

스마트빌딩내 화재방지용 온도 데이터베이스 구축에 관한 연구

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

A Study on Temperature Database Design for Fire Prevention System in Smart Building

Hyungsug Sim*
*Seodaemun Fire Station

요 약

스마트 빌딩 시스템에서 건물내 설치된 온도센서를 통하여 인식된 온도를 효율적으로 데이터베이스 화함으로써 기존 화재방지 설비가 가지지 못한 열이동을 추적할 수 있는 데이터베이스를 구축하게 된다. 이를 통해 화재의 이동을 데이터베이스상에서 추적함으로써 설비를 정확하게 조작할 수 있게 되어 기존의 방식보다 화재방지에 효과적인 데이터베이스 구축이 가능할 것이다. 또 구축된 온도 데이터베이스로부터 화재예방과 관련한 정보를 쉽게 질의처리하여 사용자가 화재 위험요소를 사전 제거하고, 화재방지 시스템의 정상적인 관리를 가능케 할 것이다.

1. 서론

최근 센서 및 통신 기술이 발전함에 따라 인터넷과 유비쿼터스 기기를 활용한 스마트 빌딩 시스템의 구현이 현실로 나타나고 있다. 건물내 전기전자 설비를 제어하는 기술들이 친숙하게 되었으며, 일상생활의 여러 분야에서 활용되고 있다. 스마트 빌딩을 구현함에 있어서 활발하게 논의되고 있는 분야는 시간과 장소에 구애받지 않고 애플리케이션 활용이 가능한 건물 서비스 인프라 구축, 그리고 건물내 각종 정보가전기기와 정보를 주고받으며 이를 제어하기 위한 통신망 및 시스템 구축 등이다. 이를 통해서 스마트 빌딩 시스템에서는 어디에서나 네트워크에 접속하여 보안강화와 에너지절약, 무인시스템화 등의 효과를 가져올 수 있다. 본 연구에서는 스마트 빌딩 시스템에서 건물내 발생할 수 있는 화재방지에 중점을 두고, 온도센서를 통해 인식된 온도를 데이터화하여 데이터베이스 시스템을 구축하고 이를 통한 효율적인 화재방지 시설 제어 및 관리가 가능하도록 한다. 온도센서를 이용하여 열의 이동을 추적할 수 있다는 것은 곧 화재를 방지하기 위한 다른 설비를 조작할 수 있다는 것을 말하기 때문에 현재의 화재방지 시스템보다 혁신을 가져올 수 있다. 현재의 스마트 빌딩 기술로는 센서, 전기, 수도, 가스, 보일러와 같이 설비를 효율적으로 제어하기 위해서는 여러 개의 센서와 서버간 통신, 작동기들과 서버의 통신, 내장시스템의 작동 등을 고려해 볼 때 복잡한 회로를 요구하고 있으며, 성능 향상을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 화재방지 설비 등을 제어하는 연구 등은 초기단계로 효과적인

온도 데이터의 처리와 데이터베이스 구축, 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.

온도센서로부터 인식되는 데이터의 기본적인 특징중 하나는 데이터가 일정하지 않고 계속 변화한다는 것이다. 따라서 다른 시스템에 비하여 중복된 데이터나 부정확한 데이터가 발생할 가능성이 높다. 따라서 이 연구에서는 화재방지 시스템에서 발생하는 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 데이터베이스 모델을 제시하고 필요한 데이터를 보다 효율적으로 검색하여 활용할 수 있는 분석처리 방안을 연구한다. 본 연구의 중요한 목표중 하나는 사용자들이 온도센서들로부터 생성된 대량의 데이터를 어떻게 해석하고 다룰 것인가 하는 것이다. 대형 건물이나 가정 등에서 현재의 화재감지기를 대체한 결과 발생하는 온도센서의 데이터량은 센서가 정밀해질수록 많아질 것이다. 대용량의 상용 데이터베이스를 화재방지시스템에 사용하려면 비용 문제가 발생하게 되는데, 현재 PC급 서버가 필요치 않은 소방시설에서 PC급 서버를 운용하는 것은 비용문제, 안정성 문제 등이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 신속한 인식과 인식된 데이터를 처리하기 위한 연구들이 현재 계속 진행되고 있다. 온도 데이터베이스 기술기반이 소규모 시스템에서도 잘 작동되도록 하기 위해서는 데이터베이스의 효율 향상이 필요하게 된다. 이 연구에서는 발생된 데이터의 오류와 불필요한 데이터를 제거하고 작은 규모의

