

微小型之無線影像拍攝系統 Tiny Wireless Image Capturing System

符惇翔、劉彥廷、陳學儒、戎漢庭、許永和

國立虎尾科技大學資訊工程系

論文摘要

針對安全及保全系統，本研究提出了一套具備低單價，高整合性，以及高便利性的微小型之無線影像拍攝系統。在本系統中，整合目前最常使用的 USB Webcam，USB 隨身碟以及 ZigBee 等三種相關的技術標準以及規格。透過 ZigBee 規格，可以實現多組 USB Webcam 拍攝影像的目的。此外，可以根據實際的需求來使用不同容量的 USB 隨身碟來滿足長時間的儲存，達到可彈性擴充的目的。

關鍵詞：ZigBee、USB Webcam、USB Mass Storage 裝置

Abstract

The purpose of this study was to design a low cost, highly compatible, and greatly flexible Wireless USB image capture system. In this study, a USB Webcam, USB flash memory disk, and ZigBee device were integrated to develop the image capture system. Meanwhile, the ZigBee completed the purpose of multiple USB Webcam. In addition, users can then adopt different USB memory capacity to satisfy long hour demand. The feature of the developed tiny wireless image capturing system can also meet the flexible and extendable purpose.

Keywords: ZigBee, USB Webcam, USB Mass Storage Device

前言

目前社會上竊盜率以及犯罪率也是漸漸的越來越高，也因此，防盜錄影系統以及影像拍攝系統在都市的各個角落是隨處可見的，但反過來想，為什麼架設了那麼多的監視系統，有心人士的偷竊成功率卻還是只高不低，這是為什麼呢？

本研究做了以下的分析，竊盜者在犯罪前會精心準備了整個過程，首先，竊盜者會調查犯罪現場所有的攝影機架設位置，再來，便可以將電線截斷，或者破壞攝影機，以避免被攝影入鏡，以防日後被警方調看畫面檔案循著照片找出竊盜者。

既然竊盜者必須先找出攝影機的位置以及其電線的佈線方式，為了避免同樣的錯誤再發生，本研究提倡的方案是，將攝影器材微小化，使得竊盜者不容易找出攝影機。再來，透過無線的方式將影像儲存起來，省去不少的佈線麻煩，也避免了有心人士透過電線的走勢來找出我們系統所微小化的影像拍攝端。

在現在市面上的拍攝系統大多還是以 PC 主機

來作為影像的儲存設備，將拍攝到的影像存放在 PC 之中，雖然可以擁有很龐大的存放空間，但每架設一套系統就必須在多建置一台 PC，這對於使用者來說，實在是一筆不低的開銷

而綜觀目前所使用的介面來說，仍是以 USB 介面所具備的即插即用與熱差拔等特性，更能讓沒有任何電子電機背景的使用者來使用[1-2]。而且也應用至許多的居家照護領域[3-4]與工業的應用上[5]。而在本研究中我們運用 USB Webcam 作為數位影像的擷取裝置，如此，可省略一些影像的數位與類比轉換電路。USB Webcam 是符合 USB Video 群組規格的裝置，不僅低單價並易於使用[6]。而目前 USB 隨身碟現在已變成儲存資料或是檔案的不二選擇。USB 隨身碟是具備 USB mass Storage 群組規格的裝置，其可相容在 Windows ME 以上的作業系統[7]。而隨著容量不斷地提升，價格不斷地下降時，利用 USB 隨身碟來作為數位影像存放的記憶體更是相當好的解決方案。

此外，為了考量到耗電性和擴充性的缺點進行改進，因此，我們使用無線感測網路技術來進行系統的開發。在此，運用 ZigBee 協定來實現無線影像資料傳送與接收的建置。ZigBee 是架構在 IEEE802.15.4 的協定[8]上，運用此技術來改善原有需佈線、低擴充性和高耗電性等缺點的居家或是保全監控系統。

