

GIS 기반의 가스사고 관리시스템 개발에 대한 연구 The development of a GIS-based gas accident management system

김계현* · 김태일** · 박태옥***

Kim, Kye Hyun · Kim, Taeil · Park, Taeog

要 旨

최근 급속한 도시의 팽창 및 신도시 건설과 산업의 발전으로 가스시설은 꾸준히 확대되고 있는 실정이다. 가스회사들은 보다 안전한 가스의 공급을 위하여 GIS 기술을 도입하여 기존에 수작업으로 관리되고 있는 가스시설 정보체계를 전산화하여 항상 최신의 현황을 유지하고 가스시설물을 효율적으로 관리하기 위한 시스템을 개발하여 사용하고 있다. 이러한 시스템은 가스관망 시설의 정보와 가스시설물의 배관망해석기능 등을 제공할 뿐 사고 발생시 사고지역의 신속한 파악 및 피해예측을 할 수 있는 분석기능 제공이 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가스사고 발생시 신속한 처리방안을 제시 할 수 있는 GIS 기반의 가스사고 관리시스템을 개발하였다. 본 시스템은 사고 발생시 사고관의 신속한 검색을 할 수 있음은 물론 사고 발생시 신속한 대처를 위한 긴급 차단밸브를 검색하고 차단된 밸브를 통해 공급이 중단되는 수용가를 산정하여 신속한 사고관리가 가능하도록 하였다. 아울러 공급이 중단된 관로의 잔존가스량을 추정함으로써 사고후의 피해예측을 대한 의사결정 지원이 가능하도록 하였다. 이러한 본 연구의 결과물은 민원 발생시 적절한 의사결정 지원이 가능하며, 관련 업무의 효율성 증대 및 대민서비스 향상에 기여도가 크리라 판단된다.

ABSTRACT

Nowadays the gas utilities has been increasing constantly due to the expansion of the urban areas. The gas utility companies have adopted GIS technologies and been trying to computerize the management system for gas facilities to maintain up-to-dated information to forecast possible accidents and to minimize the casualties from the accidents. The major objective of this study is to develop a GIS-based gas accident management system which could facilitate early response and alternatives in the cases of the accidents. The system is able to provide the information for the pipes to be closed followed by selecting the location of the accident, and search all the relevant values connected to the location to provide all the information to minimize the casualties. In addition to that, the system can calculated the remaining amount of the gas in the pipes closed from the accident thereby providing more safer alternatives. In the future, more practical method needs to be made such as GPS-linked more integrated gas accident management system.

* 인하대학교 지리정보공학과 부교수

** 인하대학교 지리정보공학과 석사과정

*** 한국정보통신 대학원 · 대학교 부설 정보통신교육원 GIS 팀장

1. 서론

현대사회는 도로, 상·하수도, 가스, 전기 통신, 송유시설 등 여러 가지 사회기반시설로 구성되어 있다. 그 중에서도 가스시설은 가정의 난방과 건물의 냉·난방 및 산업의 연료로 사용되는 천연가스를 공급하는 시설로서 다른 연료와는 달리 대기오염을 방지하고 맑고 쾌적한 생활환경을 제공하여 지구환경을 보존하는데 이바지하고 있다. 이러한 가스시설은 급속한 도시의 팽창 및 일산과 판교와 같은 신도시 건설과 산업의 발전으로 꾸준히 증가되고 있는 실정이다.

이러한 추세에 따라 각 가스회사에서는 GIS 기술을 도입하여 기존에 수작업으로 관리되고 있는 가스시설 정보체계를 전산화하여 항상 최신의 현황을 유지하고 가스시설물을 효율적으로 관리하기 위한 시스템을 개발하여 사용하고 있다.

본 연구에서는 GIS를 기반으로 한 가스사고 관리 시스템을 설계하고 개발하였다. 가스사고관리 시스템의 설계를 위하여 가스시설물 관리와 관련된 업무분석을 수행하였고, 업무분석 내용을 바탕으로 가스사고시에 대처 방안을 도출하고 이를 적용한 가스사고관리시스템을 개발하였다. 가스사고 관리시스템은 사고시에 사고관의 속성을 보여주고 차단밸브를 검색한 후 공급중단 밸브 및 수용가를 찾아 피해를 최소화하는 기능을 제공하며, 잔존가스량을 산정하여 사고시의 대처방안을 마련하는 기능을 제공한다.

