

가스 공급라인에서 가스 누출의 검출을 위한 지능적 정보 처리 알고리즘의 설계

박정호^{*} · 김영욱^{**} · 전경식^{***} · 정혜천^{*} · 이해영^{*} · 권순학^{*}

요 약

본 논문은 가스 공급라인에서 가스의 누출 여부를 통계적 데이터를 이용하여 검출하는 퍼지 판단 알고리즘을 제안한다. 모든 부하는 세 가지의 그룹으로 분할되어 있다. 제안된 알고리즘에는 두 개의 언어 변수가 사용된다. 첫 번째는 주어진 부하에 대해 현재 측정된 공급량과 통계적 공급량과의 차이이며, 두 번째는 한 샘플링 간격동안 첫 번째 변수의 변동이다. 첫 번째 언어변수의 현재 값에 대응하는 '판단식'이라는 수가 도입되었는데, 이 값은 가스누출의 가능성 정도를 의미한다. 제안된 가스 누출 검출 방식의 타당성을 보이기 위해 1992년 부산 지역 도시 가스의 공급 데이터를 가지고 모의 실험을 해 보았다. 여기서 모든 부하는 세 가지의 그룹으로 나누어지며 매 2시간마다 각 그룹별로 공급 데이터가 기록되어 있다. 두 그룹들에 대한 데이터에는 4%이내의 변동을 주고, 한 그룹에는 5%를 넘는 변동을 준 결과, 가스 누출이 잘 검출됨을 보일 수 있었다.

Design of an intelligent information processing algorithm of inferring gas leakage in gas supply system

Jung-Ho Park^{*} · Young-Wook Kim^{**} · Shik-Kyung Jeon^{***} · Hea-Chun Jung^{*}
Hai-Young Lee^{*} · Soon-Hak Kwon^{*}

ABSTRACT

This paper presents fuzzy decision making algorithm of detecting the existence of leakage in gas supply line using statistical data for given loads via a software technique. Here all loads are divided into three groups. Fuzzy rules of detecting gas leakage proposed in this paper uses two linguistic observation variables. The first is the difference between a measured supplied quantity to a given load group during a specified one sampling time and a statistical supplied quantity to the group at the checking time. The second is the deviation of the first variable during one sampling period. A number, so called 'Decision index', corresponding present values of the first linguistic observation variable is devised.

This number means the possibility of gas leakage. Also we suggested three kinds of decision formula evaluating each decision index. In order to show the validity of a proposed fuzzy rules for checking gas leakage, computer simulations are performed with supply record of urban gas for the Pusan city in 1992. Here all loads are divided into three groups and record the supplied quantity for each group at every 2 hours. Data for two groups are modified within 4% range and data for one group are changed over 5% range. Computer simulation results show that the existence of gas leakage is well detected.

1. 서론

현대사회에서 가스(Gas)는 없어서는 안될 에너지 원이다. 가스는 공장, 가정등 여러곳에서 에너지로 활용되고 있다[1]-[3]. 그런데 가스라는 에너지의 운송방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 가스를 저장할 수 있는 운반용 통에 담아 이송하는 것이며, 주로 소량이면서 부정기적으로 운송시에 사용한다. 두 번째 방법은 지상이나 지하에 관(Pipe)을 설치하여 이송하는 방법이며, 주로 대량이면서 지속적인 공급을 할 때 사용된다. 요즘은 국내에서 대형 가스 폭발사고를 발생시킨것도 두 번째 공급방식이다. 이런 대형사고의 발생원인을 크게 두 가지로 나누어 보면, 하나는 설계 또는 시공상의 문제가 있을 수 있으며, 다른 하나는 운영 또는 관리상의 문제점을 생각할 수 있다. 아무리 잘 만들어져 있어도, 계속적인 유지 및 관리의 중요성은 자명한 것인데 현실은 그렇지 못한 경우가 많다. 기술적인 면이나 그 외 여러 가지 면에서의 문제점이 있을 것이다.

