

스마트빌딩내 화재감시용 온도 센서 데이터 처리에 관한 연구

심형석*
*서대문소방서
e-mail:cpuriver@yahoo.co.kr

A Study on Temperature Sensor Data Processing For Fire Alarm Database in Smart Building

Hyungsug Sim*
*Seodaemun Fire Station

요 약

건물내의 열을 온도 센서를 통해 모니터링함으로써 발생하는 온도 데이터의 양은 온도 센서의 정밀도가 향상되고 센서의 수가 증가함에 따라 기존의 화재감시시스템이나 공기조화냉동시스템에서 발생하는 것과는 비교할 수 없이 증가하게 된다. 이 과정에서 화재를 감시하기 위하여 유용한 데이터만을 처리해 데이터베이스화하고, 화재 예방에 활용하기 위해 온도 데이터의 효과적인 처리 방법을 연구함으로써 보다 작은 시스템의 구축으로도 안정적인 화재 감시 및 예방이 가능한 방안을 제시한다.

1. 서론

최근 스마트 빌딩 구현에 있어서 활발하게 논의되고 있는 분야는 시간과 장소에 구애받지 않고 각종 정보가진 기기들과 정보를 주고받으며 이를 제어할 수 있는 통신망과 시스템 구축 등이다. 본 연구에서는 화재시 발생하는 열을 온도 센서를 통해 인식하고 효율적으로 처리할 수 있는 방안을 연구한다. 대량 발생하는 온도 데이터를 필요한 데이터로 변환하여 저장함으로써 보다 작은 규모의 시스템에서도 효율적인 화재감시를 가능하게 하고 결국 이를 통해 화재방지 시설 제어 및 관리를 용이하게 할 수 있다. 그리고 온도 센서를 이용하여 열의 이동을 추적할 수 있다는 것은 곧 화재를 방지하기 위한 다른 설비를 조작할 수 있다는 것을 말하기 때문에 현재의 화재방지 시스템보다 정밀성을 높일 수 있다. 열의 이동을 통한 화재 감시와 설비제어를 연구하는 부분은 초기단계이나 효과적인 온도 데이터의 처리와 소방시설 제어, 소규모 화재감시 시스템 운용을 통해 에너지절약과 화재예방 등의 효과를 거둘 수 있다. 그리고 이를 기반으로 응용 서비스에 데이터를 제공하는 웹서비스를 구현함으로써 원격 제어를 할 수 있는 기반구축이 가능할 것이다.

온도 센서로부터 인식되는 데이터의 기본적인 특징중 하나는 건물내에 설치된 센서로부터 인식되는 온도가 일정하지 않고 계속 변화한다는 것이다. 따라서 온도 센서로부터 인식된 데이터는 기존의 화재센서와 달리 중복되거나 부정확한 데이터가 쉽게 발생하게 된다. 따라서 이 연구에서는 화재감시 시스템에서 발생하는 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 모델을 제시한다. 본 연구의 목표는

사용자들이 온도 센서들로부터 생성된 대량의 데이터를 효율적으로 처리하고, 결국 이를 통해 화재 위험요인을 사전에 파악하며, 실제 화재시 신속하게 소방시설을 작동시키도록 하는 것이다. 건물에서 현재의 감시센서를 대체한 결과 발생하는 온도 센서의 데이터량은 센서가 정밀해질수록 많아진다. 대용량의 데이터베이스시스템과 통신망을 구축하는 것은 비용문제 등을 야기하며 기존의 소규모 소방시설보다 복잡한 시스템을 필요로 하게 된다. 결국 온도 센서와 데이터베이스 기술이 소규모 시스템에서도 잘 작동되도록 하기 위해서는 저장되는 데이터의 품질 향상이 필요하다. 이 연구에서는 발생한 데이터의 오류와 불필요한 데이터를 제거하고 작은 규모의 시스템에서도 효율적으로 작동될 수 있는 데이터처리 모델을 연구함으로써 화재감시 센서의 효과적인 운영에 기여할 수 있을 것이다.