1.1 연구목적

본 연구의 목적은 복잡한 가스시설물을 데이터베이스로 구축하여, 이를 효율적으로 관리할 수 있으며 사고 발생시 신속한 대처방안을 제시하고 및 피해를 예측할 수 있는 가스사고 관리시스템을 개발하는데 있다.

1.2 개발내용

본 연구의 주요 내용은 가스시설물 데이터베이스의 구축과 사고관리 기능의 개발로 나누어지며, 세부 내용은 표 1과 같다.

표 1. 주요개발내용

주요개발내용	세부 내용
가스시설물 데이터베이스 구축	<ul style="list-style-type: none"> GIS 데이터베이스 설계 도형 데이터베이스 구축 속성 데이터베이스 구축
사고관리	<ul style="list-style-type: none"> 주소를 이용한 사고지점 검색 프로그램 개발 가스 누출시 지점표시 차단 가스밸브 검색 프로그램 개발 공급 중단관로 산정프로그램 개발 공급중단수용가 산정프로그램 개발 잔존가스량 계산 프로그램 개발

1.3 연구 대상지 선정

본 연구의 대상지역은 경기도 과천시 시가화 지역으로 면적은 21.25km²이며, 1:1,000 수치지도 60도엽에 해당하는 지역으로 과천시 전체 행정구역의 60%를 차지한다. 그림 1은 연구대상지역을 나타낸다.

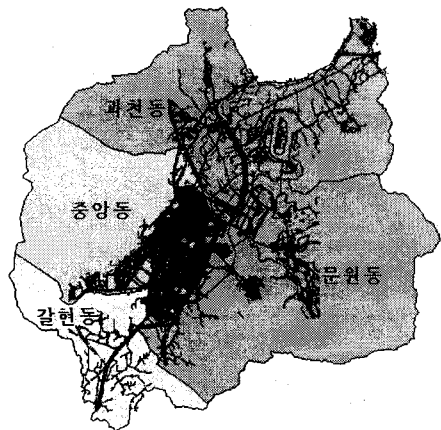


그림 1. 연구대상지역

2. 연구내용

본 연구에서는 가스관리자가 필요로 하는 가스사고 관리시스템을 설계하기 위하여 도시가스업체를 대상으로 사용자 요구분석을 실시하였다. 아울러 사고관리와 관련된 적용기술을 분석하고, 관련 알고리즘을 적용하여 잔존가스량을 계산하였다. 또한 시스템 구축을 위한 도형 및 속성 데이터베이스를 구축하였다. 세부적인 연구 내용은 다음과 같다.

2.1 사용자 요구분석

가스 관련 업무는 지자체의 단위업무에 해당되지 않으므로 도시가스업체와의 면담을 통해 업무 구조를 파악한 후 이를 바탕으로 개선이 필요한 항목을 설정하고 해결방안을 제시하였다. 사고관리를 위한 현 업무에서의 개선 필요항목과 해결 방안은 표 2와 같다.

표 2. 사용자 요구분석

개선 필요항목	해결 방안
사고 발생시 필요정보의 신속한 확보가 어려움	시설물 데이터베이스를 구축하여 사고발생시 필요정보를 신속하게 확보할 수 있는 사고관리기능을 개발함
사고 발생후의 정확하고 신속한 피해예측이 어려움	사고후의 공급중단관로의 잔존가스량을 계산하여 정확한 피해예측을 할 수 있는 사고관리기능을 개발함
사고 발생시 현황을 한눈에 파악하기가 어려움	시각적인 도식을 통한 전체적인 현황파악이 가능한 시스템을 개발함

2.2 사고관리 적용기술 분석

2.2.1 관망분석

관망이란 상호 연결된 선형의 객체가 형성하는 일정 패턴이나 프레임을 의미한다. 관망은 일반적으로 하나의 지점에서 다른 지점으로의 자원이 이동하는 경우에 사용되는 경로로 정의되며 도시의 도로망이나 항공노선, 하천의 흐름, 상·하수도 등이 관망의 대표적인 예이다.