而為了降低整個建置成本的話，必須捨棄 PC 主機。在此，採用 C8051F-005 系列的單晶微處理器結合一顆 USB 主晶片組來模擬 PC 主機，並內建 USB Webcam 與 USB Mass Storage 群組之嵌入式驅動程式。因此，這樣一套具備低單價，易擴充以及容易架設使用的微小型之無線影像拍攝系統就輕易地被實現與設計出來。

系統設計

在本系統中，透過無線傳輸模組 ZigBee 來將系統劃分為影像擷取傳送模組以及影像接收儲存模組，將 Webcam 所拍攝到的影像來儲存在 USB 隨身碟中以下是我們硬體架構圖以及描述。

● 影像擷取傳送模組

如圖 1 所示，本研究是以 C8051F-005 單晶微處理器為系統核心，判斷按鈕是否有按下，當按下時，C8051F-005 會先透過 I2C 介面抓取 RTC 的系統時間，並且存放在 EEPROM 中，緊跟著，C8051F-005 會傳送訊號給 SL811HS，啟動 USB Webcam 動作。此時即執行裝置列舉的工作，以瞭解 USB Webcam 的特性與功能。當 USB Webcam

截取到影像後，再將資料回傳給 SL811HS 。當 SL811HS 接收到 USB Webcam 的資料後再依序傳給 8051F-005 並且同時執行著透過 ZigBee 無線傳輸模組 XBee 的工作，將影像傳送影像接收儲存模組。

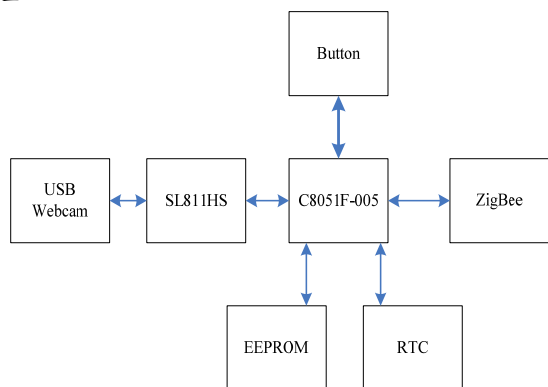


圖 1. 影像擷取傳送模組

而先前 C8051F-005 所抓取到的 RTC 系統時間，透過 I2C 介面存入儲存在 EEPROM 中，這是為了未來若有需求，可以再將 EEPROM 的資料抓取出來，作為資料的比對，而 RTC 萬年曆的設定也是透過 I2C 介面來達成，以簡化整體的電路，此外，我們將影像儲存進 USB 隨身碟中，是以抓取時間中的”時分秒”所為其檔名。

● 影像接收儲存模組

而另一部份，影像接收儲存模組所做的事情就較為簡單，如圖 2 所示，亦是用 C8051F-005 為核心。C8051F-005 透過 ZigBee 無線傳輸模組 XBee 來判斷各個端點是否有要將影像傳送過來。若有的話，先裝置列舉 USB 隨身碟，並開始接收端點所傳來的影像且將其影像存在 USB 隨身碟中，而如先前所說的，其檔名是以 RTC 萬年曆其中的”時分秒”，以便於日後調看方便。

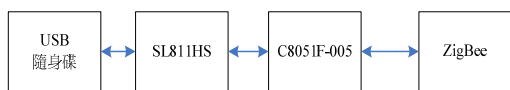


圖 2. 影像接收儲存模組

設計原理

我們依序解釋本系統相關設計的各個元件與其工作原理。其中，包含下列各項：

1. USB 裝置列舉及群組
2. SL811HS 連接電路
3. RTC 電路
4. 24LC64 電路
5. ZigBee 無線感測模組電路 USB 裝置列舉及群組

本研究運用 USB 主/從晶片組與相關群組的規格。因此，以下分別加以介紹其研究方法。

■ USB 傳輸

在此，我們需實現 USB 通訊協定。如圖 3 所示，顯示了 PC 主機如何與裝置執行通信協定的傳輸格式。從圖中，也可看出一個通信協定所需包含的各種封包與各類型欄位。

