

가속도 · 패턴인식 기술을 이용한 유비쿼터스 화재 방재 시스템 연구

김영혁*, 임일권*, LiQiGui*, 김명진**, 이재광*

*한남대학교 컴퓨터공학과

**랜스(주)

e-mail:{yhkim, iklim, gkli, jklee}@netwk.hannam.ac.kr*, mjkim@lans.co.kr**

A Study on Acceleration · Pattern-recognition technology using Ubiquitous Fire Prevention System

Young-Hyuk Kim*, Il-Kwon Lim*, LiQiGui*, Myung-Jin Kim**, Jae-Kwang Lee*

*Dept of Computer Engineering, Han-Nam University

**LANS Inc.

요 약

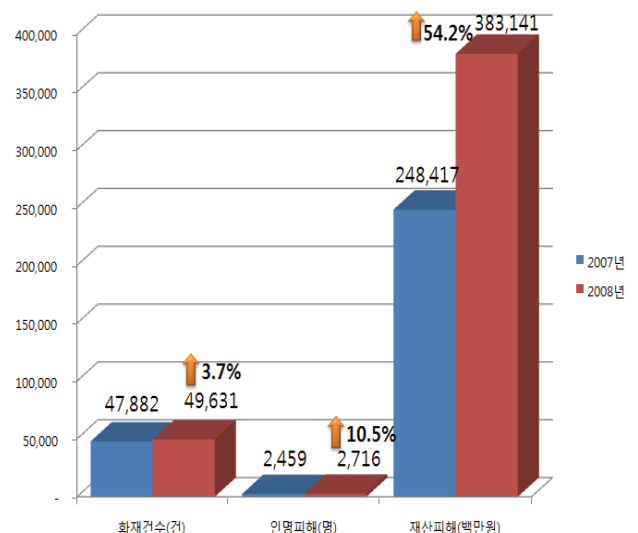
유비쿼터스 화재 방재 시스템은 온도, 습도, 조도, 가속도, CO₂, 등의 다양한 센서로부터 얻는 값을 이용해 화재를 판별하여 관리자에게 전달하고 시스템 설정 값에 따라 소화설비를 동작시키는 지능형 화재 탐지 시스템이다. 기존 화재 판별 기법은 크게 영상인식, 퍼지추론, 베이지안 추론으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 앞선 기술들을 분석하고, ARM9 S3C2440/SHT-75를 이용한 센서기반 유비쿼터스 화재 방재 시스템 최적의 화재 판별 기술로서 가속도 알고리즘과 벡터 랜덤변수 표본공간 영역을 이용한 패턴인식 기술을 사용한 복합 화재 판별 방법을 제안한다.

1. 서론

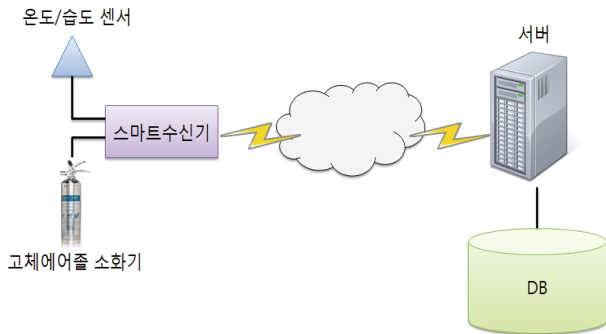
소방방재청 2008년 화재발생현황 분석 자료에 따르면 2008년 화재건수는 49,631건으로 전년대비 3.7%(1,749건) 증가하였고, 인명피해는 2,719명으로 10.5%(257명) 증가하였으며, 재산피해는 383,141백만원으로 54.2%(134,709백만원) 증가하여, 일일평균 화재는 136건, 인명피해 7.4명, 재산피해 1,050백만원의 손실이 발생하였다.[1] 무엇보다 장소별 화재발생건수 항목에서 비주거(교육·판매·의료복지·산업·문화재·생활서비스 시설 등)가 35.5%(17,642건) 1위를 차지함으로써 사람이 거주하지 않아 상시감시가 필요한 장소의 화재발생건수가 가장 높았으며, 주거 공간 화재발생건수는 24.8%(12,285건)로 전체 화재발생 중 사람에게 직접적 피해를 가하는 화재 또한 많은 비중을 차지함을 알 수 있다. 이와 같이 화재로 인해 발생하는 인명·재산 피해는 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 대다수의 시설을 포함하는 비주거 항목의 화재가 많은 부분을 차지함은 기존 시설물에 인가되고 설치된 화재탐지(화재감지, 화재인식, 화재감시라고도 함) 및 방재 시스템이 사용하는 화재 판단 기술이 미흡하다는 것을 나타내는 결과이다.