이 연구는 다음과 같은 구성된다. 제2장에서 건물내에서 발생한 열의 온도 센서 데이터 처리와 관련된 연구들을 논의하고, 제3장은 온도 센서 데이터의 저장구조를 제시하고, 데이터 처리에 필요한 데이터 필터링과 품질향상 방법들을 제안한다. 그리고 화재감시용 테이블 구축 방법들을 연구하며, 실험 결과들을 확인한다. 제4장에서는 본 연구의 결론을 정리하고, 부족한 점과 추가 연구해야 할 부분에 대해서 살펴본다.

2. 관련 연구

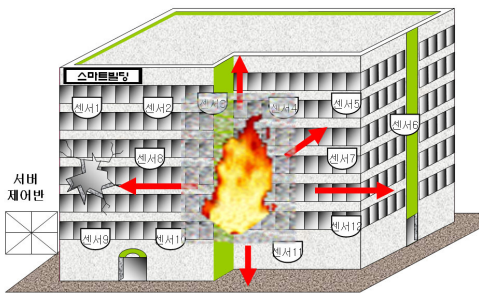
화재시 발생하는 불꽃, 열, 연기, 유독가스 등을 인식하는 방법에는 적외선, 자외선, 온도, 공기팽창 등의 여러 가지 방법이 있으나 현재의 소방시설에서 저렴한 비용으로

정확하게 화재를 인식하는 방법은 열을 감지해 경보하는 것이며 이를 통해 소화설비를 작동시키게 된다. 화재시 방출되는 열은 공기간의 대류, 건축재를 통한 전도, 열에너지원의 복사를 통해 전달되며 온도 센서는 이러한 온도를 인식하고 실시간으로 데이터를 송신하여야 하기 때문에 정밀 산업에서 요구되는 고성능보다는 안정성, 내구성을 중요시하며 연구되고 있다. 또 스마트빌딩내의 각종 센서에서 발생한 데이터를 송수신함에 있어서 유무선의 다양한 기술들이 연구되고 있다. 소방시설용 통신망은 특히 안정성에 주목하여 화재, 폭발, 지진 등에 견딜 수 있는 다양한 통신 기술이 연구되고 있으며, 스마트 빌딩에서 다양한 기기들을 서로 연결해 주는 네트워크는 화재방지 네트워크 기술 가운데 중요도가 높은 핵심 기술 요소이다. 센서 관련 기술의 발전으로 소형화, 저가화, 저전력화 추세가 보다 진전되면 센서에 임베디드 형태로 네트워크 모듈을 탑재하는 것은 일반화 될 것이다. 그리고 모든 소방시설들을 제어하게 될 경우 각 실별 설치되어야 할 각종 센서와 작동기의 수는 기존에 설치되어 있는 자동화탐지설비용 회로나 기타 통신회로는 감당할 수 없는 수준에 이를 것이며, 유무선 디바이스들도 다수의 온도 센서와 작동기를 조작하기 위해서는 단순한 회선증가가 아닌 별도의 허브 등이 필요하게 되어 화재방지 시스템 구성에 장애요인이 될 수 있으며, 별도의 에너지 사용처가 될 수 있다. 기존의 센서 데이터 수집과정은 화재에 대한 측정 데이터만을 제공받도록 되어있어 데이터를 전달받기 위해서는 미리 위치와 인터페이스를 지정한 후 시스템을 구성하여 데이터를 제공받아야 하기 때문에 건물구조변경 등에 대처하기 어려웠지만 인터페이스의 개선과 센서 관련 통신기술의 연구, 웹서비스를 통해 건물내외에서 보다 쉽게 센서 및 서버를 제어할 수 있는 방향으로 연구가 진행중이다.

