

GIS 기반의 가스사고 관리시스템 개발에 대한 연구

A Study on Development of Gas Accident Management System based on GIS

김계현* · 김태일**
Kye Hyun Kim* · Taeil Kim**

*인하대학교 지리정보공학과 부교수 · kye Hyun@inha.ac.kr
**인하대학교 지리정보공학과 석사과정 · g2021272@inhavision.inha.ac.kr

要 旨

최근 급속한 도시의 팽창 및 신도시 건설과 산업의 발전으로 가스시설은 꾸준히 확대되고 있는 실정이다. 그리고 94년 아현동 도시가스사고와 95년 대구 도시가스사고 이후로 도시 가스 시설물의 대한 안전 대책 및 시설물 관리에 대한 국민들의 관심이 증대되었다. 이러한 흐름에 따라 가스회사들은 GIS 기술을 도입하여 기존에 수작업으로 관리되고 있는 가스시설 정보체계를 전산화하여 항상 최신의 현황을 유지하고, 사고 발생시 신속한 대처 방안 및 피해예측을 위한 시스템을 개발하기 위하여 많은 연구를 진행하고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 안전이 중요시되는 가스시설물에 대하여 가스사고 발생시 신속한 대처 및 처리방안을 제시할 수 있는 GIS 기반의 가스사고 관리시스템을 개발하는데 있다. GIS의 가스사고 관리시스템에서는 사고 발생시에 시설물 관리자가 사고 지점을 선택하여 우선적으로 공급을 중단해야 할 관로를 제시하고 사고지점을 검색하여 차단해야 할 밸브에 대한 정보를 신속히 제공하여 대응 방안을 제시 할 수 있도록 하였다. 아울러 가스공급이 중단되는 지역에 대한 정보를 추출하여 피해범위를 산정하여 효율적인 사고 관리를 지원하도록 구성되었으며, 이와 함께 잔존가스량을 구하여 사고후의 대처방안을 마련할 수 있는 기능을 제공하도록 하였다.

향후 연구과제로는 원격으로 가스 시설물을 감시하고 제어할 수 있는 원격감시/제어 시스템(SCADA System)과 연계를 통하여 가스사고 후에 신속한 피해예측 및 피해를 최소화 할 수 있는 방안제시 및 GPS를 활용하여 신속한 사고처리를 할 수 있는 활용 방안을 연구하여 체계적이고 종합적인 가스사고의 관리가 필요하다고 사료된다. 또한, 사고 후의 긴급 대처방안 뿐만 아니라 잔존가스량을 이용하여 수용가에 가스의 신속한 재공급을 위한 정보의 제공까지 한 단계 발전된 시스템의 개발이 추진되어야 한다.

1. 서 론

현대사회는 도로, 상·하수도, 가스, 전기 통신, 송유시설 등 여러 가지 사회기반 시설로 구성되어있다. 그 중에서도 가스시설은 가정의 난방과 건물의 냉·난방 및 산업의 연료로 사용되는 천연가스를 공급

하는 시설로서, 다른 연료와는 달리 대기 오염을 방지하고 맑고 쾌적한 생활환경을 제공하여 지구환경을 보존하는데 이바지하고 있다. 이러한 가스시설은 급속한 도시의 팽창 및 신도시 건설과 산업의 발전으로 가스시설은 꾸준히 확대되고 있는 실정이다.

이러한 흐름에 따라서 각 가스회사들은 GIS 기술을 도입하여 수작업으로 관리되고 있는 가스시설 정보체계를 전산화하여 항상 최신의 현황을 유지하고, 사고 발생 시 신속한 대처 방안 및 피해예측을 위한 시스템을 개발하기 위해 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 GIS를 기반으로 한 가스 사고 관리시스템을 설계하고 개발하였다. 가스사고관리 시스템의 설계를 위하여 가스관리 관련 업무분석을 수행하였고, 분석내용을 바탕으로 가스사고 시에 대처 방법을 도출하고 기능을 개발하였다. 가스사고 관리시스템은 사고시에 사고관의 속성을 보여주고 차단밸브를 검색 후 공급중단 밸브 및 수용가를 찾아 피해를 최소화시키는 기능을 제공하며 또한 잔존가스량을 산정하여 사고시의 대처방안을 마련하는 기능도 포함하고 있다.