유비쿼터스 화재 방재 시스템이란 일반적인 P형·R형의 소화설비 대신 설치되어 있는 센서로부터 온도/습도 Data를 수신 받는 수신기가 존재하여 Data를 서버로 전송하고, 내부적으로 화재를 판단하는 알고리즘을 내포하여 화재로 판단되면 소화기를 작동시켜 극초기에 화재를 진압해 피해가 커지는 것을 최소화하는 시스템이다. 서버는 수

신되는 Data를 Database에 저장해 소화기의 오작동 및 오탐으로 인한 시설물 피해가 발생했을 시의 근거자료를 보존하게 되며, 설치된 센서들의 정보와 시설물의 환경정보를 감독할 수 있게 되어 쾌적한 환경을 유지할 수 있는 관리감독 시스템으로써의 역할을 병행한다.



(그림 1) 2007/2008 화재발생 증가 추이



(그림 2) 유비쿼터스 화재방재 시스템 구성도

2. 화재 탐지 관련연구

1. 기존 센서기반(임계치 설정법)

기존 센서기반 화재방재시스템은 화재로부터 발생하는 열과 연기 등을 감지하여 설정한 임계값을 넘게 되면 화재발생으로 판단하여 관계자에게 경고하는 시스템이다. 그러나 이러한 화재감지시스템은 설계시의 의도와는 다른 오보를 자주 발생시킨다. 예를 들어 열감지기의 경우는 화재가 아닌 경우에 발생하는 열에 의해서도 화재신호를 발생시키고, 연기감지기의 경우에도 역시 화재에 의한 연기의 외의 신호에도 화재신호를 발생시킨다. 또한 화재가 발생했음에도 불구하고 화재경보를 울리지 않는 경우도 종종 발생한다. 이와 같은 오동작의 원인은 기존 화재감지기는 감지환경으로부터 각 감지기에 따라 하나의 고정되어 있는 열, 연기 등의 수치이상이 되면 화재경보를 울리게 된다. 따라서 기후의 변화로 인한 실내·외의 온도변화에 따른 온도의 고·저를 파악하지 못하고 임계치 값을 기준으로 삼기 때문에 계절의 변화에 따른 온도변화와 이상기후로 인한 예기치 못한 변화에 민감하게 반응하지 못하고 부정확성으로 인해 오작동의 위험과 늦은 화재진압의 요인이 된다.[2]

II. 영상 기반

1) 퍼지추론

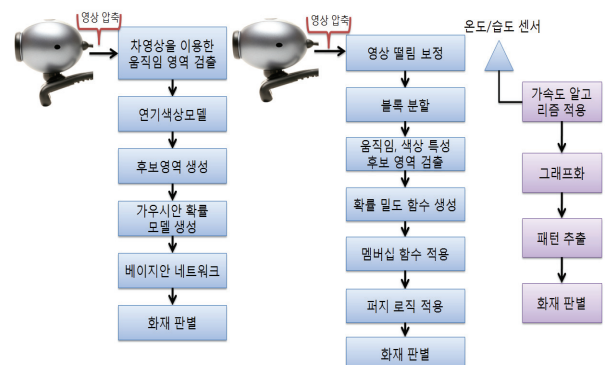
화재 영역은 붉은색을 많이 포함하며 주변 영역에 비해서 일반적으로 밝은 특성을 가지고 있다. 또한 바람이나 연소 재료에 의해서 그 형태가 끊임없이 변화한다. 이러한 특성을 이용하여 카메라로 입력되는 영상으로부터 움직임 영역을 감지하고 그 영역에서 화재 색상 모델을 적용하여 화재 영상에서 배경 모델과 화재 색상 모델을 구분한다. 검출된 화재 후보 영역은 대부분 정확한 검출 결과를 보이지만 화재와 유사한 색상을 갖는 움직임 객체의 경우 여전히 화재로 검출되는 오류가 발생한다. 이를 위해 입력 변수가 연속적이고 수학적으로 모델링하기 힘들거나 불가능한 응용분야에 적합하다고 알려져 있는 퍼지로지(Fuzzy Logic)가 사용된다. 그러나 퍼지로지의 입력 변수로 사용하기 위해서는 화재 영상의 특징 추출이 필요하며, 특징을 도출하기 위한 화재·비-화재 영상에 대한 밝기 정보를

