

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG BÁO CHÁY ỨNG DỤNG CẢM BIẾN NHIỆT HỒNG NGOẠI VÀ CAMERA

A STUDY OF FIRE ALARM SYSTEM IN APPLYING INFRARED THERMOMETER SENSORS AND CAMERAS

Vũ Văn Thanh

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; vuvanthanh85@gmail.com

Tóm tắt - Bài báo này sẽ trình bày hướng nghiên cứu thiết kế hệ thống báo cháy từ xa ứng dụng cảm biến nhiệt hồng ngoại và camera. Nhiệm vụ chính của hệ thống là ứng dụng cảm biến nhiệt hồng ngoại kết hợp camera quan sát để tiến hành xác định sự thay đổi của nhiệt độ của môi trường xung quanh, kết quả thu được là hình ảnh quang phổ nhiệt trên máy tính. Từ kết quả đó hệ thống sẽ phân tích và đưa ra cảnh báo sớm để phát hiện những khả năng hỏa hoạn đe dọa cuộc sống, xuất hiện trước khi các thiết bị báo cháy truyền thống đưa ra cảnh báo và tránh các báo động giả không đáng có do các nguyên nhân như hút thuốc, quẹt lửa... Hệ thống có thể ứng dụng cho những nơi có nguy cơ hỏa hoạn cao. Không những vậy, hệ thống còn có thể đo nhiệt từ xa ứng dụng trong an ninh cũng như trong y tế... Kết quả bài báo đưa ra đánh giá khả năng cảnh báo sớm cũng như độ tin cậy của hệ thống này so với hệ thống báo cháy truyền thống.

Từ khóa - Cảm biến nhiệt hồng ngoại; PIC16F877A; báo cháy; lập trình Java; động cơ Servo.

Abstract - This paper will present the research on designing a remote fire alarm system in applying infrared thermometer sensors and cameras. The main task of this system is the application of infrared temperature sensors combined with surveillance cameras to determine the change in temperature of the surrounding environment. Result obtained is a heat spectral image on the computer. From these results, the system will analyze and offer early warning to detect the possibility of life-threatening fires before the traditional fire alarm equipment gives warnings, and avoid the fake unnecessary alarms like smoking, lighters or matches... The system can be applied to places with high fire danger. Furthermore, this system can also measure the temperatures remotely for applications in security as well as in healthcare... The article results present an evaluation of early warning ability and reliability of this system compared with that of a traditional fire alarm system.

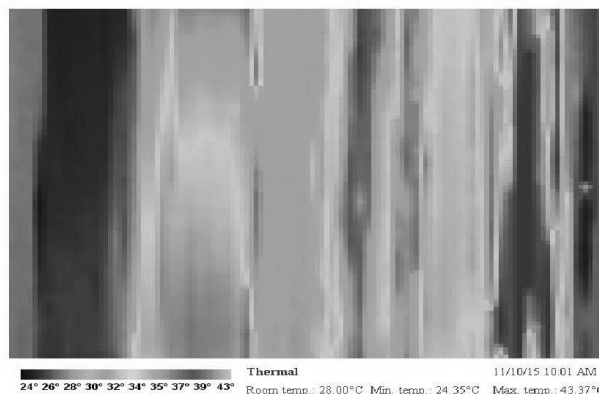
Key words - FIR sensor; PIC16F877A; Fire alarm; Java program; Servo motor.

1. Đặt vấn đề

Ngày nay, việc chống cháy, bảo quản tài sản và tính mạng cho con người là một vấn đề cấp thiết cần được nghiên cứu giải quyết. Tuy nhiên, với các hệ thống báo cháy truyền thống thì các ngõ vào chỉ đơn thuần là lấy các tín hiệu từ cảm biến nhiệt, cảm biến khói [1], việc cảnh báo cháy chỉ xảy ra khi các giá trị của cảm biến này phải đạt tới một ngưỡng nhất định mới đưa ra cảnh báo. Điều này có một khuyết điểm là việc đưa ra cảnh báo chậm và rất dễ xuất hiện các cảnh báo giả do các nguyên nhân như hút thuốc hay thử cảm biến bằng quẹt lửa... [2]. Sẽ rất nguy hiểm nếu là những nơi chứa nhiều vật liệu dễ cháy như giấy, nhựa... thì khả năng can thiệp cứu chữa kịp thời rất khó khăn. Do đó, vấn đề đặt ra đối với những nơi này là cần kiểm soát chặt chẽ và kịp thời các khả năng cháy có thể xảy ra, mà không có các báo động giả. Một giải pháp phát hiện đám cháy là thông qua hệ thống camera quan sát, kết hợp cảm biến nhiệt hồng ngoại để xác định nhiệt độ từ xa [3], kết quả được quan sát bằng quang phổ nhiệt trên giao diện màn hình máy tính, từ đó phân tích đưa ra các kết quả và cảnh báo cháy. Hệ thống có thể cảnh báo cháy trực tiếp bằng các chuông báo, còi hú hay cảnh báo thông qua internet, điện thoại di động. Camera có thể mở rộng góc quan sát lên đến gần 360° bằng các động cơ Servo để tăng cường phạm vi giám sát cho hệ thống báo cháy.