1.1 연구 대상지 선정

본 연구의 대상지역은 경기도 과천시 시가화 지역 21.25km²로 이는 전체 행정구역 35.8km²의 60%에 해당한다. 그림 1은 가스사고 관리시스템의 적용지역을 나타내고 있다.

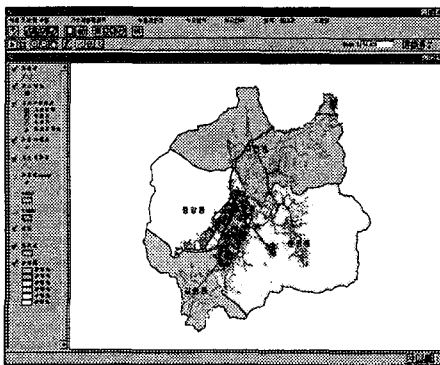


그림 1. 연구대상지역

2. 연구내용

연구내용은 우선 가스관리자가 필요로 하는 가스사고 관리시스템을 설계하기 위

하여 도시가스업체를 대상으로 사용자 요구분석이 시행되었다. 아울러 사고관리 적용기술을 분석하고 계산식을 적용하여 잔존가스량을 계산하였다. 또한 시스템 구축을 위한 도형 및 속성 데이터베이스 설계 및 구축하였다. 구체적인 설계내용은 다음과 같다.

2.1 사용자 요구분석

본 연구에서 가스 관련 업무는 지자체의 단위업무에 해당되지 않으므로 도시가스업체와의 면담을 통해 업무 구조를 파악한 후 이를 바탕으로 개선이 필요한 항목을 설정하고 해결방안을 제시하였다. 사고관리에서 이들의 요구사항과 해결방안 등을 정리하면 요구사항은 사고관리를 체계적이고 효율적으로 할 수 있는 가스사고 관리시스템의 필요성을 제시하였고 이에 대한 해결방안으로는 사용자가 사고상황을 신속히 파악하고 대처 할 수 있을 뿐 아니라 피해범위를 최소한으로 줄일 수 있는 종합적이고 체계적인 시스템이 개발되어야 한다.

2.2 사고관리 적용기술 분석

2.2.1 네트워크 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.

GIS에서 관망을 이용한 대표적인 네트워크분석의 사례로는 일정지역에 많은 강우가 발생하여 하천의 흐름에 따른 유량의 예측과 같은 것을 들 수 있다. 하천에 유입되는 유량을 정확히 예측함으로써 홍수의 규모 및 발생지점을 사전에 파악할 수 있으며, 그에 따른 비상조치를 취함으로써 대규모의 인명 및 재산 피해를 방지

할 수 있다. 또한 네트워크분석은 최적 경로의 선정을 통한 화재나 응급환자가 발생할 경우 소방차나 앰블런스, 경찰 차량의 운전 경로에서부터 항공기의 운항 경로를 결정하는데 사용될 수 있다. 또한 대중교통을 위한 버스의 운행 경로, 긴급 우편물의 배달이나 지방자치단체의 폐기물 수거 차량의 적정 수집 노선의 결정 등을 포함하여 다양하게 사용될 수 있다.

네트워크분석을 위해서는 절점(Node)의 고유한 정보를 가져야하며, 절점(Node)과 절점(Node)간의 아크(Arc)에도 역시 네트워크 분석시 고려되어야 할 길이나 시간 등의 정보가 포함되어야 하며 이것을 임계치(Impedance)라 한다. 네트워크분석의 또 다른 기술은 추적(Tracing) 기술로서 네트워크상의 한 위치가 다른 위치와 연결되어 있는지의 여부를 결정할 수 있다. 본 연구에서 사고관리기능은 추적 기술을 이용하여 구현하였다.