본 논문에서는 기술적인 면에서 가스 공급 라인의 어떤 부분에 가스 누출이 발생할 경우, 이를 조기에 자동으로 검출하여 대형 폭발사고로 연결되지 않도록 경보를 줄 수 있는 지능적인 가스 누출 점검 방식을 제안한다. 가스 공급 라인에서 가스 누출이 발생한 것을 검출하는데는 크게 두 가지 방안을 생각할 수 있다. 하나는 하드웨어적인 방법으로서 가스 공급원에서 부터 시작하여 모든 부하에서 유량계를 통해 사용 가스를 원격 신호로 전달받아 누출여부를 점검하는 방식이다. 그러나 이런 방법은 정확성은 있지만, 모든 부하로부터 유량데이터를 받아오려면 현재 지하에 매설된 모든 가스 공급라인을 찾아 원격점검용 신호전송라인을 시공해야 하며, 이런 방법은 엄청난 예산을 필요로 함으로 현재로서는 실용성이 없다. 다른 하나는 본 논문에서 제안한 소프트웨어적인 방법으로서 가스 공급라인을 몇 개의 구간으로 분할하고, 각 분기점에서만 가스량 신호를 받아 오는 것이다. 그리고 부하의 통계적 데이터를 이용하여 가스 누출이 있을 만한 구간을 지능적으로 추론하여 알려주는 방식이다.

이 방식은 하드웨어적인 방식에 비해 정확성은 낮지만, 이런 경보시스템을 설치하는데 필요한 경비와 노력이 매우 적으며, 이 정도의 기능만 제대로 작동하여도 큰 사고를 예방하는 것은 가능할 것이다.

본 논문에서는 부하를 단독주택, 아파트 및 공장 등의 세 가지 그룹으로 나누어 각 그룹별 부하특성을 실적데이터를 이용하여 분석한다. 다음에 지정된 일정한 시점마다 각 그룹별로 현재 가스 사용 상황에 대한 데이터를 받아 해당 부하가 기존의 통계적 특성 [5]-[6]과 어느 정도 다른 지를 찾아내는 퍼지판단방식을 제안한다.

모의실험 대상으로는 1992년도 부산지역의 도시가스 공급데이터로 정했으며[1], 이 데이터들은 매 2시간마다 각 그룹별로 사용량을 기록한 것이다. 따라서 가스 누출 여부의 점검 주기는 2시간으로 설정하여, 한 그룹에는 누출이 있도록 데이터를 변경하고 다른 두 그룹은 지속적인 누출이 없도록 하여 모의실험을 해 본 결과, 본 논문에서 제안된 퍼지 판단 방식에 의해 가상의 누출이 발생한 공급라인이 잘 검출됨을 볼 수 있었다.

2. 연구 대상 시스템의 구조와 특성

2-1. 연구 대상 가스 배관망의 구조

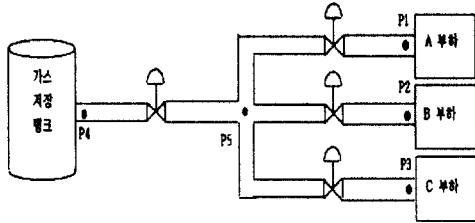
본 논문에서 다룰 연구 대상으로는 우리 생활주변에서 쉽게 접할 수 있는 도시 가스 공급망으로 정했고, 지역으로는 통계자료를 구할 수 있었던 부산으로 결정하였다. 이 자료에서는 부하를 다음과 같이 세 가지 그룹으로 분류하고 있다.

A부하=1만 가구의 단독주택 그룹

B부하=2만 가구의 아파트

C부하=70개소의 공장

이와 같은 가스 공급구조를 그림1과 같이 도식적으로 표현해 보자.



(그림 1) 가스 공급망의 구조

본 논문에서는 큰 사고가 발생할 가능성이 높은 구간을 4개로 구분했다. 즉 그림1에 보여진 5개의 점검위치(P1, P2, P3, P4, P5)를 기준으로 P4~P5구간, P5~P1구간, P5~P2구간 및 P5~P3 구간이 가스 누출 여부가 조사될 부분이다.