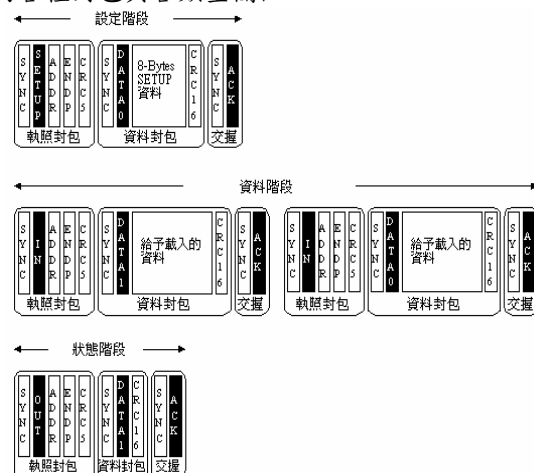


圖 3. PC 主機與裝置之間執行通信協定圖

USB 的裝置協定中，有著多種不同的周邊裝置與應用，也因此，訂下了四種的傳輸類型，分別是控制型傳輸(Control Transfer)，中斷型傳輸(Interrupt Transfer)，巨量型傳輸(Bulk Transfer)以及等時型傳輸(Isochronous Transfer)。其中，再最一開始的步驟，都是需要經過控制型傳輸的裝置列舉來完成。在 USB 應針對不同裝置的應用特性，個別地執行中斷傳輸，巨量傳輸，或等時傳輸。

另外，我們將實現了 USB Mass Storage 群組。如此，即可讀取 USB Webcam 的影像，並將所拍攝的數位影像放置在隨身碟中。在 USB 規格中，對於各種的週邊裝置訂定了一系列的群組規格，以便於統一各種週邊裝置的設計與製造。其中，如表格 1 所示，判斷裝置群組碼與介面群組碼等兩個數值來加以辨識。例如，Mass Storage 群組的裝置群組碼與介面群組碼分別為 0x00 與 0x08。

表格 1、USB 群組表

規格	裝置群組碼	介面群組碼
應用規格*	--	0xFE
Audio	0x00	0x01
Communication	0x02	--
HID	0x00	0x03
HUB	0x09	0x09
Firmware Upgrade	--	0x0C
Mass Storage	0x00	0x08
Monitor	同HID	同HID
Power	同HID	同HID
Physical	--	0x06
Printer	--	0x07
製造商規格	--	0xFF

因此判斷裝置傳出的裝置群組碼與介面群組碼即可瞭解將裝置的初步分類。在此小型 USB 錄放影系統中，所要實現的 USB 群組中，則包含了 Mass Storage 群組實現方式，依序加以介紹：

■ Mass Storage 群組

所謂的 USB Mass Storage 群組裝置是屬於一種巨量傳輸的裝置。為了一開始讓主機辨識這個裝置是屬於 USB Mass Storage 群組裝置，必須在其裝置描述元的 bDeviceClass 欄位設定為 0x00，以及在介面描述元的 bInterfaceClass 欄位設定為 0x08。當主機執行完裝置列舉的工作後，即可瞭解此一裝置為 Mass Storage 群組裝置。

此外，Mass Storage 群組裝置必須符合許多特定的規格。為了實現 USB Mass Storage 群組，我們必須參考諸多的規格文件資料。這些規格書皆可在 USB 官方網站中加以下載取得。因此，我們必須先具備 USB Mass Storage Device 的基本概念。

其中，需注意的是 BOT 規格指的是，僅具備巨量傳輸的 USB 裝置，而其包含了一個 IN 端點與一個 OUT 端點，且需透過 CBW-Data-CSW 來寫入或是讀取資料交易。在市面上我們常見到的隨身碟或者是隨身硬碟大多符合這些格式。因此，我們即必須在端點描述元中，分別規劃一個巨量 IN 端點與巨量 OUT 端點。這是一種屬於 Bulk Only Transport, BOT 的規格。如下圖 4 所示，即為這種規格的特性。