가. 추적

그림 2 는 사고관을 시작으로 사고관에서 가장 인접한 관을 양쪽방향으로 추적하여 연계된 가스밸브를 찾는 그림을 보여주고 있으며 그림 3 은 가스밸브를 차단함으로써 공급이 중단되어야 하는 관로를 찾는 그림을 보여준다.

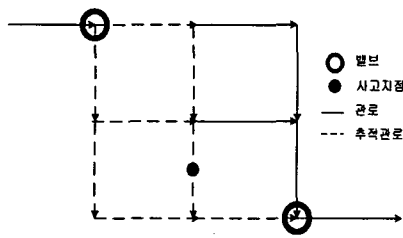


그림 2. 추적을 이용한 가스밸브 찾기

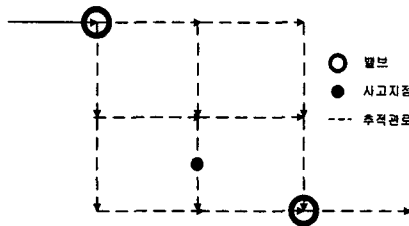


그림 3. 공급중단관로 찾기

2.2.2 잔존가스량 계산

잔존가스량의 계산은 가스밸브를 차단함으로써 가스공급이 중단되는 고립된 가스관들의 가스압력을 고려한 관체적의 합으로 계산할 수 있다. 각 관의 관체적을 Q_i 라고 한다면 잔존가스량은 각 관의 Q_i 의 합이 된다. 세부적인 공식은 아래의 식과 같다.

○ 잔존가스량 산출식

$$\text{잔존가스량} = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$Q_i = (\text{단위길이당체적} \times \text{연장} \times (\text{공급압력} + 1.0332)) / 1.0332$$

$$Q_i = \text{배관내 가스의 체적(m}^3\text{)}$$

2.3 도형 데이터베이스 설계

도형 데이터베이스는 크게 가스관, 가스밸브, 가수부속시설 등으로 구분된다. 도형자료의 구축은 관들의 연관관계를 고려하여 구축되어야 한다. 세부사항은 아래 표 1 과 같다.

표 1. 도형 데이터베이스 설계

분류	구분	자료형태	레이어 코드
가스관	천연가스가스배관	ARC	SG001
	LPG 배관	ARC	SG002
	인입관	ARC	SG003
가스밸브	가스밸브	POINT	SG991
가스부속 시설	천연가스연출	POINT	SG100
	LPG 연출	POINT	SG101
	경유기	POINT	SG400
	배류기	POINT	SG500
	BONDING BOX	POINT	SG600
	방식전위 측정함	POINT	SG700
	경압기	POINT	SG992
	수취기	POINT	SG993
	테스트 박스	POINT	SG994

2.4 속성 데이터베이스 설계

속성 데이터베이스는 크게 배관대장과 부속시설대장으로 나누어진다. 속성 데이터베이스의 구축에 관한 모든 사항은 한국도시가스공사의 업무지침서를 참고하였다. 아래 표 2 는 가스관 속성테이블을 보

여 주고있다.

표 2. 속성 데이터베이스 설계

NO	필드명	필드정의	타입	기록형태	단위	비고
1	IDN	가스관 ID	문자열	11		SG001-xxxxx
2	FTCODE	지형지물	문자열	5		SG001
3	SVCORG	관리기관	문자열	2		-
4	SYMBOL	심볼	정수	3		-
5	MOP	재질	문자열	6		MOPxxx
6	DIP	구경	정수	4	mm	
7	LEN	연장	정수	2.6	m	
8	DEPMAX	최대심도	정수	2.6	m	
9	DEPMIN	최저심도	정수	2.6	m	
10	YMD	설치연도	실수	-		YYYYmmdd
11	SGA	가스압력	정수	6		

3. 가스사고 관리시스템 설계 및 개발

3.1 시스템 구성도

본 연구에서는 그림 4 에서 보여주는 바와 같이 가스관망 데이터베이스, 관망관리기능, 수용가관리기능, 사고관리기능, 수요분석기능 등을 가스사고 관리시스템의 주요 구성요소로 하고 있다. 본 연구에서는 사고관리 기능을 중심으로 다루었다.