대개 가스 공급관은 땅속에 묻혀 있는 경우가 많으므로, 어느 구간에 문제가 있을 것 같다는 정보만 자동으로 알려줄 수 있다면, 정확한 위치는 현장 조사가 원이 주로 노출된 가스관을 조사함으로써 찾을 수 있기 때문에 점검 구간을 위와 같이 분류하는 것은 타당성이 있다.

2-2. 가스 누출의 특성

가스 배관망에서 발생하는 가스 누출을 자동으로 점검하기 위해서는, 먼저 가스 누출의 유형을 조사해 볼 필요가 있다. 상식적으로 생각해 보면 그림2에 보여진 것과 같이 지속적인 누출, 일시적인 누출 및 간헐적인 누출의 세 가지 형태로 분류할 수 있다.

(그림 2) 가스 누출의 형태

지속적인 누출의 예를 든다면 지하철 공사장에서 공중으로 노출된 대형 가스관을 공사중 일부 파손시

켜 가스가 계속 누출되는 문제를 생각할 수 있으며, 세 가지 유형중 가장 위험한 것이다. 이런 관점에서 본 논문에서는 지속적인 누출을 연구대상으로 선정하였다.

3. 가스 누출 구간 검출을 위한 퍼지 판단 방식

3-1. 설계 사상

본 논문에서 제안한 소프트웨어적인 가스 누출 검출 방식의 출발점은 각 부하의 통계적인 가스 사용량 보다 현재의 사용량이 지속적으로 크게 관측될 경우, 해당 부하에 연결된 공급 구간에서 가스 누출이 있을 것이라고 판단하는 것이다. 여기서 '지속적'이란 표현을 쓴 이유는 해당 부하가 일시적으로 증가하는 상황은 제외한다는 의미이다.

3-2. 관측 변수의 설계

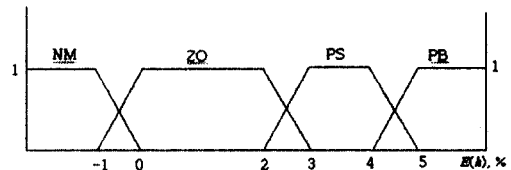
먼저 본 논문에서 제안한 누출 점검 방식에 사용될 몇 가지 관측변수를 정의하여 보자. $E(k)$, $k=0,1,2,\dots$ 는 k 번째 점검 주기에서 계산된 통계적 사용량과 현재 사용량 사이의 백분율 오차라고 식(1)로 정의한다.

$$E(k) = \frac{\text{현재사용량} - \text{통계적사용량}}{\text{통계적사용량}} \times 100(\%) \quad (1)$$

$E(k)$ 는 음 또는 양의 값이 될 수 있지만, 중요한 것은 양의 수치이므로 $E(k)$ 의 용어 집합(Term set)을 다음과 같이 약속한다.

$$E(k) \text{의 용어 집합} = \{NM, ZO, PS, PB\}$$

여기서 NM은 Negative medium, ZO는 Zero, PS는 Positive small 및 PB는 Positive big의 약자이다. 또한 $E(k)$ 의 용어 집합내에 있는 각 요소의 소속도 함수는 여러번의 모의 실험을 통해 그림 3과 같이 선정하였다.



(그림 3) $E(k)$ 의 각 요소에 대한 소속도 함수

그림 3에서 볼 수 있듯이 $E(k)$ 가 5% 이상이 되면 정상적인 부하 변동폭보다 크다고 생각됨으로 오차가 매우 크다고 판단한다는 것이다.

다음에는 매 점점 주기마다 측정된 현재 사용량의 변동이 '일시적'인 것인지 아니면 '지속적'인 것인지를 판단하기 위한 변수로서 오차의 증감분이란 량을 정의하고, k 번째 점점 주기에서 오차의 증감분을 $Difference.error(k)$, $k=1,2,\dots$,라 하면 식 (2)로 약속한다.

$$Difference.error(k) = E(k) - E(k-1) \quad (2)$$

그런데 앞에서 이 변수의 의미는 $k-1$ 및 k 번째 측정 주기에서 계산된 오차로부터, $k-1$ 번째 발생한 오차가 '일시적'인지 '지속적'인지를 판단하는데 사용된다고 했다. 그런데 오차의 증감분은 이전의 백분율 오차가 어느 정도의 크기를 갖느냐에 따라 그 값의 의미가 달라지는 문제가 있다.

