Q_i = A \times L \times P$$

$$= (\pi D^2 / 4) \times L \times (\text{공급압력} + 1.0332) / 1.0332$$

여기서, Q_i : 각 관거별 잔존가스량(m³)
 A : 각 관거별 면적(m²)
 L : 각 관거별 연장(m)
 D : 각 관거별 구경(mm)
 P : 각 관거별 압력

(공급압력+1.0332)/1.0332의 식은 공급압력이 kg/cm²인 절대압력을 변환하기 위한 식을 나타낸 것이다(가스안전공학, 1999).

2.4 사용자 요구분석

가스사고관리시스템을 설계하기 위해서 가스업체의 업무구조를 파악한 후, 본 연구에서 개선하고자 하는 바를 정리하였다. 가스사고 관련 업무는 지자체의 단위업무에 해당되지 않는다. 따라서 각 지역별 도시가스업체와의 면담을 통해 업무구조를 파악한 후 이를 바탕으로 개선이 필요한 항목을 설정하고 처리 및 해결방안을 결정하였다. 아래의 표 1은 가스사고관리시스템에 관련된 사용자에 대한 요구분석 내용을 요구사항과 처리 및 해결방안 등으로 구분하여 정리하였다.

[표 1] 가스사고관리 사용자 요구분석

요구사항	처리 및 해결방안
○ 사고발생시 필요정보 및 신속한 대처방안 제시가 가능한 체계적인 방법 필요	○ 시설물데이터베이스를 통해 사고발생시 필요 정보의 신속한 확보 및 대처방안 제시가 가능한 가스사고관리시스템 개발
○ 가스관 공급에 대한 민원 발생시 적절한 판단근거 제시 및 사고처리 후 가스의 신속한 재공급 필요	○ 차단된 관로의 잔존가스량을 산정하여 민원에 대한 효율적 판단 근거 제시 및 신속한 가스 재공급을 위해 필요한 의사결정지원 기능의 개발

2.5 데이터베이스 설계

2.5.1 도형 데이터베이스 설계

도형 데이터베이스는 크게 가스관, 가스밸브, 가스부속시설 등으로 나누어 설계하였다. 도형 데이터베이스 설계시에는 관들의 연관 관계를 고려하여 설계하여야 한다. 도형 데이터베이스의 설계를 위한 자료는 축척이 1:500인 도시가스배관도를 도면자료로 사용하였고, 기초도면은 항측배관도를 사용하였다.

[표 2] 도형 데이터베이스 설계

분류	구분	자료 형태	레이어 번호
가스관	천연가스배관	ARC	SG001
	LPG배관	ARC	SG002
	인입관	ARC	SG003
가스밸브	가스밸브	POINT	SG991
가스 부속시설	천연가스맨홀	POINT	SG100
	LPG맨홀	POINT	SG101
	정류기	POINT	SG400
	배류기	POINT	SG500
	Bonding Box	POINT	SG600
	방식전위측정함	POINT	SG700
	정압기	POINT	SG992
	수취기	POINT	SG993
	테스트박스	POINT	SG994

2.5.2 속성 데이터베이스 설계

속성 데이터베이스는 크게 관로대장과 시설물대장으로 나누어진다. 관로대장과 시설물대장을 원시자료로 이용하였고, 도시가스배관도를 속성 데이터베이스 설계를 위한 참고자료로 사용하였다. 또한, 속성 데이터베이스는 위에서 설명한 도형 데이터베이스를 기준으로 하여 이와 연계하여 설계하였다. 속성 데이터베이스 설계에 관한 모든 사항은 한국가스공사의 업무지침서를 참조하였다.