GIS에서 관망을 이용한 대표적인 공간분석의 사례로는 일정지역에 많은 강우가 발생할 때 하천의 흐름에 따른 유량 예측을 들 수 있다. 하천에 유입되는 유량을 정확히 예측함으로써 홍수의 규모 및 발생지점을 사전에 파악할 수 있으며, 그에 따른 비상조치를 취함으로써 대규모 인명 및 재산 피해를 방지할 수 있다. 아울러 관망분석은 최적 경로의 선정을 통해 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 다양한 분야에서 사용될 수 있다.

관망분석을 위해서는 관망을 연결하는 절점의 고유 정보와 절점과 절점간의 정보가 필요하다. 아울러 관망분석시 고려되어야 할 거리나 시간 등의 정보가 포함되어야 하며 이것을 임계치(impedance)라 한다.

본 연구에서 사고관리기능의 구현을 위해 사용한 관망분석 기술은 추적(tracing)기법으로서 이를 통해 관망상의 한 위치가 다른 위치와 연결되어 있는지의 여부를 결정할 수 있다.

그림 2는 사고관을 시작으로 사고관에서 가장 인접한 관을 양쪽방향으로 추적하여 연결된 가스밸브를 찾는 과정을 보여주고 있으며, 그림 3은 가스밸브를 차단함으로써 공급이 중단되어야 하는 관로를 찾는 과정이다.

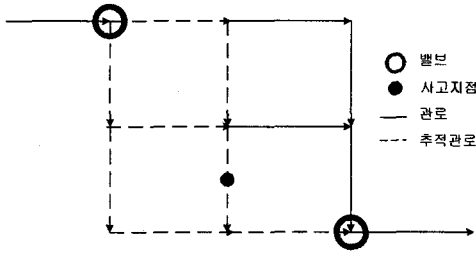


그림 2. 추적용 이용한 가스밸브 찾기

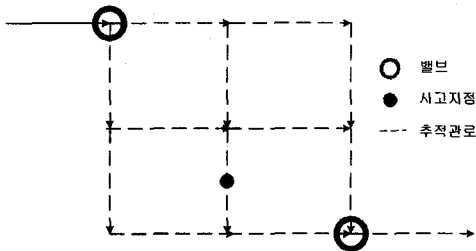


그림 3. 공급중단관로 찾기

2.2.2 잔존가스량 계산

잔존가스량 계산은 가스밸브를 차단함으로써 가스 공급이 중단되는 고립된 가스관들의 가스압력을 고려하여 관체적의 합을 이용하여 계산할 수 있다. 세 부적인 공식은 아래의 식과 같다.

○ 잔존가스량 산출식

$$\text{잔존가스량} = \sum_{i=1}^n Q_i$$

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

여기서 : 단위길이당 체적 (m³)
연장 (m)
공급압력 (kg/cm²)

(공급압력 + 1.0332) / 1.0332의 식은 공급압력이 kg/cm² 인 절대압력을 변환하기 위한 식을 나타낸 것

이다(가스안전공학, 1999).

2.3 도형 데이터베이스 설계

도형 데이터베이스는 크게 가스관, 가스밸브, 가스부속시설 등으로 구분된다. 도형 데이터베이스는 관들의 연관관계를 고려하여 구축되어야 한다. 가스밸브시설은 가스밸브 단위로 구성되며, 형태나 동작에 의해 구분된다. 도형 데이터베이스의 구축을 위한 자료는 축척이 1:600인 도시가스배관도를 도면자료로 사용하였고, 기초도면은 항축배관도를 사용하였다(표 3).