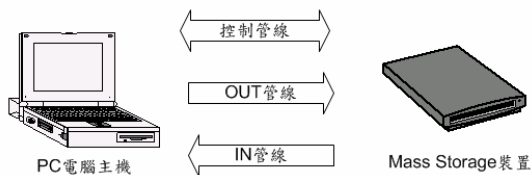


圖 4、BOT 規格的基本特性示意圖

其中，特別規範了 UFI 裝置，這種 UFI 裝置是可即插即拔的媒體 Mass Storage 次系統，其可透過 USB 介面來與 PC 主機連結。這就與一般稍前所提及的透過 IDE 介面來連結 Mass Storage 裝置是截然不同的。主機可透過交換命令區塊，資料與規格所定義的狀態訊息來與 UFI 裝置相互通訊。如此，即可透過 Bulk-Only 或是 CBI 傳輸規格來藉由 USB 介面傳輸訊息。

● USB 主晶片組-SL811HS

為了實現一個 USB 主機端，因此我們必須採用一個 USB 主晶片組來加以實現。而使用了以 Cypress 半導體公司推出的 SL811HS，本研究以 SL811HS 連接至 C8051F-005 即可實現一個最為簡易與小型的 USB 主機端。如此。我們可以連接 USB Webcam 或是 USB 隨身碟。

根據稍前所介紹的裝置列舉步驟，我們透過 C8051F-005 單晶微處理器來控制與存取 SL811HS

的暫存器依序來加以實現。這一部份的設計是實現一個嵌入式的 USB 主機的驅動程式。

● RTC 電路

本研究是將 Webcam 所擷取下來的影像，並儲存於 USB 隨身碟中，而檔案則是希望以當時的時間來命名，因此我們需要一個計數器來記錄現在的年月日時分秒，所以設計了這個 RTC(Real Time Clock)電路。當按下了拍攝鈕時，EEPROM 開始儲存觸發時間時，微控制器會讀取 RTC 內部的月、日、時、分來當作檔案名稱並可在日後讀取 EEPROM 時，輕鬆容易辨識資料的新舊。

在此，所採用 HT1380/HT1381 IC 是一個串列的 timekeeper IC，其提供秒、分、時、天、日期、月與年等訊息。HT1380/HT1381 具備低功耗，且能操作在兩種模式下：具備 AM/PM 顯示的 12-hour 模式以及 24-hour 模式。如下圖 7 為其 IC 的架構示意圖。

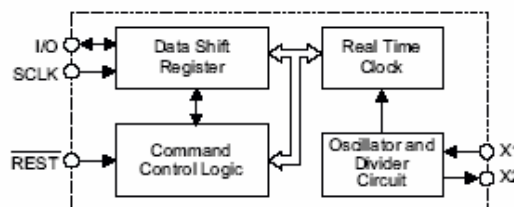


圖 5、HT1380/HT1381 IC 硬體架構示意圖

由於其所提供的串列介面與 I2C 介面是相容的，因此控制上是相當地簡易。如下圖 6 與圖 7 分別為其單一位元傳輸與突發模式傳輸的序列波形圖。

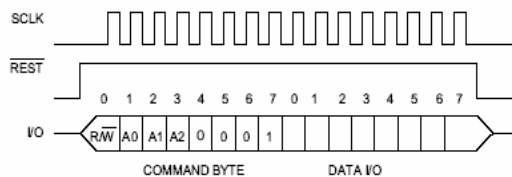


圖 6、單一位元傳輸序列波形圖

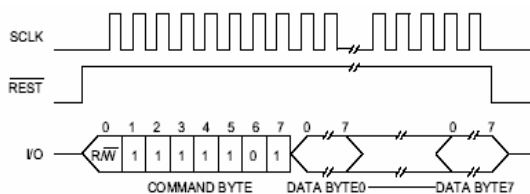


圖 7、突發模式傳輸序列波形圖

● 24LC64 電路

本研究使用了 Microchip 的 64Kbyte I2C 介面的 24LC64 EEPROM，用來儲存每一次拍攝的時間。此時間是用來命名經由 USB Webcam 所拍攝並存進 USB 隨身碟的檔名。而其寫入以及讀取是利用了如圖 8 所示 I2C 介面的 SDA 以及 SCL 兩之腳位做為溝通橋樑。