Hệ thống sử dụng cảm biến nhiệt hồng ngoại MLX90614 giao tiếp với vi điều khiển thông qua giao thức điều khiển SMBus thay vì chuẩn I2C truyền thống, với ưu điểm công suất tiêu thụ thấp, có tính năng time out, tức là khả năng reset thiết bị slave nếu thời gian giao tiếp mất nhiều thời gian, có khả năng kiểm tra lỗi của gói tin.

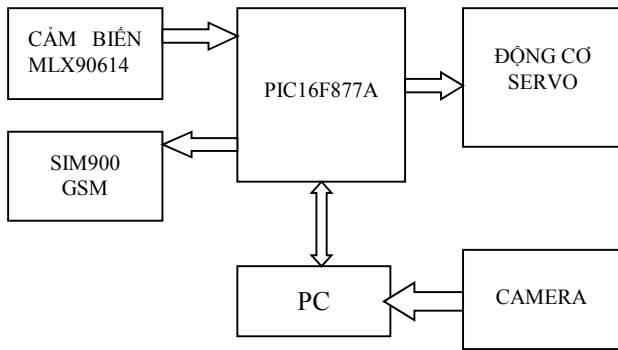
Hệ thống sử dụng camera 2.0 Megafixel giao tiếp máy tính thông qua chuẩn USB dùng giao diện viết bằng ngôn ngữ lập trình Java nhằm xác định quang phổ nhiệt của bức ảnh khi camera chụp, nhờ hệ thống động cơ giúp cho cảm biến nhiệt quét toàn bộ khung cảnh mà camera đã chụp, đồng thời trả về giá trị nhiệt độ theo tọa độ đã quét qua, từ đó phần mềm sẽ phân tích đưa ra phổ màu tương ứng với các giá trị nhiệt độ mà cảm biến nhiệt đo được. Phần mềm sẽ căn cứ phổ màu này, nếu dải nhiệt của phổ màu lớn trên một phạm vi rộng sẽ ngay lập tức đưa ra cảnh báo đám cháy, mà có thể tránh được các cảnh báo giả như các hệ thống cảnh báo cháy truyền thống.



Hình 1. Quang phổ nhiệt của đám cháy quan sát trên giao diện phần mềm máy tính

2. Thiết kế hệ thống phần cứng

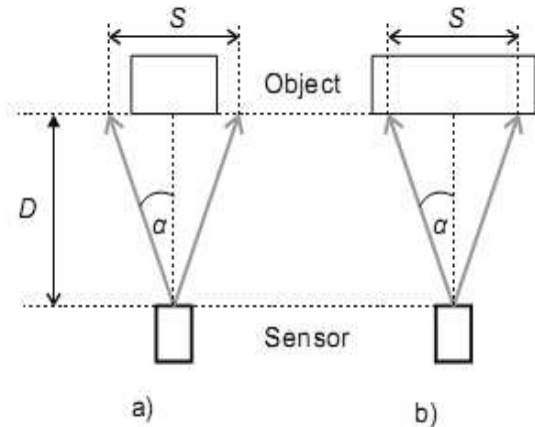
Hệ thống bao gồm vi điều khiển PIC16F877A, cảm biến nhiệt hồng ngoại MLX90614, 2 động cơ servo, camera 2 megafixel và module sim900A GSM/GPRS.