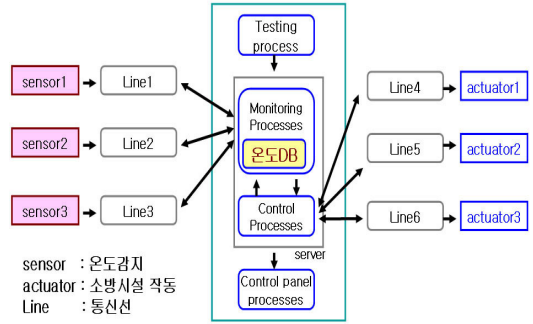
시스템에서도 효율적으로 작동될 수 있는 데이터베이스 모델을 연구함으로써 앞으로 화재방지 시스템의 활용 범위를 넓히는데 기여하게 될 것이다.

이 연구는 다음과 같은 구성된다. 제2장에서 화재방지 설비용 온도 데이터 처리와 관련된 연구들을 논의하고, 제3장은 입력되는 온도 데이터들의 구조를 제시한다. 또 온도 데이터베이스 디자인에 있어서 중요한 데이터 필터링과 일반화 방법들을 제안하며, 온도 데이터베이스 활용 방법을 소개한다. 그리고 이에 따른 여러 가지 화재 예방용 질의들의 효율적인 처리 방법들을 연구하며, 실험과 실행 결과들을 확인한다. 제4장에서는 본 연구의 결론을 정리하고, 앞으로 추가 연구해야 할 부분에 대해서 살펴본다.

2. 관련 연구

화재시 방출되는 열은 공기간의 대류, 건축체를 통한 전도, 열에너지원의 복사를 통해 전달되며 온도센서는 이러한 온도를 인식하고 실시간으로 데이터를 송신하여야 하기 때문에 정밀 산업에서 요구되는 고성능보다는 안정성, 내구성을 중요시하며 연구되고 있다.

센서에서 발생한 데이터를 송수신함에 있어서 유무선의 다양한 기술들이 연구되고 있다. 지난 2001년 미국 뉴욕시 소재 WTC건물이 비행기 충돌로 붕괴되었을 때, 유선을 위주로 구축된 건물내의 보안시설과 소방시설은 즉시 마비되어 제 기능을 다하지 못했다. 그러나 건물내 사람의 휴대폰은 주변 AP를 통해 정상 작동되었다고 한다. 현재 소방시설용 통신망은 특히 안정성에 주목하여 화재, 지진, 폭발 등에 견딜 수 있는 다양한 기기들을 서로 연결해 주는 네트워크는 화재방지 네트워크 기술 가운데 중요도가 높은 핵심 기술 요소이다. 현재 상용화된 센서 중 네트워크 모듈이 포함된 제품은 극히 일부분에 지나지 않아, 네트워크 기능이 없는 기존 센서들을 네트워크로 연결하기 위해 현재 과도기적으로 어댑터와 같은 장비가 활용되고 있으나, 앞으로 관련 기술의 발전으로 소형화, 저가화, 저전력화 추세가 보다 진전되면 센서에 임베드 형태로 네트워크 모듈을 탑재하는 것은 일반화 될 것이다. 따라서 화재방지 네트워크 기술에 있어서 장기적으로 볼 때 장비형태뿐만 아니라 내장형 모듈 형태도 중요시 될 것이며, 자연스럽게 화재방지 네트워크 기술의 핵심인 센서와 기기간 통신의 중요도가 더욱 높아질 것이다. 기기간 통신에 있어서 하나의 디바이스로 통신을 하는 경우는 가장 단순한 경우이며, 그림1에서 보듯이 장차 모든 소방 시설들을 제어하게 될 경우 각 실별 설치되어야 할 각종 센서와 작동기의 수는 기존에 설치되어 있는 전화선이나 전력선으로 감당할 수 없는 수준에 이를 것이다. 전화선, RFID, PLC(Power Line Communication), Ethernet 디바이스들도 다수의 온도센서와 작동기를 조작하기 위해서는 단순한 회선증가가 아닌 별도의 허브 등이 필요하게 되어 화재방지 시스템 조성에 장애요인이 될 수 있으며, 별도의 에너지 사용량이 될 수 있다.