(경우 1) $E(k-1)=6\%$ 일 때

- (i) $E(k)=3\%$ 이면, $Difference.error(k) = -3$
- (ii) $E(k)=6\%$ 이면, $Difference.error(k) = 0$
- (iii) $E(k)=8\%$ 이면, $Difference.error(k) = 2$

이 결과를 보면 $k-1$ 번째 백분율 오차가 누출이 있다고 볼 수 있을만한 값일 경우에는 다음 계속 주기에서 계산된 $E(k)$ 로부터 오차의 증감분을 계산했을 때 대개의 경우 다음과 같은 추론을 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

오차의 증감분이 -값이면, 누출이라기 보다는 부하의 일시적인 변동이다.

오차의 증감이 0이면, 같은 크기의 누출이 지속된다.

오차의 증감분이 +값이, 누출 가능성이 높다.

(경우 2) $E(k-1)=2\%$ 일 때

- (i) $E(k)=1\%$ 이면, $Difference.error(k) = -1$
- (ii) $E(k)=2\%$ 이면, $Difference.error(k) = 0$
- (iii) $E(k)=6\%$ 이면, $Difference.error(k) = 4$

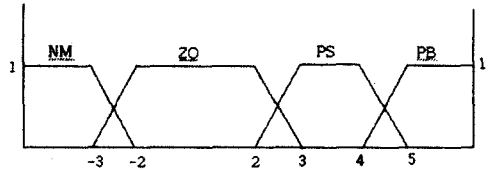
이 경우에는 이전 오차의 백분율이 정상적인 부하 변동폭인 5%보다 훨씬 작으므로 오차의 증감분이 0일 때, 같은 크기의 누출이 지속된다고 판단하면 않된다. 다시 말하면 이전의 백분율 오차가 작은 값일때는 오차의 증감분 값이 +5%정도 이상은 되어야 누출이 있을 것이라고 판단할 수 있다는 의미이다. 따라서 오차의 증감분을 나타내는 변수를 다음과 같이 분류하

여 다시 정의한다. 즉 $Diff.bigerror(k)$ 를 이전의 백분율 오차가 PB일 때 오차의 증감분 및 $Diff.bigerror(k)$ 를 이전이 백분율 오차가 PB이외의 경우일 때 오차의 증감분으로 약속하자.

여기서 각 경우에 오차의 증감분을 계산하는 식은 $Difference.error(k)$ 와 모두 동일하다. 단지 그 값이 동일해도 이전의 백분율 오차가 얼마이었던지에 따라 의미가 달라지기 때문에 이 변수의 명칭을 두 가지로 분류한 것이다.

다음에 각 변수의 의미에 맞도록 오차의 증감분에 대한 용어 집합(Term set)을 정의하여 보자. 먼저 $Diff.bigerror(k)$ 의 용어 집합은 다음과 같이 약속한다.

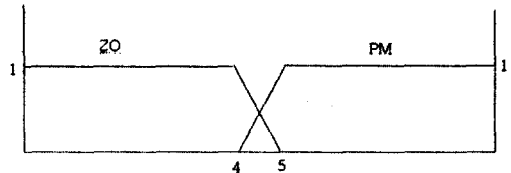
$Diff.bigerror(k)$ 의 용어 집합={NM, ZO, PS, PM}
용어 집합내의 각 명칭은 $E(k)$ 와 동일하며, 각 요소의 소속도 함수는 그림 4와 같이 설계하였다.



(그림 4) $Diff.bigerror(k)$ 의 각 요소에 대한 소속도 함수

두 번째로 $Diff.bigerror(k)$ 의 용어 집합은 다음과 같이 정의한다.