다수의 프레임으로 저장해야한다. 영상으로부터 추출된 값은 가우시안 확률 모델을 이용해 퍼지로지를 위한 멤버십 함수를 생성한다.[3] 극초기 화재를 판별 및 진압하는 것을 목적으로 하는 시스템에 있어 영상기반 퍼지추론을 위해서 처리되는 과정의 복잡도와 요구 시스템의 처리율이 센서를 기반으로 하는 시스템의 요구사항에 비하여 고성능, 고비용을 요구하며, 화재를 판별하기위해 프로세싱 되는 시간이 많다.

2) 베이지안 추론

카메라로부터 획득된 영상들 간의 차영상을 이용하여 움직임 영역만을 검출하고, 이후 연기색상모델을 적용하여 후보영역을 생성한다. 연기영역은 유사색상의 군집화를 이루고, 주변에 비해 단순한 질감을 가지며, 시간에 따른 모션정보의 상승 방향성을 가지는 특징을 가진다. 이러한 특성을 이용하여 영상으로부터 연기의 밝기, 웨이블릿 고주파 성분, 모션 벡터 등의 특징 값을 추출하고 이들 특징 값들에 대해 가우시안 확률 모델을 생성한다. 이렇게 추출된 확률모델은 연기영역의 시간적 연속성을 고려하기 위해 베이지안 네트워크의 관찰노드에 적용하여 화재를 판별한다.[4]

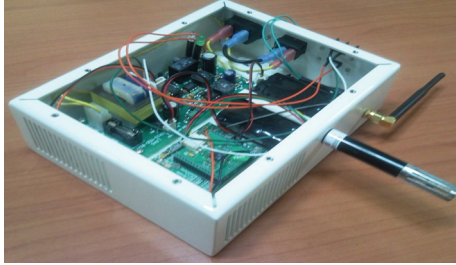
영상 기반 화재 감시 및 탐지 시스템의 문제점은 실제 화재 발생 시의 색상과 붉은 계열의 옷이나 사물의 구분으로 인한 오탐 요소가 있으며, 영상 탐지기 렌즈의 미세 먼지나 안개·습기로 인한 환경 변화에 민감하게 반응하여 화재 탐지 오탐률이 센서형 탐지기보다 떨어진다는 단점이 있다. 또한, 촬영 가능한 범위와 각도가 한정되어있어 사각지대를 없애기 위해 한 공간에 다수의 탐지기 장착이 요구되며, 보안 및 개인 사생활이 보장되어야할 주거 공간과 화장실·탈의실·금고 등에서는 사용이 불가능해 전체 시설물에 대한 화재 탐지가 어렵고, 야간 화재를 인식하기 위해서는 고가격대의 장비가 필요하며, 실시간 감시 정보를 저장하기위해서 영상의 전송 및 저장을 위해 영상 압축 기술과 네트워크 전송 코덱이 추가적으로 필요하다.



(그림 3) 영상기반 퍼지/베이지안 추론과 가속도·패턴인식 알고리즘 동작도

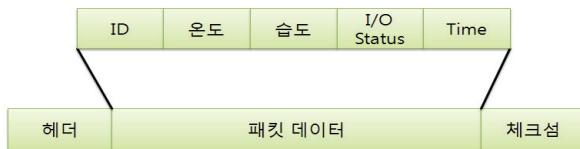
3. 유비쿼터스 화재 방재 시스템

본 연구에서 제안하는 유비쿼터스 화재 방재 시스템은 SHT-75 센서를 이용해 온도/습도 값을 센싱하여 ARM9 S3C2440로 제작된 수신기에 센싱 값을 송신한다.