[표 3] 가스관 속성 데이터베이스 설계

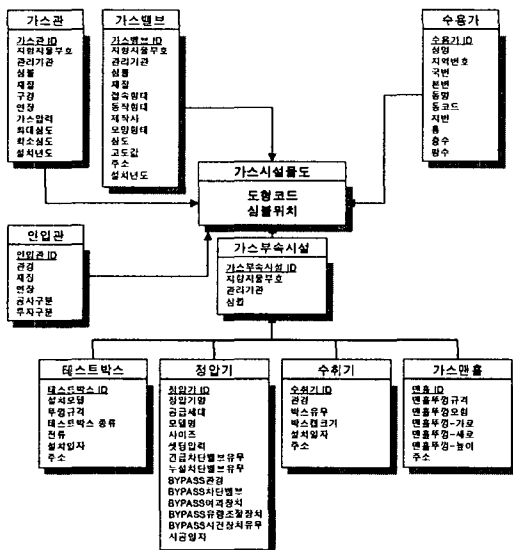
항목내용	항목명	형식	기록형태
가스관ID	IDN	C	11
시작노드	FNODE	N	5
종점노드	TNODE	N	5
지형지물부호	FTCODE	C	5
관리기관	SVCORG	C	2
심볼	SYMBOL	N	3
재질	MOP	C	6
구경	DIP	N	4
연장	LEN	N	6,2
가스압력	SGA	C	6
최대심도	DEPMAX	N	6,2
최소심도	DEPMIN	N	6,2
설치연도	YMD	D	-

2.6 가스사고관리시스템 설계

2.6.1 내·외부 설계

(1) 정보상관도(Entity-Relationship Diagram)

정보상관도는 실제 시스템을 구성하고 있는 정보들과 정보들 사이의 관계를 그림으로 표현한 것으로 현실세계의 정보 객체들을 컴퓨터 세계로 구현하기 위함을 목적으로 하고 있다. 본 시스템의 정보(entity)간의 연관 관계는 그림 7과 같이 구성되었다.

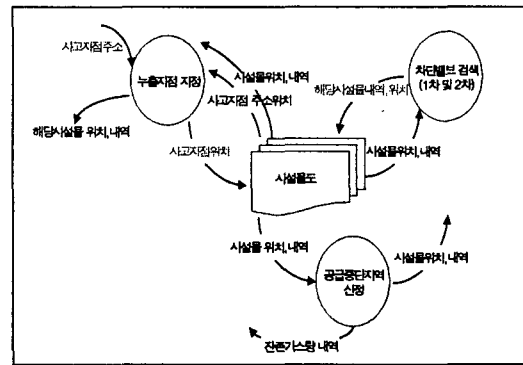


[그림 7] 정보상관도

(2) 자료흐름도 설계

자료흐름도는 하나의 프로세스를 하부의 프로세스로 분해해 나가면서 프로세스 간의 의존성 및 연관성을 정의하는 것으로 하나의 프로세스에 어떠한 데이터를 읽고 쓰는지 파악할 수 있다. 또한 시스템과 관련된 업무 프로세스들을 기술하여 시스템 설계시 논리적 부분을 정의할 때 도움을 줄 수 있기 때문에 설계 프로세스에서 핵심적인 역할을 수행한다.

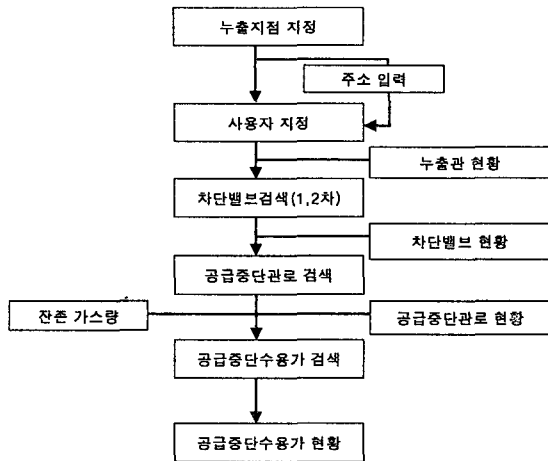
본 가스사고관리시스템의 프로세스에 따른 자료흐름도는 그림 8과 같고 세부적으로는 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정 등으로 구분된다.