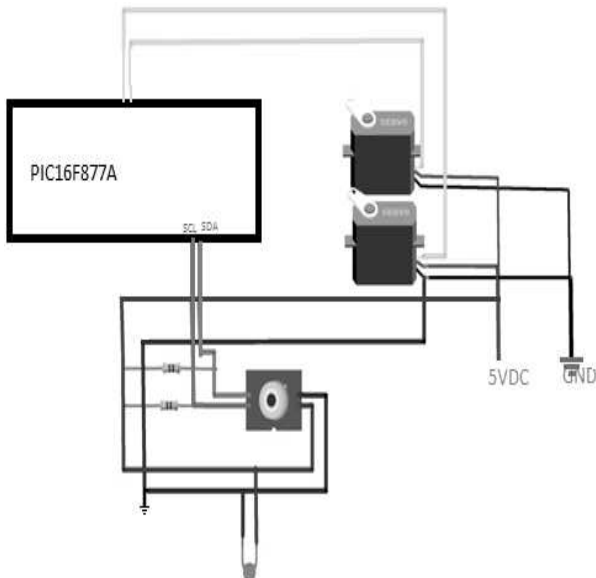
Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống

2.1. Cảm biến nhiệt hồng ngoại MLX90614

Đây là cảm biến nhiệt hồng ngoại đo nhiệt độ không cần tiếp xúc. Nó được tích hợp gồm cảm biến đo nhiệt bằng hồng ngoại, bộ khuếch đại nhiễu thấp, bộ chuyển đổi ADC 17 bit, nên sẽ cho kết quả có độ phân giải và chính xác cao (0.02°C), cho phép giao tiếp theo chuẩn SMBus, tín hiệu ngõ ra được cấu hình theo 10 bit PWM, dải nhiệt độ có thể đo được từ -20 đến 120°C [4].



Hình 3. Góc nhìn của cảm biến a. lỗi và b. thiết lập góc đo đúng



Hình 4. Sơ đồ kết nối hệ thống mạch điều khiển và đo nhiệt
Để thực hiện phép đo chính xác ta dựa vào công thức:

$$S = 2 * D. \tan(\alpha) \quad (1)$$

Với α là góc nhìn của cảm biến.

Bài báo khảo sát hệ thống với khoảng cách $D=1\text{m}-3\text{m}$, tức khoảng cách đặt hệ thống báo cháy cách xa đối tượng quan sát là 1m đến 3m, khoảng cách này đủ với kích thước những trần nhà ở hoặc trần của các cơ quan, xí nghiệp.

Cảm biến kết nối với vi điều khiển thông qua 2 chân SCL, chân 18 của vi điều khiển và SDA chân 23 của vi điều khiển (Xem hình 4), sử dụng 2 điện trở 4.7KΩ kết nối giữa SDA với 5V và SCL với 5V, một tụ 0.1μF kết nối giữa 5V và Mass để lọc các nhiễu ở tần số cao.

Kết nối thực tế mạch cảm biến MLX90614 lên testboard như Hình 5.



Hình 5. Mạch cảm biến MLX90614

2.2. Động cơ Servo

Mục đích giúp cho cảm biến nhiệt có thể quét toàn bộ khung hình mà camera đang giám sát. Bao gồm 3 dây kết nối 1 kết nối với nguồn 5V, 1 nối với mass, 1 nối với chân của vi điều khiển để điều khiển góc quay theo chế độ PWM (điều chế độ rộng xung) với chu kỳ $T=20\text{ms}(50\text{Hz})$.

Ví dụ để quay động cơ về vị trí 0°, ta điều chế độ rộng xung $T_{ON}=1.5\text{ms}$, 90° là $T_{ON}=2\text{ms}$, -90° là $T_{ON}=1\text{ms}$.



Hình 6. Động cơ Servo

2.3. Module sim 900A

Mục đích là truyền dữ liệu cảnh báo đám cháy thông qua tin nhắn SMS hay GPRS lên webserver, modul giao tiếp với vi điều khiển thông qua chuẩn truyền thông nối

tiếp RS232 ở tốc độ baud 9600, chân TXD của modul kết nối với chân RXD của vi điều khiển và ngược lại. Modul sim được thực thi nhờ tập lệnh AT [5]

2.4. Máy tính

Phần mềm lập trình giao diện trên máy tính được viết bằng ngôn ngữ Java, nhằm mục đích cho người sử dụng có thể dễ dàng quan sát quang phổ đám cháy, đồng thời có thể xử lý đưa ra các cảnh báo sớm của đám cháy và tránh các cảnh báo giả...