$Diff.bigerror(k)$ 의 용어 집합={ZO, PM}
여기서도 용어 집합내의 각 명칭은 $E(k)$ 와 동일하며, 각 요소의 소속도 함수는 그림 5와 같이 정했다.



(그림 5) $Diff.bigerror(k)$ 의 각 요소에 대한 소속도 함수

다음에 누출 여부를 결정하기 위한 기준으로 '판단 지수'라는 개념을 도입한다. 이 판단 지수라는 량은 $X(k)$, $k=1,2,\dots$,라는 변수로 정의되며, 오차의 백

분율에 대해 1:1로 대응되어 설계된 수치로써 매 점검 주기마다 판단 지수의 값이 그때의 조건에 적합한 '판단식'으로 합산되어지며, 판단식의 값이 0.5를 초과하면 누출이 있는 것으로 결정된다. 표 1에 본 논문에서 설계된 판단 지수를 보인다.

<표 1> 오차의 백분율에 따른 판단지수

$E(k)$ (오차의 백분율)	$X(k)$ (판단지수)
$E(k) < 0$	0
$0 \leq E(k) < 3$	0.03
$3 \leq E(k) < 5$	0.05
$5 \leq E(k) < 7$	0.08
$7 \leq E(k) < 10$	0.1
$10 \leq E(k) < 15$	0.12
$15 \leq E(k) < 20$	0.2
$20 \leq E(k)$	0.5

마지막으로 현재책 상태에 따라 판단 지수를 합산하는 판단식은 경우에 따라 세 가지로 나누어 설계되었으며 다음과 같다.

$$\text{판단식1} : F_1 = \left(\sum_{k=1}^n X(k) \right) + X(n) \quad (3)$$

$$\text{판단식2} : F_2 = \left(\sum_{k=1}^n X(k) \right) + (2X(n)) \quad (4)$$

$$\text{판단식3} : F_3 = \left(\sum_{k=1}^n X(k) \right) + X(1) \quad (5)$$

여기서 n 은 $E(k)$ 에 이상이 발생했다고 생각된 시점부터 계속 점검된 횟수를 의미한다. 즉 k 번째 시점에서 $E(k)$ 에 이상이 발생했다면 n 은 1이 되며, $k+1$ 번째에도 이상이 발생하면 n 은 2가 되지만, $k+1$ 번째에는 이상이 발생하지 않는다면 n 은 0으로 다시 초기화된다. 이제 다음에는 여기서 설계한 판측 변수들을 이용하여 가스 누출 구간을 지능적으로 검출할 수 있는 방법을 설명한다.

3-3. 누출 점검을 위한 퍼지 판단 방법

본 논문에서 제안된 가스 누출 구간 검출을 위한 퍼지 판단 방식은 앞에서 언급한 오차의 백분율, 오차의 증감분, 누출 정도의 판단지수 및 판단식에 의해 설계되는데 추론의 각 단계별로 정리해 보면 다음과 같다.

단계1 : 필요 데이터의 입력

여기서는 본 추론 방법을 가동시키는 시점에 대한 정보(해당 월, 요일 및 시간)와 각 부하의 현재(k 번째) 사용량을 측정된 값들이 입력된다.

단계2 : 공급 탱크에서 분기점까지(P4~P5)의 누출 검색

$Q(k)$, $Q_A(k)$, $Q_B(k)$ 및 $Q_C(k)$, $k=1, 2, \dots$, 물 각각 k 번째 측정시 총 공급량, A부하의 사용량, B부하의 사용량 및 C부하의 사용량이라하면, 판별식(6)에 의해 P4~P5구간의 이상 여부를 검색한다.

$$\frac{Q(k) - (Q_A(k) + Q_B(k) + Q_C(k))}{Q_A(k) + Q_B(k) + Q_C(k)} > 0.01 \quad (6)$$

이 조건이 만족되면 P4~P5구간에 누출이 발생한 것으로 판단하고, 이를 운전자에게 알린다.