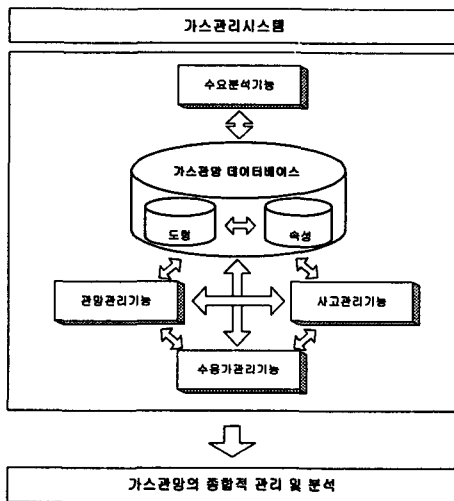


그림 4. 시스템 구성도

3.2 자료흐름도 설계

사고관리는 세부적으로 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정 등으로 구분된다. 자료흐름도는 아래 그림 5 과 같다.

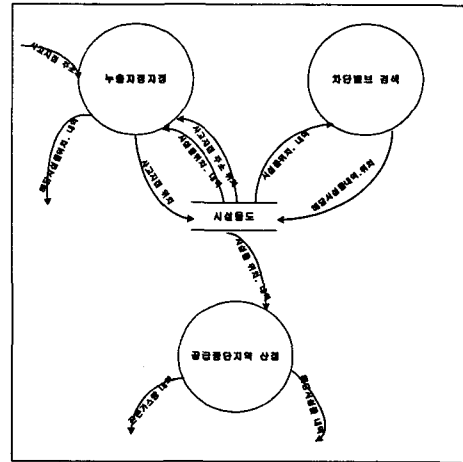


그림 5. 사고관리 자료흐름도

3.3 프로그램 흐름도

사고관리의 기능은 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역산정으로 구성된다. 기존의 가스 사고발생시에는 대부분 수작업에 의해 사고지점에 대한 정보를 획득하고 사고에 대처하며, 피해범위를 산정하도록 되어있다. 반면에 본 시스템에서는 컴퓨터를 기반으로 GIS의 위상구조를 이용한 네트워크분석으로 보다 효과적이고 신속한 가스사고에 대한 정보의 획득 및 대처와 함께 정확한 피해범위의 산정이 가능하도록 하였다. 프로그램 흐름도는 아래 그림 6 과 같다.

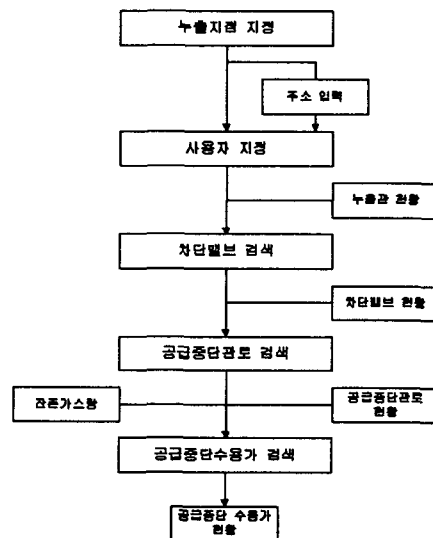


그림 6. 사고관리 프로그램 흐름도

3.4 가스사고관리 시스템의 기능

본 시스템의 사고관리 메뉴를 사용하면 가스사고 발생시 신속한 대처를 위한 사고지점의 정보와 차단해야 할 밸브를 검색하고, 가스사고 발생으로 인한 피해범위를 산정할 수 있다. 사고관리는 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정 등의 세부 메뉴로서 구성된다(그림 7).

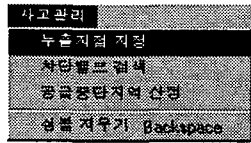


그림 7. 사고관리 메뉴

3.4.1 누출지점 지정

누출지점 지정은 사고발생지점의 위치를 지정하는 기능이다. 누출지점 지정은 사용자 지정, 주소 입력, 누출관 현황 등의 하부메뉴로서 구성된다(그림 8).