표 3. 도형 데이터베이스 설계

분류	구분	자료형태	레이어번호
가스관	천연가스배관	ARC	SG001
	LPG배관	ARC	SG002
	인입관	ARC	SG003
가스밸브	가스밸브	POINT	SG991
	천연가스맨홀	POINT	SG100
가스부속시설	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

2.4 속성 데이터베이스 설계

속성 데이터베이스는 크게 배관대장과 부속시설 대장으로 나누어진다. 관망대장과 시설물대장을 원시 자료로 사용하였고, 도시가스 배관도를 속성 데이터베이스 구축을 위한 참조자료로 사용하였다. 또한 속성 데이터베이스의 구축에 관한 모든 사항은 한국도시가스공사의 업무지침서를 참고하여 설계하였다. 표

4는 가스관의 속성데이터를 보여주고 있다.

표 4. 가스관 속성 데이터베이스 설계

항목내용	항목명	형식	기록형태
가스관ID	IDN	C	11
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	-

3. 가스사고 관리시스템 설계 및 개발

3.1 시스템 구성도

가스사고 관리시스템은 그림 4와 같이 가스관망 데이터베이스, 관망관리기능, 수용가관리기능, 사고관리기능, 수요분석기능 등을 주요 구성요소로 하고 있다. 본 연구에서는 사고관리 기능을 중점적으로 다루었다.

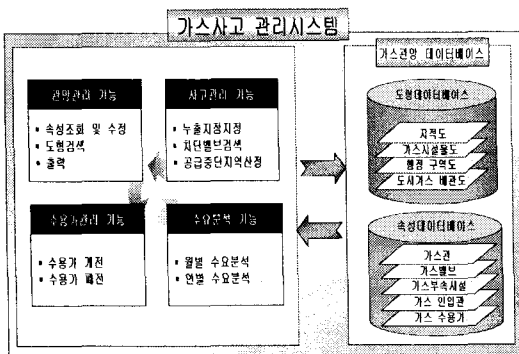


그림 4. 시스템 구성도

3.2 자료흐름도 설계

사고관리는 세부적으로 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정 등으로 구분된다. 사고관리 기능 구현을 위한 자료흐름도는 그림 5와 같다.

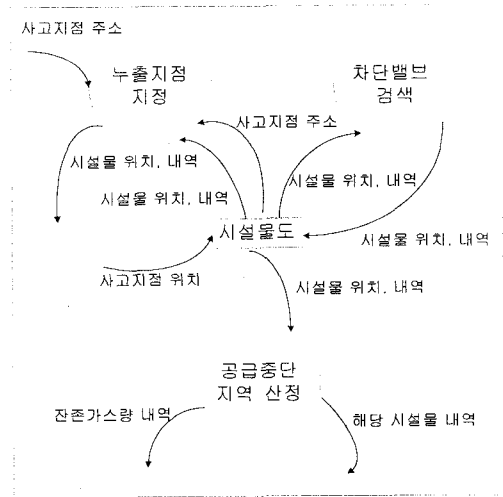


그림 5. 사고관리 자료흐름도

그림 5에서 보는 바와 같이 사고가 발생하여 사고 신고가 접수되면 시설물도에서 사고지점의 주소 및 시설물위치와 내역을 누출지점지정 등에 전해주게 된다. 누출지점지정 기능에서는 사고지점의 위치와 내역을 시설물도에 전달하고 이와 같은 흐름으로 차단밸브를 검색하고 공급중단지역을 산정하여 사고관리가 이루어진다.

3.3 프로그램 흐름도

사고관리의 기능은 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정으로 구성된다. 기존에는 가스사고 발생시 대부분 수작업에 의해 사고지점에 대한 정보를 획득하고 사고에 대처하며, 피해범위를 산정하였다. 반면에 본 시스템에서는 컴퓨터를 기반으로 GIS의 위상구조를 이용한 관망분석을 통해 보다 효율적이고 신속한 가스사고에 대한 정보의 획득 및 대처