2.5. Vi điều khiển PIC16F877A

Đây là vi điều khiển của hãng Philip, mục đích là thu nhận dữ liệu nhiệt độ từ cảm biến nhiệt sử dụng giao thức truyền thông SMBus thông qua 2 chân Serial data (SDA) và chân Serial Clock (SCL). Trong phần lập trình, về cơ bản ta đọc dữ liệu từ bộ nhớ RAM nội, nơi lưu trữ nhiệt độ môi trường (Ambient temperature T_A) tại địa chỉ 0x006 và nơi lưu trữ nhiệt độ đối tượng (Object temperature T_O) tại địa chỉ 0x007. Độ phân giải phép đo là 0.02°C trên LSB, ta sử dụng công thức 2, 3, 4, 5 như một phần của đoạn mã lập trình để tính toán nhiệt độ:

$$\text{tempData} = (\text{double})(((\text{data_high} \& 0x007) \ll 8) + \text{data_low}); \quad (2)$$

TempData là dữ liệu tại địa chỉ 0x007 của RAM chính, là nhiệt độ của đối tượng T_O .

$$\text{tempData} = (\text{TempData} * \text{tempPactor}) - 0.01; \quad (3)$$

tempPactor chính là độ nhạy của cảm biến MLX90614, 0.02°C .

Xác định nhiệt độ:

$$\text{Độ C} = \text{tempData} - 273.15 \quad (4)$$

$$\text{Độ F} = (\text{Độ C} * 1.8) + 32 \quad (5)$$

Ngoài ra, vi điều khiển còn điều khiển tọa độ hay vị trí đo nhiệt cho cảm biến, thông qua điều khiển góc quay cho 2 động cơ servo và truyền dữ liệu nhiệt độ tương ứng với từng tọa độ lên máy tính. Nhận dữ liệu điều khiển từ máy tính và xuất thông tin cảnh báo qua modul GSM bằng tin nhắn và GPRS.

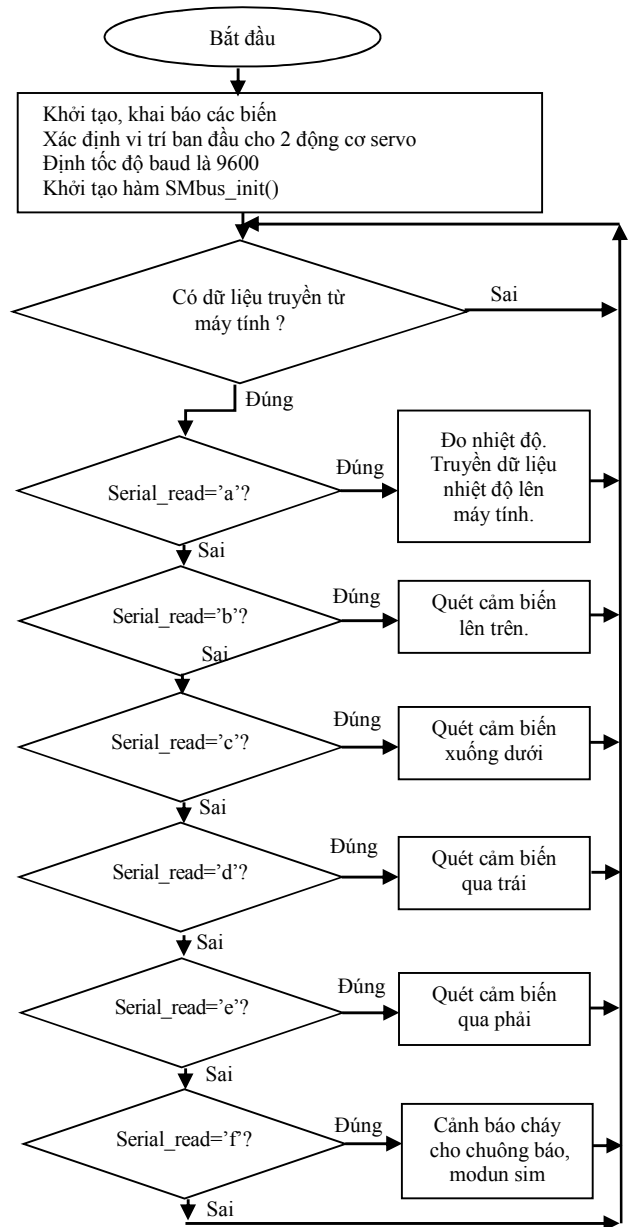
3. Thiết kế phần mềm

3.1. Chương trình chính được viết cho PIC16F877A

Nhiệm vụ chờ nhận các lệnh điều khiển từ máy tính, lệnh điều khiển là các ký tự được lập trình sẵn, tương ứng mỗi lệnh vi điều khiển sẽ gọi các chương trình con khác nhau.