그림 8. 누출지점 검색메뉴

누출지점 지정은 사고지점의 주소를 통하여 사고지점의 위치를 찾게 되고 사용자 지정을 통하여 사고지점을 지정하게 된다. 그리고 사고지점으로 지정된 사고시설물의 정보를 볼 수 있다. 그림 9 는 누출지점 지정 결과를 보여 준다.

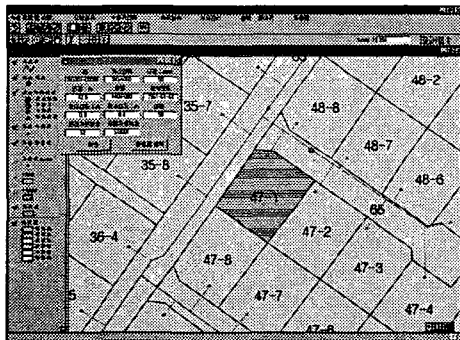


그림 9. 누출지점 지정

3.4.2 차단밸브 검색

차단밸브 검색은 사고의 피해가 확산되지 않도록 사고지점과 연관되는 차단밸브를 네트워크분석을 통하여 검색하고 결과로써 차단해야 할 밸브 리스트를 제공한다. 차단밸브 검색은 차단밸브 검색, 차단밸브 리스트 등으로 구성된다(그림 10).

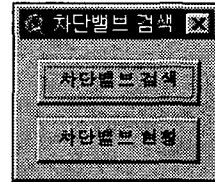


그림 10. 차단밸브 검색 메뉴

그림 11 은 차단밸브 검색 결과를 보여 주며 그림 12 는 차단밸브 검색으로 찾은 가스밸브의 리스트를 보여준다.

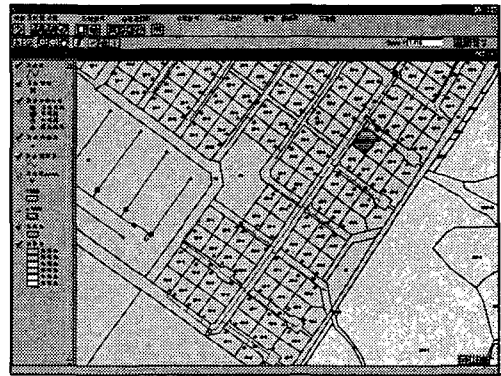


그림 11. 차단밸브 검색결과

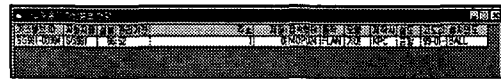


그림 12. 차단밸브 검색결과 리스트

3.4.3 공급중단지역 산정

가스밸브를 차단함으로써 가스공급 중단지역이 발생하게 된다. 가스공급 중단지역을 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 13 은 공급중단관로

검색 결과를 보여주며 그림 14 는 공급중 단관로 검색 결과 리스트를 보여준다.

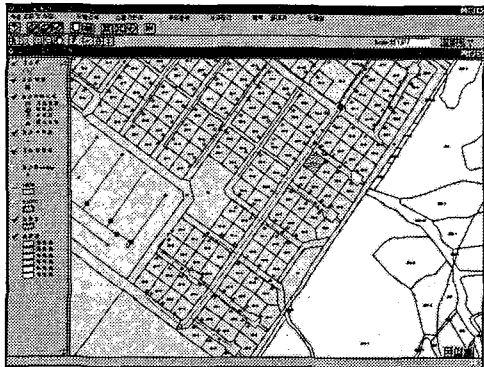


그림 13. 공급중단관로 검색 결과

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
SS001-00101	SS001	50	50	80 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00102	SS001	50	50	478 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00103	SS001	50	50	210 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00104	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00105	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00106	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00107	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00108	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00109	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00110	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00111	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00112	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00113	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00114	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00115	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00116	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00117	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00118	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00119	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1
SS001-00120	SS001	50	50	243 (WOP01)	1	1	1	1	1

그림 14. 공급중단관로 검색 결과 리스트

그림 15 는 공급중단수용가 검색 결과를 보여주며, 그림 16 은 공급중단수용가 리스트를 보여 준다.