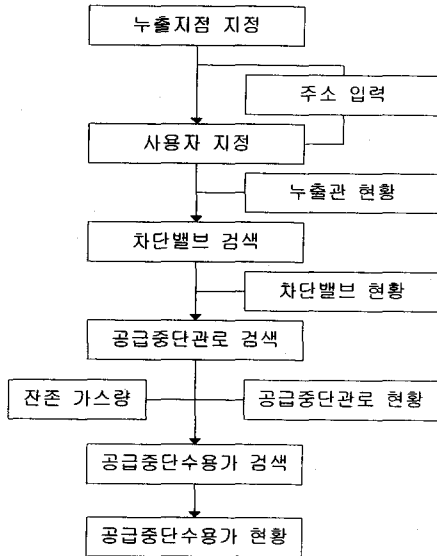


그림 6. 사고관리 프로그램 흐름도

가 가능하도록 하였으며, 아울러 정확한 피해범위의 산정이 가능하도록 하였다. 가스사고 관리시스템의 프로그램 흐름도는 다음과 같다(그림 6).

사고접수를 통하여 누출지점이 지정되면 사용자가 가스사고 관리시스템을 사용하여 사고지점을 지정하

게 된다. 사고지점이 지정되면 누출관의 현황을 파악하고 단계적으로 차단밸브를 검색하고 공급중단관로를 검색하게 된다. 그리고 공급중단 수용기를 검색하고 최종적으로 공급중단수용가 현황을 파악하게 된다.

3.4 가스사고 관리시스템의 기능 구현

본 시스템의 주요 기능인 누출지점 지정, 차단밸브 검색, 공급중단지역 산정에 대한 세부적인 사항은 다음과 같다.

3.4.1 누출지점 지정

누출지점 지정은 사고발생지점의 위치를 지정하는 기능으로 사고지점에 대한 사용자 지정이나 주소 입력을 통해 누출관 현황 등을 보여준다. 이러한 누출지점 지정기능을 이용함으로써 사용자가 손쉽게 사고지역을 찾아내고 사고관의 신속한 현황을 파악할 수 있다. 그림 7은 사고관을 지정하여 사고관의 현황 및 속성정보를 검색하는 과정을 보여준다.