3. 온도 데이터 처리

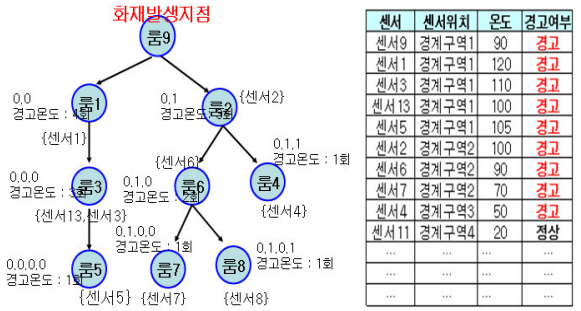
3.1 열의 이동과 온도 데이터 처리

화재시 발생하는 열의 온도 데이터베이스를 구축하기 위해 본 연구에서는 기존의 화재감시 설비가 가지지 못한 몇가지 가정을 하였다.



(그림1) 스마트빌딩에서의 화재

위 그림1에서와 같이 온도 센서가 설치된 모델의 경우,

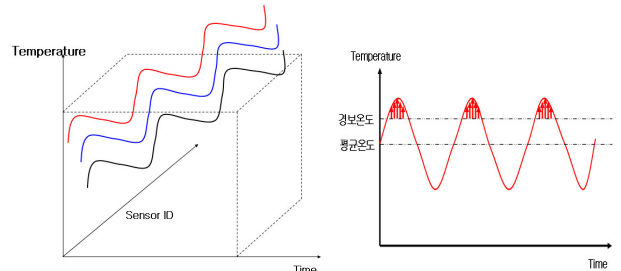


(그림2) 열의 이동과 경로트리

화재가 발생함에 따라 열은 여러 가지 경로로 이동하게 되며 그림2와 같이 센서에서 인식하게 된다.

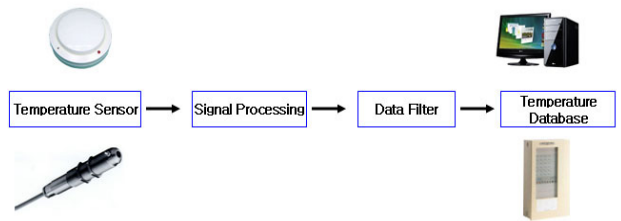
<가정1> 스마트빌딩내 각 룸별로 화재 감시에 적합한 수의 센서가 설치되었으며, 설치된 센서는 일정 온도에서 작동되는 성능의 것으로 가정한다.

<가정2> 구획별 경계구역은 현재의 화재안전기준에 적합한 것으로 가정한다. 따라서 경계구역에 따라 적정한 양의 센서를 설치할 수 있다.



(그림3) 시간에 따른 온도변화

그림3은 시간에 따른 온도변화를 나타내는 데 경보온도에 도달한 값에서만 온도 센서가 작동되어 데이터를 송신한다고 가정했을 때, 시스템의 경제성이 향상되며 불필요한 데이터의 삭제, 오작동 방지와 함께 사용수명을 향상할 수 있다.

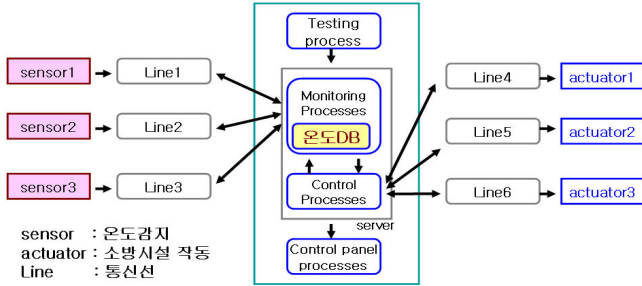


(그림4) 온도 데이터 처리 절차

그림4에서는 경보온도에서부터 작동되어 송신되는 데이터의 처리절차를 나타내고 있다. 보다 적합한 수준의 필터를 구성할 수 있다면 신호 처리단계에서 데이터의 품질

향상을 도모할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 현재의 기술수준 등을 고려하여 데이터 필터는 임시적으로 온도 센서 부분에 설치하는 것으로 가정하였다.