(그림 4) 제작된 수신기

수신기는 서버에 수신기ID/온도/습도/소화설비 동작 여부를 규정된 형태로 구성하여 전송하게 되며, 구성된 패킷 형태는 (그림 5)와 같다.



(그림 5) 수신기-서버간 통신 패킷 구조

(그림 5)의 패킷 구조는 헤더에 목표 대상 정보가 포함되어 encapsulation을 수행하는 구성으로 센서 게이트웨이에서 수신된 데이터를 최대한 특별한 형태의 분석 또는 가공 없이 서버로 전송하는 투명한 구조로 구성하였다.

```

40: strReceiveMsg = Encoding.Default.GetString(buf, 0, recv);
41: strLog = string.Format("{수신기 ID : {ID}, 온도 데이터 : {1}, 습도 데이터 : {2}, 소화설비 동작 : {3}}", strServerID, strReceiveMsg, strReceive
42: Msg);
43: myClient.AddLog(strLog);
44: myClient.Disconnect();
45: }
46: catch (Exception e)
47: {
48: myClient.AddLog(e.Message);
49: myClient.Disconnect();
50: }
51: public void ServerSend(string msg)
52: {
53: try
54: {
55: //수신기측 수신값 -> 서버 Data, 각 Data를 구분자 '-' 이용
56: byte[] buf = client.Send(Encoding.Default.GetBytes("ID,TMP,HUM,STAT"));
57: ServerSocket.BeginSend(buf, 0, buf.Length, SocketFlags.None, new AsyncCallback(SendCallback), buf);
58: }
59: catch
60: {
61: Disconnect();
62: }
63: }

```

(그림 6) 수신기측 패킷 전송 코드

```

3010: private void Receive()
3011: {
3012: ClientSocket.BeginReceive(buf, 0, 1024, SocketFlags.None, new AsyncCallback(ReceiveCallback), buf);
3013: }
3014: private void ReceiveCallback(AsyncResult ar)
3015: {
3016: try
3017: {
3018: byte[] buf = (byte[])ar.AsyncState;
3019: int recv = ClientSocket.EndReceive(ar);
3020: if (recv == 0)
3021: {
3022: Disconnect();
3023: return;
3024: }
3025: else
3026: {
3027: //수신된 바이트 배열의 끝까지 제거된 스트림으로 변환
3028: strReceiveMsg = Encoding.Default.GetString(buf).Replace("\0", "");
3029: //구분자 '-'를 기준으로 구분
3030: string[] strReceiveMsg_arr = strReceiveMsg.Split("-");
3031: }
3032: }
3033: catch
3034: {
3035: Disconnect();
3036: }
3037: }

```

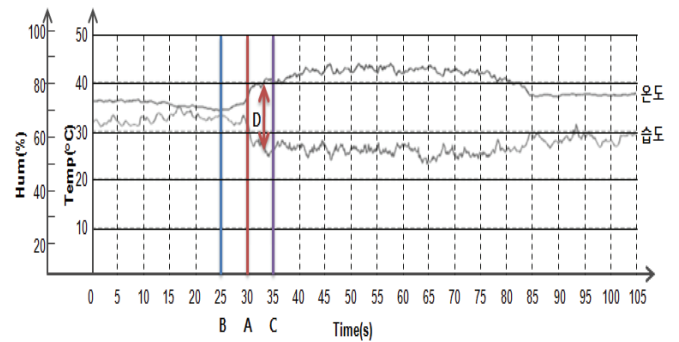
(그림 7) 서버측 패킷 수신 코드

4. 가속도 · 패턴인식 화재 판별 기술 연구

가속도 · 패턴인식 화재 판별 기술이란 센서를 통해 획득하는 Data를 쉽게 코드로 구현하고, 빠르게 추론하기 위한 화재 인식 및 판별하는 방법으로 1차적 온도/습도 값을 그래프화 하고, 2차적으로 시간 주기에 따른 구간을 나눠 기준 구간 전·후 구간의 값을 가속도 알고리즘으로 계산한다. 또한 화재 발생 시 온도가 상승하면 습도가 낮아지는 특성을 활용하여 그래프 구간의 온도/습도 넓이 폭을 구해 최종적으로 화재가 발생했을 시의 특징 패턴을 추출하여 화재 여부를 판단하게 된다.