Chương trình đo nhiệt kết hợp giữa tự động quét các vị trí tọa độ x,y khác nhau của khung ảnh, mỗi giá trị x,y sẽ gọi hàm đọc nhiệt độ từ cảm biến MLX96014 một lần và truyền kết quả lên máy tính (printValues(rawValues, lines);), trong đó rawValues là giá trị nhiệt độ, line là giá trị x,y.

Nếu kết quả thỏa mãn có cháy xảy ra, máy tính truyền lệnh 'f', vi điều khiển sẽ ngay lập tức gọi hàm cảnh báo. Nhiệm vụ hàm này là điều khiển loa/chuông cảnh báo hoạt động, đồng thời khởi động modul sim nhắn tin SMS đến thuê bao chủ và gửi thông báo đến Webserver.

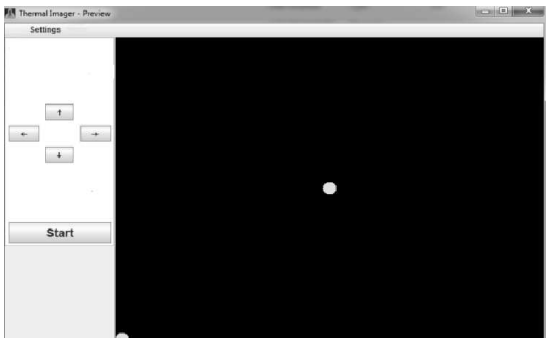


Hình 7. Lưu đồ giải thuật chương trình chính thực hiện trên vi điều khiển

3.2. Thiết kế giao diện chương trình trên máy tính

Chương trình được viết bằng ngôn ngữ lập trình Java. Nhiệm vụ là truyền các lệnh điều khiển cho vi điều khiển thực thi các nhiệm vụ như quét tọa độ cảm biến, đo và đọc giá trị nhiệt độ từ cảm biến nhiệt, nhận dữ liệu từ vi điều khiển, sau đó tính toán xác định kết quả, nếu thỏa mãn sẽ xuất lệnh cho vi điều khiển để cảnh báo cháy.

Phần Setting trên giao diện dùng lựa chọn và đóng mở cổng COM giao tiếp. Kết quả hình ảnh và phổ màu nhiệt được hiển thị phần bên phải của giao diện, các nút nhấn gồm Start và 4 nút mũi tên với các mã lệnh tương ứng là (a, b, c, d, e) và khi phát hiện đám cháy, phần mềm sẽ tự động truyền mã lệnh 'f' cho vi điều khiển thông qua chuẩn giao tiếp UART (Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter chuẩn truyền thông nối tiếp bất đồng bộ) để vi điều khiển đưa ra cảnh báo.



Hình 8. Giao diện phần mềm điều khiển trên máy tính

4. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

Hệ thống được thử nghiệm ở những nơi khác nhau, với các loại vật liệu như giấy, nhựa, bao nilong... Hệ thống phát hiện cảnh báo nhiều nhất 38s, tùy theo khoảng cách giữa đám cháy và cảm biến nhiệt MLX90614 mà thời gian phát hiện có thể thay đổi. Kết quả được thể hiện qua Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả của hệ thống được kiểm thử ở các nơi khác nhau

Nơi kiểm thử	Khoảng cách với đám cháy (m)	Thời gian quét và đo nhiệt của cảm biến (s)	Thời gian xử lý kết quả trên máy tính (s)	Tổng thời gian (s)
Phòng	1m	20-23	8	28-31
Ngoài trời	1-2m	20-30	8	28-38
Nhà kho	1-3m	20-30	8	28-38
Thư viện	1m	20-23	8	28-31

Bảng 1 đã cho thấy kết quả thời gian trung bình cho hệ thống xử lý phát hiện đám cháy.