[그림 8] 사고관리 자료흐름도

(3) 프로그램 흐름도

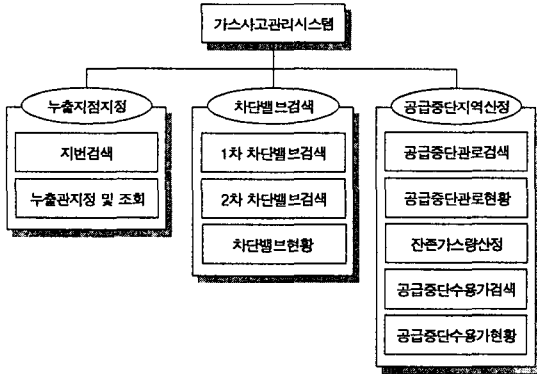
가스사고관리의 전체적인 프로그램은 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정으로 나누어진다. 본 시스템에서는 컴퓨터를 기반으로 GIS의 위상구조를 이용한 관망분석으로 보다 효과적이고 신속한 가스사고에 대한 정보의 획득 및 대처와 함께 정확한 피해범위의 산정이 가능하도록 하였다.



[그림 9] 사고관리 프로그램 흐름도

2.7 가스사고관리시스템 구현

가스사고관리시스템을 이용하면 가스사고 발생시 신속한 대처를 위한 사고지점의 정보와 차단해야 할 밸브를 검색하여 주고, 또한 가스사고 발생으로 인한 피해 범위를 산정할 수 있다. 사고관리는 크게 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단 지역 산정 등으로 구성되어 있으며, 세부적인 하위기능은 그림 10과 같다.

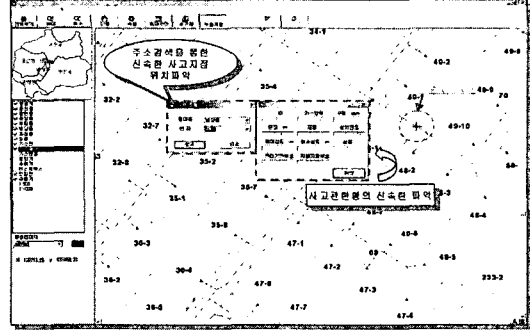


[그림 10] 가스사고관리시스템 구성도

2.7.1 누출지점 지정

누출지점지정은 사고지점의 주소를 통하여 사고지점의 위치를 찾게 되고 사용자가

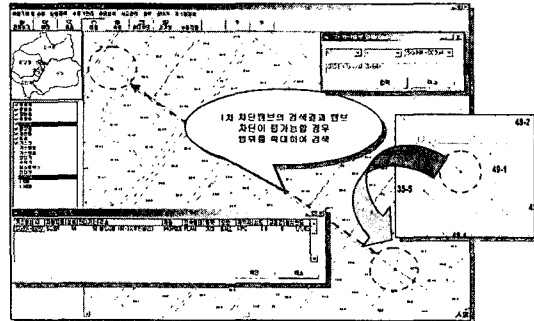
누출지점에 대한 지정을 통하여 사고지점을 지정하게 된다. 그리고 사고지점으로 지정된 사고시설물의 정보를 볼 수 있다. 이러한, 누출지점에 대한 정보를 이용하여 차단밸브검색을 수행할 수 있다. 그림 11은 지번검색 및 누출지점에 대한 지정 결과이다.