(그림1) 온도 데이터베이스 시스템의 모니터링과 컨트롤을 위한 일반적인 구조도

그리고 무선기술의 경우 소방시설을 제어하기 위해서는 기기별로 유선망보다 강화된 기능을 요구한다. 또 화재 예방을 위한 관련 현상의 원활한 데이터 수집이 매우 중요하다. 기존의 센서 데이터 수집과정은 현상에 대한 측정 데이터만을 제공받도록 되어있어 데이터를 전달받기 위해서는 미리 위치와 인터페이스를 알아 놓은 후 시스템을 구성하여 데이터를 제공 받아야 하기 때문에 매우 정적인 구조가 될 수밖에 없다. 또한 서로간의 환경이 다르거나 통신망 사이에 방해벽이 위치한 경우 원활한 센서 데이터의 전달에 문제가 생긴다. 따라서 이와 관련된 연구에서는 스마트빌딩 서비스가 데이터를 제공하는 서비스를 검색하고 접속한 후 제공하는 현상 측정과 측정에 사용되는 센서의 구조를 파악하여 이용할 수 있도록 하며, 웹서비스를 적용하여 서로 다른 통신환경 및 방해벽에 의한 서비스의 제약을 해결하도록 관련 연구가 진행중이다.

3. 온도 데이터베이스

3.1 온도 데이터베이스 구축

온도센서로부터 통신망을 통해 측정된 데이터를 데이터베이스화하기 위해서 본 연구에서는 몇가지 가정을 하였다.

<가정1> 온도센서로부터 인식된 데이터는 초기에 다음 튜플 형태 <센서ID, 온도, 시간>의 폼으로 레코딩한다고 가정한다. 여기서 센서ID는 건물내 특정위치에 설치되어 있는 온도센서의 고유 ID이며, 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 온도센서가 건물내에 설치된다면 연간 발생하는 데이터량은 급증하게 된다. 따라서 본 연구에서는 먼저 온도 데이터베이스를 구축함에 있어서 불필요한 데이터를 삭제한다. 45℃ 미만의 온도를 불필요한 것으로 가정한다고 한다면 한국의 경우 실제 화재가 발생하지 않는 건물의 경우 화기를 사용하는 지점이 아닌 이상 일일 저장되는 데이터가

없을 것이다. 45℃ 이상의 온도를 저장하면서 55℃부터 서버 관리자에게 경고메시지를 송출하고 65℃이상의 경우 건물내에 경보를 발할 수 있도록 데이터베이스를 구축한다고 가정한다.

<가정2> 설치된 온도센서는 저가의 센서로 고온과 저온을 견딜 수 없다고 가정한다. 약 150℃까지 온도가 올라가면 센서는 작동불능 상태가 된다고 한다면, 가정1에서 실제 화재 발생시 데이터베이스상에 저장되는 최종온도는 150℃이다. 온도센서는 또 폭발, 지진 등의 충격에 의해 쉽게 단선될 수 있기에 때문에 온도 데이터베이스는 몇가지 기능을 추가하여야 한다. 첫째, 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. 본 연구에서는 1일 마다 삭제가 이루어지도록 데이터베이스를 구축하였다. 또, 실제 화재시 센서가 작동을 멈춘 마지막 온도는 저장되도록 하여야 한다. 충격에 의해 통신이 마비되더라도 마지막 온도를 삭제하지 않고 데이터베이스상에서 확인할 수 있어야 한다. 또 사용자의 질의처리를 위해 특정 시간별 온도 데이터를 저장할 수 있다.

구축된 온도 데이터베이스를 활용하여 기존 감지기가 인식할 수 없었던 데이터를 확인할 수 있게 된다면 다음과 같은 효과를 거둘 수 있다. 화재시 발생하는 열은 공기나 연기를 통한 대류, 건축재를 통한 전도, 방사열에 의한 복사 등의 형태를 띄기 때문에 건물내 열의 이동을 쉽게 확인할 수 있다. 열이 이동하는 경로로 스프링클러 설비등을 조절할 수 있게 된다면 연소저지를 보다 쉽게 할 수 있다. 또 기존 감지기가 감지하지 못했던 범위의 저온을 인식함으로써 평소온도와 비교하여 실내에 체류중인 연기등을 강제 배연할 수 있게 되며, 방화문 등의 개폐를 원격 조정할 수 있다. 고온에 견딜 수 있는 저가의 정밀 온도센서가 발전한다면 온도센서의 감지 범위가 확장되어 건물내 감지기 수를 줄일 수 있으며 내구성 향상으로 장기간 사용 및 오작동 방지가 가능할 것이다. 온도 데이터베이스가 구축된 서버가 인터넷망과 연결된다면 어디에서나 건물내 소방시설을 모니터링할 수 있으며 고장여부를 신속히 파악할 수 있게 된다.

3.2 구현 및 실험

3.2.1 실험환경

모든 실험들은 C++를 사용하면서 실행되었고, 인텔사의 듀얼코어 1.60GHz(1Mbyte)의 L2 캐시, 1GB램) 시스템에서 실행되었다. 시스템은 마이크로소프트사 윈도우즈 XP환경에서 실행되었다. 모델의 테스트 결과를 확인하기 위하여 상용 DBMS 프로그램을 통해 결과값을 확인하였다.