단계3 : 필요 데이터의 계산 단계

단계2에서 이상이 검출되지 않으면 본 단계로 들어와 분기점 이후의 각 공급라인에서의 누출 여부를 검출하기 위해 앞에서 정의한 $E(k)$, $X(k)$ 및 오차의 증감분($E(k) - E(k-1)$)을 산출한다.

단계4 : '판단식'의 계산 과정

여기서는 단계3에서 계산된 변수 값들을 보고 각 공급라인에서의 누출 여부를 판단할 수 있는 판단식의 값을 산출한다. $E(k)$ 및 오차의 증감분이 어떤 정도의 값이 되느냐에 따라 적용되는 판단식이 달라지는 데 각 경우별로 요약하면 다음과 같다.

(i) $E(k)=PB$ 인 경우

$Diff. bigerror(k)=PB$ 이면, 판단식3을 계산한다.

$Diff. bigerror(k)=PS$ 이면, 판단식1을 계산한다.

$Diff. bigerror(k)=ZO$ 이면, 판단식2을 계산한다.

$Diff. bigerror(k)=NM$ 이면, 판단식3을 계산한다.

(ii) $E(k)=PS$ 인 경우

$Diff. bigerror(k)=ZO$ 이고, $((\sum_{k=1}^n E(k))/n) \geq 2$ 이면, 판단식1을 계산한다.

$Diff. bigerror(k)=ZO$ 이고, $((\sum_{k=1}^n E(k))/n) < 2$ 이면, 판단식3을 계산한다.

$Diff. bigerror(k)=PM$ 이면, 판단식3을 계산한다.

(iii) $E(k)=ZO$ 인 경우

$\overline{Diff. bigerror}(k)=ZO$ 이고, $((\sum_{k=1}^n E(k))/n) \geq 1.5$ 이면, 판단식1을 계산한다.

$\overline{Diff. bigerror}(k)=ZO$ 이고, $((\sum_{k=1}^n E(k))/n) < 1.5$ 이면, 판단식3을 계산한다.

$\overline{Diff. bigerror}(k)=PM$ 이면, 판단식3을 계산한다.

(iv) $E(k)=NM$ 인 경우
판단식3을 계산한다.

단계5 : '판단식' 결과의 종합 과정

(i) $E(k)=PB$ 인 경우에 판단식 결과의 종합

현재의 $E(k) - E(k-1)$ 이 계산되면, 이 값에서 $Diff. bigerror(k)$ 의 PB, PS, ZO 및 NM의 각 소속도 함수값이 계산되고 이것을 해당 규칙의 결론부에 있는 판단식 ZO 및 NM의 각 소속도 함수값이 계산되고 이것을 해당 규칙의 결론부에 있는 판단식값에 곱한 후 4개 규칙의 각 결론값을 산술적으로 합하면 된다. 이 값을 $Y_{E,PB}(k)$ 라고 약속하자.

(ii) $E(k)=PS$ 인 경우에 판단식 결과의 종합

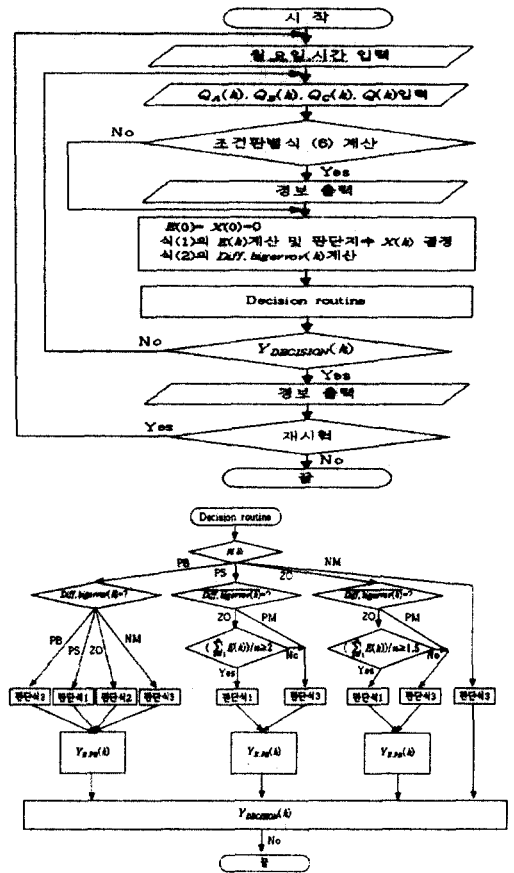
$E(k) - E(k-1)$ 에 $Diff. bigerror(k)$ 의 ZO 및 PM의 각 소속도 함수값이 계산되고, 이것을 해당 규칙의 결론부에는 판단식값에 곱한 후, 3개 규칙의 각 결론값을 산술적으로 합한다. 이 값을 $Y_{E,PS}(k)$ 라고 정의하자.