아래 그림5는 이러한 열 데이터를 처리한 결과로 구성될 수 있는 화재감시 및 소방시설 제어도이다. 이 과정에서 다양한 종류의 센서를 통해서 화재를 인식할 수 있으며, 유무선 등 다양한 통신 수단을 통해 화재를 감시하고 진압할 수 있다.



(그림5) 화재 모니터링과 컨트롤을 위한 일반적인 구조도

<가정3> 설치된 온도 센서는 저가의 센서로 고온과 저온을 견딜 수 없다고 가정한다. 150℃까지 온도가 올라가면 센서는 작동불능 상태가 된다고 한다면, 실제 화재 발생시 데이터베이스상에 저장되는 최종온도는 150℃이다.

```

Input: 온도 센서에서 측정된 온도
Output: 기준에 부합하는 온도
Method:
for (i = 0 ; ; i++)
{
    if (온도(i) >= 기준값)
        switch (온도(i))
        {
            case 화재 :
                화재발생값 저장( ); //즉시 경고
                break;
            case 경계 :
                화재경계값 저장( ); //정상시 감시 활용 등
                break;
            case 삭제 :
                중복 데이터 삭제( ); //오작동 여부 확인 등
                break;
        }
    else
        기준값 이하 삭제; //주변 센서와 기온 감안 삭제
}
    
```

(그림6) 온도 필터링 알고리즘

일일 기온이 계속해 변화됨으로 3시간 이상 동일한 값이 발생된다면 실제로는 센서고장이나 통신선이 단선된 것이지만 45℃미만을 필터링할 경우 이를 인식할 수 없게 된다. 따라서 데이터 삭제는 일정 기간을 정해서 이루어져야 한다. 그림6은 센서로부터 출력되는 데이터를 필터링하는 예이다. 온도가 화재가 분명한 시점까지 올라간다면 즉시

경보할 수 있으며, 경계값 이상이 자주 발생하는 온도 센서가 있다면 이 지점을 확인해 볼 필요가 있다. 화기를 자주 사용하거나 환기가 잘 되지 않아 경계값 이상이 발생하는 경우 이 지점은 화재의 우려가 많은 곳임으로 예방조치가 필요하다. 또 중복되는 데이터값이 계속해 발생된다면 이것은 온도 센서가 오작동하는 경우가 많을 것이다. 회로의 단락으로 즉시 경보를 발생할 수 있도록 설계된 현재의 화재감시시설에서도 오작동이 자주 발생된다는 점을 감안할 때 온도 센서를 통한다면 더 많은 중복 데이터가 발생할 것이다. 그리고 주변 온도 센서의 데이터와 비교하여 차이를 보이지 않거나 기온변화에 따라 일정하게 온도가 변화하는 센서의 경우 최소 기준값 이하는 삭제할 필요성이 있다. 또 데이터베이스상에 저장된 값이라도 화재예방에 필요치 않을 경우 주기적으로 삭제한다. 이러한 삭제를 통해 데이터의 품질의 향상시킬 수 있으며 화재발생시 실시간으로 전해지는 온도를 확인할 수 있다.

본 연구에서는 필터링된 데이터를 데이터베이스화하였으며 매일 불필요한 레코드의 삭제가 이루어지도록 데이터베이스를 디자인하였다. 또, 실제 화재시 센서가 작동을 멈춘 마지막 온도는 저장되도록 하여 통신이 마비되더라도 마지막 온도를 삭제하지 않고 데이터베이스상에서 확인할 수 있다.