3.2.2 온도 데이터베이스 압축 결과 및 질의 처리 효율

화재방지용 온도 데이터베이스 모델의 주요한 기능은 다양한 통합 수준에서 많은 종류의 질의에 효율적으로 답변할 수 있는 능력이다. 이 연구에는 몇 개의 세팅들에서 이 효율을 증명한다. 이 연구에서는 몇 개의 가정 아래에서 질의 실행을 비교한다. 첫째, 이 시스템은 클리닝된 데이터베이스를 사용한다. 둘째, 정규화를 통해 최적의 테이블만을 구성해 데이터베이스의 사이즈를 감소시킨다. 셋째, 최종 완성된 형태의 온도 데이터베이스는 센서들의 개별 아이디를 쉽게 확인할 수 있는 스타스키마 구조로 구성된다. 본 연구에서는 임시로 각 시나리오들을 위해 각 차원들이 B* 트리를 가진다고 가정하였다. 센서별로 발생된 데이터는 각 센서마다 <센서ID, 온도, 시간> 혹은 <온도, 시간>의 애트리뷰트로 구성된 테이블을 가지지만, 필터링되어 여러 개의 센서 데이터가 통합된 정보테이블은 <시간, 센서ID, 온도, Alarm, 기타>의 애트리뷰트를 가지며 시간순으로 정렬된다. 그리고 온도 데이터의 활용 정도에 따라 애트리뷰트를 추가할 수 있다. 따라서 데이터베이스상에 저장되는 데이터의 양은 처음 각 센서들로부터 발생된 양보다 작게 된다. 가정1에서와 같이 의미 없는 데이터는 모두 삭제가 가능함으로 정상적인 센서의 경우 90% 이상 데이터량을 감소시킬 수 있다. 또 각 센서별 테이블의 데이터는 기간이 경과하면 모두 삭제할 수 있게 된다.

```

Input: 통합된 정보(Info)테이블, 온도변화(온도차/시간)
Output: 질의 조건들과 부합하는 경로들
Method:
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= $s_{start}$ 부터  $end$ 까지 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  $answer$ 
    
```

(그림2) 온도변화에 따른 화재경로 선택 알고리즘

그림2 온도변화에 따른 화재경로 선택 알고리즘은 주어진 질의에 부합하고 있는 온도센서를 통하여 화재이동 경로를 예측할 수 있음을 보여준다. 경로 탐색을 위해 온도가 조건에 적합하게 변화된 레코드가 있는 최초의 센서로부터 변화된 레코드가 있는 모든 센서를 선택한다. 이동경로를 확인하기 위해 결국 온도가 변화된 모든 레코드들을 확인하게 될 것이다. 이 레코드들에서 원하는 수준의 온도

변화(온도차/시간)가 이루어진 센서를 확인하고 센서가 부착된 위치를 통해 화재경로를 확인할 수 있다. 각 센서별 테이블로부터 통합된 정보테이블(Information table)을 구축하였을 경우 요구된 온도변화 조건들과 부합하면 온도가 크게 변화된 센서로부터 작게 변화된 센서로의 경로들을 답변 세트에 추가할 수 있다. 만일 질의 선택에 대한 통계들을 가지면, 그것은 그림2의 알고리즘에서 제시된 것보다 뛰어난 최적화 질의 실행 계획을 찾는 것을 가능하게 할 것이다. 검색 공간을 더욱 절약하기 위하여, 만일 화재가 특정 경유지들을 반드시 거쳐 간다면 보다 쉽게 온도변화의 이동경로를 추적할 수 있게 된다.

그리고 센서별 온도 테이블을 검색하는 것보다 통합된 정보테이블에서의 검색을 진행할 경우 질의 처리 속도는 빨라진다. 구축된 온도 데이터베이스에서 저장된 데이터는 일정기간이 지나면 삭제하도록 구성할 수 있는데 건물 규모나 위험도 등에 따라 보존기간과 데이터의 의미가 달라진다.