[그림 11] 지번검색 및 누출지점 지정 결과

2.7.2 차단밸브 검색

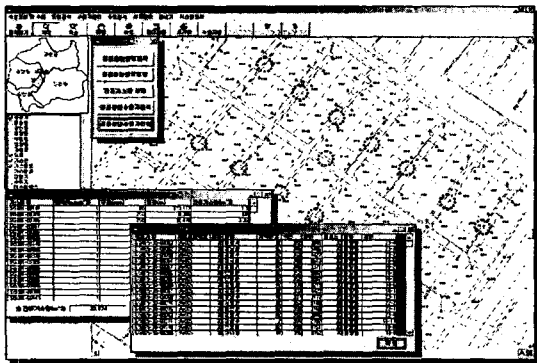
차단밸브 검색은 사고의 피해가 확산되지 않도록 사고지점과 연관되는 차단밸브를 네트워크 분석을 통하여 검색하고 결과로써 차단해야 할 밸브 리스트를 제공한다. 차단밸브 검색은 1차·2차 차단밸브 검색, 차단밸브 현황 등으로 구성된다. 2차 차단밸브 검색은 1차 차단밸브결과 차단해야 할 밸브에 적재물이나 도로의 포장으로 인해 밸브를 차단할 수 없는 경우 범위를 넓혀 2차 차단밸브를 검색한다. 그림 12는 1차·2차 차단밸브의 검색 결과 및 검색으로 찾아진 2차 차단밸브의 리스트를 보여준다.



[그림 12] 1차 및 2차 차단밸브 검색 결과

2.7.3 공급중단지역 산정

가스밸브를 차단함으로써 가스공급이 중단되는 지역이 발생하게 된다. 가스공급중단지역에 가스밸브를 차단함으로써 고립되는 관로를 네트워크분석을 통하여 산정하게 되고 공급이 중단되는 관로에 연계된 공급중단 수용가를 산정하게 된다. 또한 가스관로에 남아있게 되는 잔존가스량을 계산할 수 있다. 그림 13은 공급중단관로, 공급중단수용가, 잔존가스량을 산정한 결과를 보여주고 있다.



[그림 13] 공급중단지역 산정 결과

3. 결론

본 연구에서는 사용자 요구분석 및 사고분석을 신속하게 수행할 수 있는 알고리즘을 정립하여 가스사고관리시스템을 개발하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

본 연구에서 개발한 가스사고관리시스템을 적용함으로써 가스의 누출사고 발생시 누출지점지정 기능을 이용하여 실시간으로 누출관에 대한 신속한 사고현황의 파악이 가능하게 되었다. 또한, 1차 및 2차 차단밸브의 검색을 통한 체계적인 사고분석을 수행함으로써 피해의 최소화를 위한 긴급 사고처리방안의 제시가 가능해졌다. 아울러, 공급중단관로, 공급중단수용가, 잔존가스량 산정이 가능해짐으로써 민원 발생시 민원에 대한 적절한 판단근거 제시, 누출에

대한 피해예상 분석을 위해 필요한 기초정보의 제공, 신속한 가스의 재공급을 위해 필요한 의사결정 지원 정보의 제공이 가능해졌다.

4. 향후과제

향후과제로는 현재까지도 가스사고에 대한 체계적인 관리가 이루어지지 못함으로써 많은 공사비용이 지출되고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 종합적인 사고관리 수행을 위한 통합시스템 개발 및 연구를 수행함으로써 사고예방부터 사고발생 및 사고처리까지 효율적으로 사고관리를 수행할 수 있는 종합적인 가스사고관리체계의 정립이 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. 강맹규, 네트워크와 알고리즘, 1991
2. 건설교통부, 지하시설물 관리시스템 개발 보고서(상·하), 1997
3. 건설교통부, 지하시설물 관리시스템 개발연구, (주)유니세크, 인하대학교, 1999
4. 국토개발연구원, 공공 GIS 활용체계 구축계획 수립 연구, 1996
5. 국토개발연구원, 국가지리정보체계 구축방안 연구, 1995
6. 김계현, GIS개론, 대영사, 2000
7. 김계현, 이강원, 지하시설물 탐사 및 방법, 1996
8. 과천시, 도시기반 시설물 관리시스템(시스템 개발보고서), 1998
9. 이수경, 가스안전공학, 동화기술교역, 1999
10. 한국가스공사 업무지침서, 1997