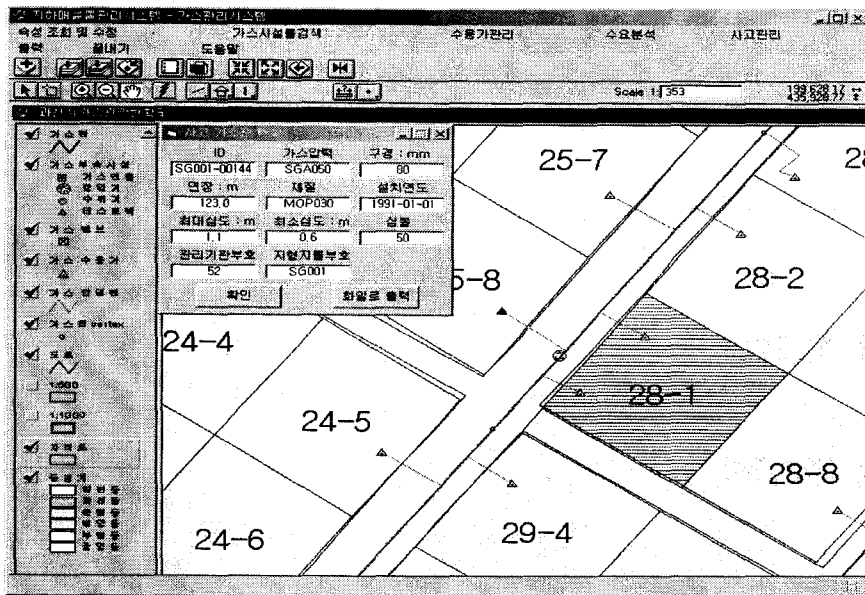


그림 7. 누출지점 지정 결과

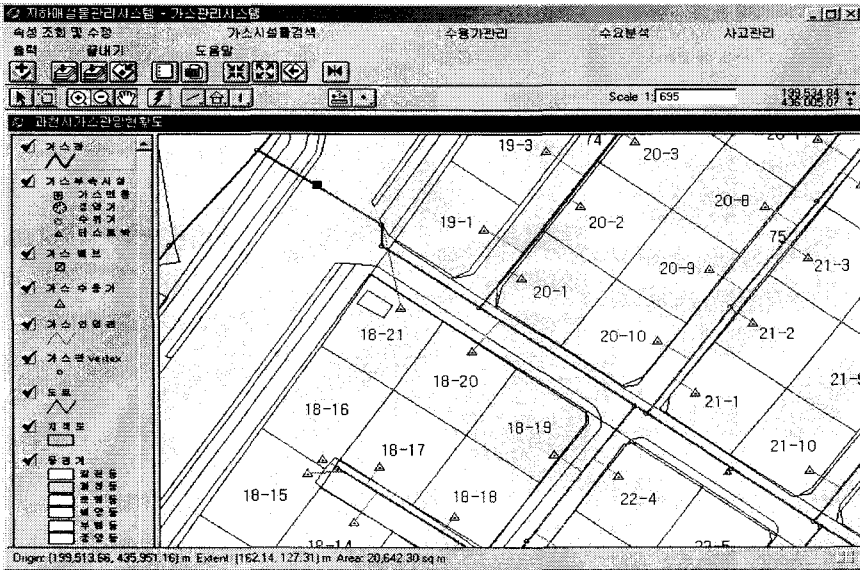


그림 8. 차단밸브 검색 결과

가스밸브 ID	지형지물	심도	관리기관	주소	재질	접속형태	동작	모양	제작사	심도	고도값	설치연도
SG991-00097	SG991	66.52		1	0	MOP005	FLAN	기어	KPC	역촌2	1/1/83	BALL
SG991-00394	SG991	66.52		1	0	MOP024	FLAN	기어	KPC	중앙	1/1/99	BALL

그림 9. 차단밸브검색 결과 리스트

3.4.2 차단밸브 검색

차단밸브의 검색 기능에서는 사고의 피해가 확산되지 않도록 사고지점과 연결되어 있는 차단밸브를 관망분석을 통하여 검색하게 된다. 이러한 차단밸브 검색기능을 이용함으로써 사고지역의 피해범위를 축소시킬 수 있다. 그림 8은 사고 발생시 가장 최단거리에 있는 차단밸브를 검색한 결과를 보여주며, 그림 9는 검색된 가스밸브들의 세부내역을 보여준다.

3.4.3 공급중단지역 산정

가스밸브를 차단하면 가스공급 중단지역이 발생하게 된다. 공급중단지역 산정기능을 이용함으로써 공

급이 중단되는 관로와 공급이 중단되는 지역에 있는 수용가 현황의 파악이 가능하고, 잔존가스량을 산정하여 사고후의 피해예측 및 피해예측을 통한 의사결정을 지원해 준다. 그림 10은 공급중단관로 검색 및 공급중단수용가의 검색 결과를 보여주며, 그림 11은 공급이 중단됨으로써 관로에 남은 잔존가스량의 계산 결과를 보여준다.