본 연구에서 온도 센서로부터 인식된 데이터는 <센서 ID, 온도, 시간>의 튜플형태로 리코딩 하였다. 여기서 센서ID는 건물에 적합하게 설치되어 있는 온도 센서이며, 온도는 실시간 측정된 값이며, 시간은 온도가 측정된 시간이다. 0.5초마다 데이터를 저장한다면 일일 172,800(2 × 60 × 60 × 24)개의 튜플이 생성된다. 일일 생성되는 데이터량은 많지 않지만 수천개 이상의 온도 센서가 건물내에 설치된다면 연간 발생하는 데이터량은 급증하게 된다. 따라서 45℃ 미만의 온도를 불필요한 것으로 가정하고 삭제한다면 한국의 경우 실제 화재가 발생하지 않는 건물의 경우 화기를 사용하는 지점이 아닌 이상 일일 저장되는 데이터가 없을 것이다. 이를 통하여 45℃ 이상의 온도를 저장하면서 55℃부터 서버 관리자에게 경고메시지를 송출하고 65℃이상의 경우 건물내에 경보를 발할 수 있도록 하는 것처럼 구체적인 형태의 데이터베이스를 구축할 수 있다.

3.2 구현 및 실험

3.2.1 실험환경

실험들은 C++과 MS사의 비주얼스튜디오, 그리고 인텔사의 듀얼코어 1.60GHz(1Mbyte의 L2 캐시, 1GB램) 하드웨어와 MS사 윈도우즈 XP환경에서 실행되었다. 모델의 적합성을 확인하기 위하여 상용 DBMS 프로그램을 통해 테이블의 크기와 질의처리 시간 등을 확인하였다.

3.2.2 온도 센서 테이블 구성

온도 센서로부터 발생된 데이터를 필터링함으로써 화재감시용 온도 테이블을 구축하고 화재 진압용 소방설비를 작동하기 위한 다양한 종류의 질의에 효율적으로 답변할 수 있다. 본 연구에서는 센서별로 발생된 데이터는 각 센서마다 <센서ID, 온도, 시간> 혹은 <온도, 시간>의 애트리뷰트로 구성된 테이블을 가지지만, 질의처리를 위해 모든 센서 테이블이 통합된 정보테이블은 <시간, 센서ID, 온도, Alarm, 기타>의 애트리뷰트를 가지며 시간순으로 정렬되도록 하였다. 센서별 테이블과 통합된 테이블의 의미 없는 데이터는 모두 삭제가 가능함으로 정상적인 센서의 경우 90%이상 데이터량을 감소시켜 화재감시를 용이하게 할 수 있다.

<p>Input: 통합된 정보(Info)테이블, 온도변화(온도차/시간)</p> <p>Output: 질의 조건들과 부합하는 경로들</p> <p>Method:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: F_{start} = Info에서 처음으로 조건(일정온도변화)과 부합하는 센서 선택; 2: F_{end} = Info에서 마지막으로 조건과 부합하는 센서 선택; 3: for $i=1$ to 모든 센서수 do 4: 경로= $start$부터 end까지 모든 센서 검색 5: if 경로상의 센서별 레코드들이 Info와 시간당 온도변화가 큰 조건(온도차/시간)을 만족한다면 then 6: $answer = answer +$ 경로; 7: end if 8: end for 9: return $answer$

(그림7) 온도변화에 따른 화재경로 선택 알고리즘

그림7은 통합된 센서 테이블내에서 화재이동 경로를 예측할 수 있음을 보여준다. 경로 탐색을 위해 온도가 조건에 적합하게 변화된 레코드가 있는 최초의 센서(화재 발생지점)로부터 변화된 레코드가 있는 모든 센서를 선택하고, 이동경로를 확인할 수 있다. 또 센서별 온도 변화량을 통해서도 화재 발생지점과 이동 경로들을 파악할 수 있다. 결국 화재 경로를 예측할 수 있다는 것은 건물내 제연구획이나 소방설비가 정상 작동되고 있는 것인지 혹은 경계구역내 작동되지 않은 소방설비가 있는 지를 파악할 수 있는 중요한 자료가 될 수 있다. 그림7에서 화재여부를 신속히 검색하는 방법에는, 실제 화재가 특정 경유지들을 반드시 거치도록 건물이 설계되었다면 그 지점의 온도 센서를 먼저 확인함으로써 화재 발생여부와 화재의 이동경로를 신속히 추적할 수 있게 된다.