Answer←(σ<조건1>(σ<조건2>(···(σ<조건n>(정보테이블)···)))

(그림3) 질의 형식

그림3에서 질의의 처리과정을 살펴보면, ‘2008년 8월 1일 01:00분부터 01:05분 사이에 온도가 10℃ 이상 변화된 센서와 그 위치는 어디인가?’ 라는 질의가 있다고 가정했을 때, 개별 센서들의 테이블을 모두 검색하는 것이 아니라 통합된 정보테이블에서 먼저 시간차원에서 2008년 8월 1일 01:00분부터 01:05분까지의 기간을 선택하게 된다. 그리고 온도가 10℃ 이상 변화된 모든 센서ID를 선택한다. 이것은 첫 번째 결과 집합으로부터 요구된 온도가 변화된 행들과 관련된 행들만 선택한다. 최종적으로 검색된 센서ID를 통해 온도센서가 부착된 위치를 확인하며, 센서의 데이터가 많이 변화된 장소를 확인하고 최종 결과 집합으로부터 위험도를 판단한다. 이것은 질의에 참여하는 차원이나 애틀리뷰트들의 개수와 관계없고 질의의 복잡도에 관계없이, 모든 질의는 먼저 질의 매개변수들에 기초한 필터들을 사용하여 테이블로부터 행들을 선택하고, 그 다음에 대응되는 테이블 행들을 찾아냄으로써 단순히 실행된다. 그리고 자주 사용되는 질의 등은 스노우플레이크 스키마 구조와 같이 변경해 시간이나 장소 검색의 효율을 높일 수 있다. 앞의 질의 예와 같이 온도 데이터베이스는 기본적으로 신속한 온도 변화의 정보를 제공하여야 하며 각 센서의 온도와 위치, 온도가 변화되는 센서 위치를 확인할 수 있어야 한다. 온도 데이터베이스를 구축함에 있어서 데이터의 양을 줄이는 것은 매우 중요한 일이며, 이를 통해 저장된 데이터를 쉽게 검색할 수 있도록 하는 것은 화재방지용 온도 데이터베이스의 성능 향상을 위해 매우 중요한 일이다.

4. 결론

본 연구에서는 기존 화재감지기가 갖지 못한 온도 변

화를 인식해 데이터를 송출하는 온도센서를 이용한 데이터베이스 구축과 구축된 데이터베이스를 활용하여 소방시설을 효율적으로 작동할 수 있게 하는 개선된 형태의 데이터베이스 모델을 제안하였다. 이 모델은 스마트 빌딩내에서 구현될 수 있는 정보기기들의 사용을 가정하였으며, 건물내 다른 설비 등과 연동되어 사용될 수 있을 것이다. 또, 데이터베이스를 효율적으로 구축함으로써 소방설비 조작의 기본이 되는 화재 인식률을 향상할 수 있으며, 오작동 방지와 건물 감시의 정밀도를 더욱 높일 수 있을 것이다. 구축된 온도 데이터베이스는 또한 데이터 분석이 일어날 수 있는 여러 추상 수준에서 온도 데이터가 통합된 치밀한 데이터 웨어하우스로 구축되어 화재예방을 위한 질의 처리를 가능하게 할 수 있다. 본 연구의 실행 연구는 온도 데이터베이스의 크기가 처음 센서로부터 발생한 온도 데이터베이스보다 작을 수 있고 효과적으로 구축될 수 있다는 것을 보여준다. 특히 많은 수의 센서들이 있을 경우 소방시설 작동을 위한 광범위한 질의에 대한 효율적인 답변 알고리즘과 화재경로 추적 등을 효과적으로 할 수 있는 데이터베이스 구조를 보여준다. 그리고 이 연구는 온도 데이터들의 분석에 중점을 두고 진행하였다. 온도 데이터의 특성에 기초를 둔 질의 분석, 데이터베이스 모델과 구축방법은 스마트 빌딩에서의 소방시설 작동을 위한 예가 될 수 있을 것이다. 그러나, 대량의 데이터를 발생할 수 있는 화재감지용 센서중 본 연구에서 가정한 특징들을 가지지 않는 다른 센서들이 있을 것이며 이 애플리케이션들을 위한 데이터베이스 구축과 관련된 연구도 필요할 것이다. 또 온도 데이터 특성에 기반한 데이터베이스 구축 방안을 연구함에 있어 온도 데이터의 품질향상, 데이터 추출, 변환, 적재에 관한 연구가 부족하였으며 데이터량에 따른 데이터베이스의 크기, 인덱싱 기법, 데이터를 활용한 소방설비 작동 방법에 대한 연구도 부족하여 이 부분에 대한 향후 연구를 통해 화재 방지용 데이터베이스의 효율을 더욱 높일 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 연동희, “센서 서비스 기술 언어를 이용한 센서 데이터 처리 시스템에 관한 연구”, 배재대학교 대학원 컴퓨터 공학과 석사학위 논문, 2006.12
- [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] Sivakumar Harinath, Stephen R. Quinn, “Professional SQL Server Analysis Services 2005 with MDX”, Wiley Publishing, Inc, 2006