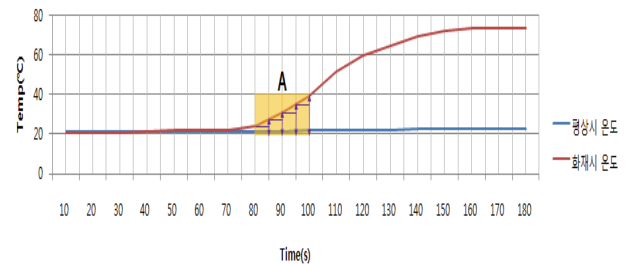
$$\tan \frac{\text{Temp/Hum}}{\text{Time}}, \quad \tan \frac{(A - B)}{\text{Time}} - \tan \frac{(C - A)}{\text{Time}}$$

(그림 8) 가속도 알고리즘 공식



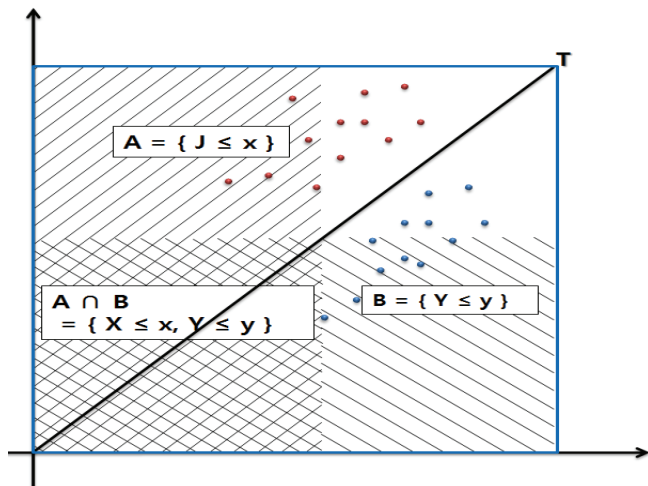
(그림 9) 가속도 알고리즘을 적용한 온도/습도 탐지 그래프

(그림 9)의 0~25초까지는 정상시의 온도/습도 그래프이며, 30초를 기준으로 화재가 발생되어 A-B와 C-B의 가속도 기울기 값과 D값의 증가 변화를 수치 Data와 그래프로써 나타내 확인 할 수 있게 되었다.



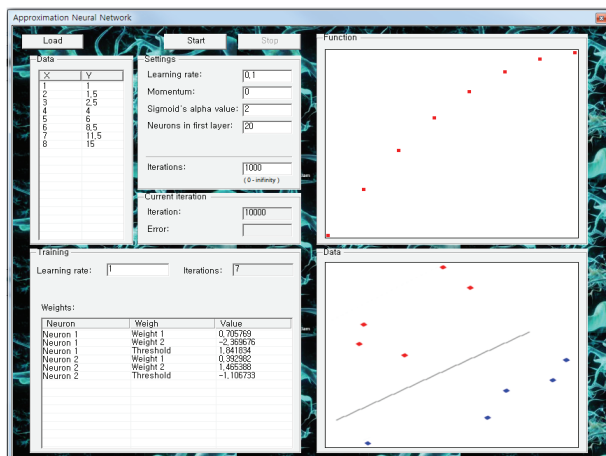
(그림 10) 정상시/화재시의 패턴 변화

(그림 10)은 정상시와 화재시의 온도값 변화 패턴이다. 가속도 알고리즘은 Data가 수신되는 주기마다 계산을 하게 되며, 75초부터 화재가 발생되어 80초를 기준으로 온도값의 가속 상승도인 즉, 그래프의 기울기를 구해 온도가 정상시와 비교해 얼마만큼 급변하였는지를 판단하게 된다.