(iii) $E(k)=ZO$ 인 경우

앞에서와 같은 방법으로 2개의 규칙의 각 결론값을 산술적으로 합하고, 값을 $Y_{E,ZO}(k)$ 라 하자

(iv) $E(k)=NM$ 인 경우는 판단식3의 결과를 그대로 둔다.

(v) 위의 (i)~(iv)의 결과를 종합하여 현재 상태에서의 최종 판단식 값을 추론하는 방법으로는, 현재의 $E(k)$ 값에서 $E(k)$ 의 PB, ZO, NM의 각 소속도 함수값을 계산하고, 이것을 각각 $Y_{E,PB}(k)$, $Y_{E,PS}(k)$, $Y_{E,ZO}(k)$ 및 판단식3의 결과에 곱한 후 산술적으로 합한다. 이 값을 $Y_{DECISION}(k)$ 라고 정의한다면, 이것이 0.5를 넘었을 때 해당 공급 라인에서 누출이 있다고 판단하는 것이다. 이 추론 과정을 흐름도(Flow chart)로 정리하여 보면 그림6과 같다.



(그림 6) 추론과정의 흐름도

4. 통계자료를 이용한 모의실험

본 논문에서 제안된 가스 누출 검출 방식의 타당성을 알아보기 위해 통계자료를 사용하여 모의실험을 해 보았다. 사용된 통계자료는 부산시에서 발행한 1992년도 부산통계연보에 있는 1992년도 부산지역도 시가스 공급 실적 자료인데 매 1개월 단위로 두시간마다 기록되어 있으며 부하물 1만 가구의 단독주택지, 2만 가구의 아파트단지 및 70개소의 공장등 3종류로 분류하여 정리되어 있다. 참고로 부록에 1992년 1월의 가스 공급 자료를 보인다. 앞의 연구대상 가스배관망의 구조에서 A부하물 1만 가구의 단독주택지, B부하물 2만 가구의 아파트단지 및 C부하물 70개소의 공장이라고 약속하여 보자.

이제 다음과 같은 상황을 가정하여 본다. B 및 C 부하로 가스를 공급하는 라인에는 이상이 없으며 A 부하의 공급라인에 누출이 발생했다. 따라서 통계자료에서

A부하의 매 두 시간마다 실적자료를 상식적으로 볼 때 공급라인에 누출이 있다고 할 수 있는 정도로 각 점검주기마다의 자료를 변경시키고 B 및 C부하의 데이터는 누출이 없다고 간주할 수 있는 정도로 바꾼 후 본 논문에서 제안된 누출검색방법으로 각 공급라인의 현재상태를 조사해 보았다. 표2에 A부하에 대해 제안된 누출판단방식을 통해 매 점검 단계별로 계산된 결과를 보인다.

<표 2> 매 점검 단계별 누출 판단방식의 계산 결과

A (부하)	X(A)	n	Y _{DECISION(A)}		
			속속도 합수	계산식	계산 결과
1 2.9%	0.08	1	FB=30% 2C>30%	(판단식3-0.5)×(판단식3-0.5)	0.08
2 0%	0.08	1	NM=100%	판단식3 D=0.08-0.08	0.08
3 -1%	0	1	NM=100%	판단식3 D=0-0	0
4 2.7%	0.08	1	FS=70% 2C>30%	(판단식3-0.5)×(판단식3-0.5) D=0.08-0.08	0.08
5 4.3%	0.05	2	FB=30% FS=70%	(판단식2+0.3)×(판단식1-0.7) (0.05-2×0.03)×0.3+(0.03×0.05)×0.7	0.085
6 5.9%	0.08	3	FB=100%	판단식2 0.085×(0.08-2)	0.225
7 4.7%	0.05	4	FB=70% FS=30%	(판단식2+0.7)×(판단식1-0.3) (0.05-2×0.025)×0.7+(0.05×0.25×0.3)	0.34
8 7%	0.1	5(경보)		판단식2 0.34×(0.1-2)	0.54