4. 결론

본 연구에서는 열의 변화를 인식해 데이터를 송출하는 온도 센서를 이용한 화재감시용 데이터베이스 구축함에 있어서 온도 센서 데이터의 처리를 통해 데이터의 품질향

상과 실용성을 높일 수 있는 모델을 연구하였다. 이 모델을 통해 열과 온도 센서를 통한 화재감시용 온도 데이터 베이스를 단순하게 구축함으로써 소방설비 조작의 기본이 되는 화재 인식률을 향상할 수 있으며, 오작동 방지와 건물 감시의 정밀도를 더욱 높일 수 있을 것이다. 특히 본 연구의 실행 연구는 구축된 온도 데이터베이스의 크기가 처음 온도 센서로부터 발생된 온도 데이터의 합보다 작고 효과적으로 구축될 수 있다는 것을 보여준다. 그리고 많은 수의 온도 센서가 설치되어 있을 때 화재의 이동 경로 파악과 소방시설 작동을 위한 질의에 대한 효율적인 답변이 가능한 알고리즘을 제시하였다. 그리고 이 연구는 온도 센서 데이터의 특성과 오류인식에 중점을 두고 진행하였다.

구축된 온도 데이터베이스를 활용하여 기존 감지기가 인식할 수 없었던 실시간 데이터를 확인할 수 있게 되면 건물내 열의 이동을 쉽게 확인할 수 있으며 열이 이동하는 경로로 스프링클러 설비 등을 조절할 수 있게 되어 연소저지를 보다 쉽게 할 수 있다. 또 기존 감지기가 감지하지 못했던 범위의 저온을 인식함으로써 평소온도와 비교하여 실내에 체류중인 연기 등을 강제 배연할 수 있게 되며, 방화문 등의 개폐를 원격 조정할 수 있다. 고온에 견딜 수 있는 저가의 정밀한 온도 센서 기술이 발전한다면 온도 센서의 감지 범위가 확장되어 건물내 감지기 수를 줄일 수 있으며 내구성 향상으로 장기간 사용과 오작동 방지가 가능할 것이다.

그러나, 화재감시를 위한 가까운 미래의 센서중에는 본 연구에서 가정된 특징들을 가지지 않는 다른 센서들이 있을 것이며 이 애플리케이션들의 데이터 처리와 관련된 연구도 필요할 것이다. 또 한번의 오작동은 곧 피해로 이어지는 시스템의 특성상 매우 중요한 온도 데이터의 품질향상, 네트워크에 적합한 데이터 필터의 위치 등에 관한 연구와 이를 바탕으로 한 화재인식과 진압을 위한 정밀한 시뮬레이션이 필요함을 알게 되었다. 추후 이 부분에 대한 연구를 통해 화재 감시용 센서 네트워크 구축과 데이터 처리를 효과적으로 할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 심형석, "스마트빌딩내 화재방지용 온도 데이터베이스 구축에 관한 연구", 한국정보처리학회 제30회 추계학술발표대회 논문집 제15권 제2호. pp. 292-295. 2008.11
- [2] H. Gonzalez, J. Han, X. Li, and D. Klabjan, "Warehousing and analyzing massive RFID data sets", 22nd International Conference on Data Engineering(2006), pp. 83.
- [3] Ian Sommerville, "Software Engineering", Addison Wesley, 2004
- [4] Shawn R. Jeffery, Minos Garofalakis, Michael J. Franklin, "Adaptive Cleaning for RFID Data Streams", Proceeding of the 32nd International Conference on VLDB(2006), pp. 163-174.