(그림 11) 벡터 랜덤변수 표본공간 영역

(그림 11)과 같이 그래프의 한 블록을 벡터 랜덤변수 표본공간 영역으로 구분하여 온도를 적색, 습도를 녹색으로 표시하고, T를 기준으로 온도 값이 지속적으로 상승되고, 습도 값이 지속적으로 하강하는지에 대한 구분을 위해 (그림 12)의 프로그램을 개발하였다.



(그림 12) 뉴럴 네트워크 Approximation 프로그램

(그림 12)는 뉴럴 네트워크 Approximation 알고리즘을 사용하는 프로그램으로 온도 값의 변화와 (그림 11)에서 설명한 내용을 수행한다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 고정된 임계치 값을 절대적 기준으로 동작하는 센서 화재 탐지방식의 지능적이지 못하고, 유연하지 못한 문제점으로 인해 발생하는 피해와 영상 정보를 바탕으로 화재를 탐지하는 시스템을 사용하기위해서 요구되는 고비용, 화재를 판별하기까지의 과정으로 인해 지연되는 시간 및 개인의 사생활 보호의 문제가 발생하는 문제를 보완하기위하여 센서기반의 유비쿼터스 화재

방재 시스템을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 화재 판별 알고리즘은 온도/습도의 가속도·기울기 값을 얻어 그래프화하고, 온도/습도간 그래프상의 거리 폭의 값을 얻어 화재 발생 시 나타나는 특징을 인식하여 화재를 판별한다. 온도는 적색, 습도는 파랑색으로 표현하며, 벡터 랜덤변수 표본공간 영역을 이용해 Data가 어느 공간에 속하는지를 구분 짓는다. 구분 방법으로 뉴럴 네트워크 Approximation 알고리즘과 One-Layer Perceptron Classifier 프로그램을 이용해 온도/습도 및 벡터 공간을 판단해 최종적으로 어느 공간에 포인트가 찍혀 온도/습도가 어떻게 변화하는지 빠르고 정확하게 인지하여 위험공간 $A \cap B$ 의 영역에 연속적인 포인트가 찍히면 소화기를 작동시키게 된다.

차후 연구로는 서버측 DB에 저장되는 Data를 활용하여 일별/월별/분기별/계절별 온도 평균 패턴을 구해 나타나는 특징적인 인자 요소 집합을 이용해 베이지안 네트워크 및 멀티 레이어 뉴럴 네트워크를 활용해 정확성을 상승시켜 안전도를 향상하는 연구로 확대할 예정이다.

본 연구는 중소기업청 산학협력 기업부설연구소 설치지원사업비의 지원을 받아 연구되었음

참고문헌

- [1] 소방방재청 "2008년 화재방생현황 분석"
- [2] 홍성호 "퍼지논리 및 다중신호를 이용한 화재감지시스템의 개발" Vol. 19, No. 1 Journal of the KIIS
- [3] 황현재 "비 모수적 확률 모델과 퍼지 로직을 이용한 화재 불꽃 감지" Vol. 36, No. 2 한국정보과학회 2009 가을 학술발표논문집
- [4] 이인규 "동적 베이지안 네트워크를 이용한 동영상 기반의 화재연기감지" 09-04 Vol. 34, No. 4 한국통신학회논문지
- [5] 박장식 "화재 조기 인식을 위한 화염 및 연기 검출 알고리즘 개발" Vol. 22, No. 4 한국화재소방학회 논문지
- [6] 김성호 "무선 센서 네트워크 기반 지능형 화재 감지/경고 시스템 설계" Vol. 17, No. 3 퍼지 및 지능시스템학회 논문지
- [7] 정광호 "베이지안 네트워크를 이용한 자동 화재 감지 시스템" 제15-B권 제2호 정보처리학회논문지B
- [8] 육의수 "센서 네트워크 기반 화재 감지 시스템 설계" Vol. 16, No. 2 KFIS Autumn Conference
- [9] 황현재 "퍼지 로직을 이용한 화재 불꽃 감지" Vol. 36, No. 1 한국컴퓨터종합학술대회 논문집