표2에서 볼 수 있듯이 8번째 점검시점에 Y_{DECISION(8)}이 0.54로 0.5를 초과하여 누출이 검출됨을 알 수 있다. B 및 C부하의 데이터는 누출이 없는 경우로서 같은 방식으로 계산하여 보면 경보가 발생하지 않는다.

5. 결론

본 논문에서는 가스 공급라인에서 가스의 누출여부를 부하의 통계적 사용 실적 자료를 이용하여 소프트웨어적으로 검출할 수 있는 퍼지 추론 방법을 제안하였다. 설계된 누출검점방식에서는 통계적 사용량과 현재 사용량사이의 오차와 매 점검 구간마다의 오차 증감분에 대한 정보를 가지고 해당 값의 크기에 따라 적절한 판단식을 계산하고 최종적으로 각 판단식의 결과를 지능적으로 합성하여 누출여부를 결정하는 종합판단지수를 산출한다. 부하를 3개군으로 분류한 1992년도 부산지역 도시가스 공급자료를 사용하여 2개군의 부하는 통상적인 변동범위내의 변화를 주고 1개군의 부하에는 누출이 있다고 볼 수 있을 만큼 데

이터를 변경하여 모의 실험을 해 본 결과, 본 논문에서 제안된 방식에 의해 누출구간이 잘 검색됨을 확인할 수 있었다. 이러한 누출검점방식은 가스 공급회사에 검출방식과 공급자료만 입력시키면 쉽게 실용화될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 부산광역시, "부산 통계 연보", 1992.
- [2] 대구광역시, "대구 통계 연보", 1992.
- [3] 서울특별시, "서울 통계 연보", 1993.
- [4] Eari.cox, "The Fussy systems handbook: a practitioner's guide to building and maintaining Fussy systems," Boston, Ap. professional, 1994
- [5] 전용진, "통계 자료 분석", 학문사, 1992
- [6] 윤용운, "예측 방법론의 이해",자유 아카데미

저자 소개

- * 전기전자공학부
- ** LG전자
- *** 현대중공업

부록 1 : 1992년 1월 부산 도시가스 공급자료

시간	용도	단독주택지(A)	A P T 단지(B)	공 장(C)
0-2		427.4 (70%)	778.5 (80%)	1784 (70%)
2-4		427.4 (70%)	778.5 (80%)	1784 (70%)
4-6		427.4 (70%)	778.5 (80%)	1784 (70%)
6-8		549.5 (90%)	1167.8 (90%)	2016 (80%)
8-10		610.6 (100%)	1167.8 (90%)	2520 (100%)
10-12		498.5 (80%)	908.3 (70%)	2520 (100%)
12-14		549.5 (90%)	1167.8 (90%)	2288 (90%)
14-16		498.5 (80%)	908.3 (70%)	2520 (100%)
16-18		549.5 (90%)	1167.8 (90%)	2520 (100%)
18-20		610.6 (100%)	1297.5 (100%)	2288 (90%)
20-22		610.6 (100%)	1167.8 (90%)	2016 (80%)
22-24		498.5 (70%)	1088 (80%)	1784 (70%)
비고		하루 평균 사용량 519m ³ /h 변화율 18% 427.4~610.6	하루 평균 사용량 1088m ³ /h 변화율 23% 778.5~1297.5	하루 평균 사용량 2142m ³ /h 변화율 18% 1784~2520

단독주택지:1만가구, APT단지:2만가구, 공장:70개소