Trong khoảng 30 lần kiểm thử, trong đó có 18 lần phát hiện chính xác đám cháy, còn 2 lần không chính xác do nguyên nhân trời lúc đó khá nắng nóng. Tuy nhiên, nếu hệ thống triển khai trong phòng hay tòa nhà không phải ngoài trời thì kết quả chính xác 100%, kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả kiểm tra của hệ thống tại các nơi khác nhau

	Quá trình thử có lửa	Quá trình thử không có lửa
Số lần cảnh báo đúng	28	30
Số lần cảnh báo sai	2	0

Hệ thống sẽ đưa ra tín hiệu cảnh báo khi lửa được phát hiện trong phạm vi của camera và tọa độ quét của cảm biến nhiệt hồng ngoại.

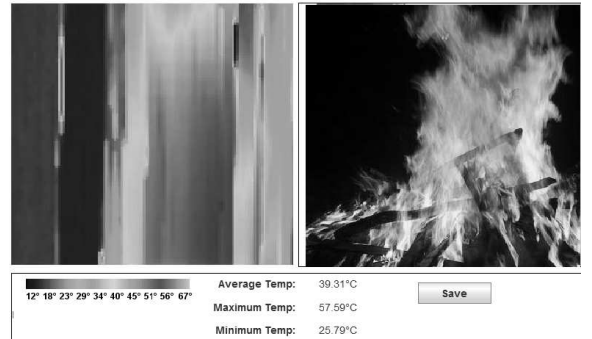
Các kết quả khi được quan sát qua phần mềm giao diện trên máy tính, Hình 9.

Kết quả Hình 9 cho thấy, nếu trong vùng quét có người, cho kết quả dải nhiệt cao nhất là 32.53°C, nhiệt độ trung bình trong của toàn bộ khung ảnh là 28.11°C. Trong giải thuật của chương trình, nếu nhiệt độ trung bình lớn hơn 36°C và nhiệt độ lớn nhất đạt 40°C, sẽ xuất lệnh báo cháy. Do vậy, với kết quả ở trên sẽ không có lệnh báo cháy xảy ra. Giá trị đặt ngưỡng để báo cháy có thể điều chỉnh theo

mùa, theo từng không gian hay cần độ nhạy khác nhau, mà người sử dụng có thể điều chỉnh cho phù hợp.



Hình 9. Kết quả đo nhiệt trong phòng nếu có người với khoảng cách 1,5m



Hình 10. Kết quả đo nhiệt do đốt lửa ngoài trời ban đêm với khoảng cách 1.5m

Kết quả Hình 10 cho thấy giá trị nhiệt độ trung bình 39.31°C và nhiệt độ cực đại đạt 73.59°C. Giá trị này vượt qua giá trị đặt của chương trình, nên cảnh báo cháy sẽ kích hoạt. Máy tính sẽ truyền lệnh “P” xuống để vi điều khiển khởi động hệ thống cảnh báo cháy.

5. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu đã được thực hiện, ta có thể xây dựng một hệ thống phát hiện cháy dựa trên xử lý kết quả từ cảm biến nhiệt hồng ngoại kết hợp hình ảnh từ camera, cho kết quả hiệu suất chính xác cao. Một trong những lợi thế của dự án này là với cách kiểm tra nhiệt độ hay khói như các hệ thống báo cháy truyền thống, hệ thống sẽ không kích hoạt báo động giả. Kết quả cho thấy rằng, sự kết hợp hai phương pháp này không có rủi ro cho nhà và 97% an toàn cho ngoài trời. Đây là một hệ thống tốt với chi phí thấp, mà lại hiệu quả cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Chen Xiaojuan, Bu Leping "Research of Fire detection Method Based on Multi-sensor Data Fusion" 2010, *IEEE*.
[2] Jimin Cheon, Jeonghwan Lee, Inhee Lee, Youngcheol Chae, Youngsin Yoo, and Gunhee Han "A Single-Chip CMOS Smoke and Temperature Sensor for an Intelligent Fire Detector" in *IEEE sensors journal*, VOL. 9, NO. 8, AUGUST 2009.
[3] FLUKE. IR Thermometers. [Online] Cited 2012-05-08. Available at: <http://www.fluke.com/fluke/czcs/products/Teplomery.htm>.
[4] MLX90614 family datasheet, Melexis Co. 3901090614, Rev 006, September 30 2010.
[5] http://www.simcom.us/act_admin/supportfile/SIM900_ATC_V1.00.pdf