4. 결론

본 연구에서는 가스시설물에 대하여 사고시에 사고지점을 신속히 파악하고, 대처 방안을 제시할 수 있는 가스사고 관리시스템을 개발하였다. 시스템 개

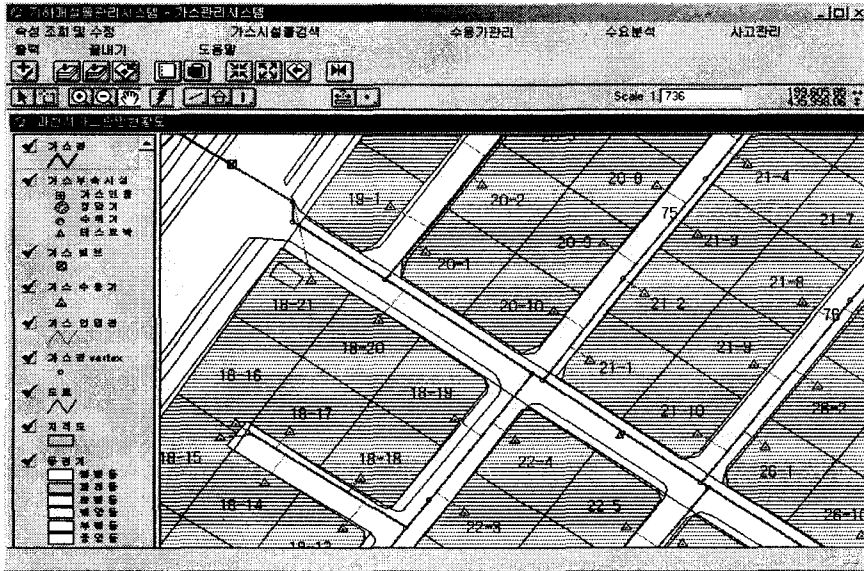


그림 10. 공급중단 관로 및 공급중단 수용가 조회 결과

가스관ID	압력(kg/cm ²)	구경(mm)	연장(m)	단위길이당 차적(m ³)	잔체적(m ³)	잔류가스량(m ³)
SG001-00081	1	65	99.4	.0033	.3298	.6491
SG001-00083	1	50	47.8	.002	.0939	.1847
SG001-00084	1	50	32.8	.002	.0644	.1267
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00090	1	50	42.5	.002	.0834	.1642
SG001-00096	1	50	50	.002	.0982	.1932
SG001-00097	1	50	53.8	.002	.1056	.2079
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00135	1	50	30.8	.002	.0605	.119
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228
SG001-00147	1	50	46	.002	.0903	.1777
SG001-00146	1	200	243	.0314	7.6341	15.0228

총 잔류가스량(m³) 178.81

그림 11. 잔존가스량 계산 결과

발을 위하여 가스관에 대한 기본적인 관망자료를 토대로 GIS의 공간분석 기법을 적용하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

사고 발생시 지번찾기 기능 및 사고 지점에 대한 사용자 지정 기능을 구현함으로써 사고지점과 사고관에 대한 시설물정보의 신속한 파악이 가능하였다. 발생한 사고 지점에 대해서는 관망분석 기법 중 추적기법을 적용하여 신속하게 차단해야할 가스밸브를

검색하고 검색된 밸브의 현황과 속성의 파악이 가능하도록 하였다. 아울러 가스밸브가 차단됨으로써 공급이 중단된 관로에 남아있는 잔존가스량 산정을 통해 누출 최대가스량을 사전에 계산함으로써 피해 정도의 예측이 가능하도록 하였다. 이와 함께 누출사고에 의해 가스공급이 중단된 수용가에 대한 현황 및 전체적인 사고 현황을 시각적인 도식을 통해 쉽게 파악할 수 있도록 하였으며, 가스관의 노후도를 판단

할 수 있는 요소인 사고이력의 실시간 갱신이 가능하도록 하였다.

5. 향후과제

현재 도시가스 회사에서 개발하여 사용하고 있는 GIS 시스템들은 가스관망시설의 기본적인 시설물 파악이나 가스배관설계를 위한 기능 정도만을 가지고 있는 실정이다. 향후에는 본 연구에서 개발된 사고관리시스템의 사고 분석 기능을 적용하여 보다 효율적이고 안정적인 사고관리를 위한 방안이 강구되어야 하겠다. 또한, 도시가스회사에서 공통적으로 수행하고 있는 사고업무의 분석을 통하여 시스템 개발의 중복투자 방지 및 기존시스템의 재활용성의 극대화를 위한 가스사고관리 컴포넌트 설계 및 컴포넌트의 구현이 추진되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 지하시설물 관리시스템 개발보고서 (상), 1997.4
2. 건설교통부, 지하시설물 관리시스템 개발보고서 (하), 1997.4
3. 이수경, 가스안전공학, 동화기술교역, 1999
4. 한국도시가스공사 업무지침서, 1997
5. 한국토지공사, GIS에 의한 시설물 관리 방안 연구, 1998.6
6. Burden, R., and J. Faires, Numerical Analysis, PWS publishing company, 1997

(2002년 5월 3일 원고접수)