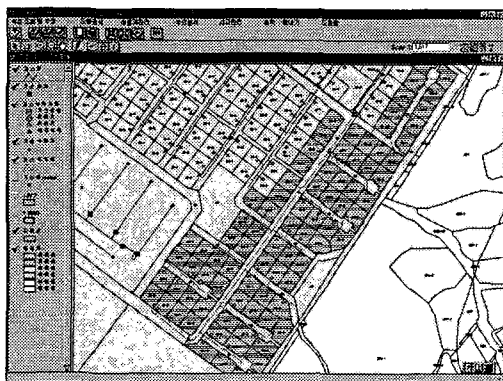


그림 15. 공급중단수용가 검색 결과

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
SS001-00101	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00102	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00103	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00104	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00105	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00106	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00107	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00108	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00109	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00110	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00111	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00112	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00113	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00114	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00115	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00116	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00117	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00118	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00119	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30
SS001-00120	SS001	10	30	12.5	30	12.5	30	12.5	30

그림 16. 공급중단수용가 리스트

그림 17 은 공급중단관로에 남아 있는 잔존가스량을 계산한 것이다.

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
SS001-00101	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00102	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00103	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00104	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00105	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00106	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00107	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00108	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00109	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00110	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00111	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00112	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00113	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00114	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00115	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00116	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00117	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00118	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00119	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SS001-00120	SS001	50	50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

그림 17. 잔존 가스량 계산

4. 결론

본 연구는 가스사고 관리시스템을 개발함으로써 사고시 신속한 대처방안을 마련하기 위한 연구를 수행하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

가스사고 관리시스템에서는 가스시설물을 효율적으로 관리할 수 있는 관망관리 기능은 물론 가스누출사고의 발생시 신속한 적정 대처방안의 제시와 피해상황을 예측할 수 있는 사고관리 기능이 개발되었다. 또한, 누출 최대가스량을 제시함으로써 누출에 대한 피해정도를 예상할 수 있도록 하였으며, 누출사고에 의한 가스공급중단 수용가에 대한 속성현황의 파악은 물론 시각적인 도식을 통한 전체적인 현황파악이 가능하게 하였다.

5. 향후과제

향후 연구과제로는 원격으로 가스 시설물을 감시하고 제어 할 수 있는 원격 감시/제어시스템(SCADA 시스템)과 본 연구 시스템을 연계하여 가스사고 후에 신속한 피해예측 및 피해를 최소화 할 수 있는 방안을 연구하고 GPS를 활용해 신속한 사고처리를 할 수 있는 활용 방안을 연구하여 체계적이고 종합적인 사고관리가 필요하다.

아울러, 사고 후의 긴급 대처방안 뿐만 아니라 잔존가스량을 이용하여 수용가에 가스의 신속한 재공급을 위한 정보의 제공까지 한 단계 발전된 체계의 구축이 필요하다.

참고문헌

1. 건설교통부1, 지하시설물 관리시스템 개발보고서(상), 1997.4
2. 건설교통부2, 지하시설물 관리시스템 개발보고서(하), 1997.4
3. 김계현, 이강원, 지하시설물 탐사 및 방법, 1996
4. 김계현, GIS개론, 대영사, 1998.3
5. 주경민, 박성완, 정동길, Visual Basic Programming Bible, 영진출판사, 1998
6. 한국도시가스공사 업무지침서
7. 한국토지공사, GIS에 의한 시설물 관리 방안 연구, 1998.6
8. Environmental Systems Research Institute Inc.1, ArcView User's Guide, Redlands, California, USA, 1995
9. Environmental Systems Research Institute Inc.2, Avenue, Redlands, California, USA, 1995
10. Environmental Systems Research Institute Inc.3, ArcView with Avenue, Redlands, California, USA, 1995
11. Razavi, A., ArcView Developer's Guide, OnWord Press, 1995