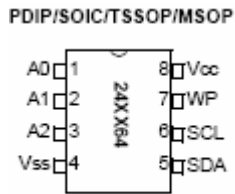


圖 8、24LC64 接腳圖

而 24LC64 控制的方式必須透過 I2C 的傳輸方式，一個 byte、一個 byte 依序傳送，先傳送開始位元後，再如同圖 9 的方式一步一步的寫入其位置方能做讀取或者寫入資料。而其位置作多為 13-bit。換句話說，最多可儲存 8Kbyte 的資料，做為存放 RTC 時間資料量來說，可以說是相當大的容量。

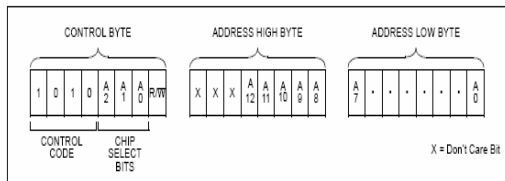


圖 9、24LC64 控制暫存器

● ZigBee 無線感測模組電路

雖然本研究設計之電路在製作上盡量加以微小，容易隱藏，但若是有心人士從系統架設的佈線走勢發現了本系統，亦是無用。為此，本研究採用了以無線的方式來傳送或是接收數位影像資料，而使用無線傳遞影像的方式，更增強了隱藏性。

本研究運用了 ZigBee 無線感測網路方式，以按鍵的方式來判斷是否該處發 USB Webcam，甚至作出連拍的反應動作，並將所拍攝圖片傳回接收模組，並傳至 USB 隨身碟中儲存。為了控制這個晶片組，我們透過 RS232 介面來加以控制與設定。而 RS232 介面可以透過 C8051F-005 來連結以便作快速的傳輸與接收。以下是對 Zigbee 做一簡易的介紹。

ZigBee 是一種強調低價位、低耗電量的短距離無線通訊技術，主要用於連接家庭內的電器，例如：燈光開關、煙火警報器、自動調溫器、電器設備、影音設備遙控、景觀，和安全系統等。在短距離無線通訊技術中，ZigBee 的傳輸速率算是較低的，但耗電量也最小。

Standard Feature	IEEE 802.15.1 Bluetooth	IEEE 802.15.3a UWB	IEEE 802.15.4 ZigBee
Application	Voice, data, Cable replacement	Streaming multimedia, video/audio cable replacement	Monitoring & Control, sensor
Advantages	Cost, low power	High speed, low power	Cost, lowest power,
Frequency	2.4 GHz	2.4GHz/3.1 – 10.6GHz	868 MHz/915 MHz/ 2.45 GHz
Raw transmission rate	1Mbps	110Mbps	20/40/250Kbps
Battery life (days)	1-7	Potential 1000+	100-1000+
Network size	8	127 per host	65,535

表格 2、三種短距離無線通訊的特性與功能比較

根據 ZigBee 技術規格，具有如下的特性：

(1) 省電

ZigBee 傳輸速率低，使其傳輸資料量亦少，所以訊號的收發時間短，其次在非工作模式時，ZigBee 處於睡眠 (IDLE) 模式，而在工作與睡眠模式之間的轉換時間，一般睡眠啟動時間只有 15ms，而設備搜尋時間為 30ms。透過上述方式，使得 ZigBee 十分省電，電池則可支援 ZigBee 長達 6 個月到 2 年左右的使用時間。

(2) 可靠度高

ZigBee 之 MAC 層採用 talk-when-ready 之 CSMA/CA 機制。此機制為當偶資料傳送需求時即立刻傳送，每個發送的資料封包都由接收方確認收到，並進行確認訊息回覆。若沒有得到確認訊息的回覆就表示發生了碰撞，將再傳送一次，以此方式大幅提高系統資訊傳輸之可靠度。

(3) 高度擴充性

一個 ZigBee 的網路最多包括有 255 個網路節點，其中有一個是 FFD 而其餘則是 RFD。若是透過 Network Coordinator 則整體網路最多可擴充到 65535 個 ZigBee 網路節點，再加上各個 Network Coordinator 可互相連接，使整體 ZigBee 網路節點數目將十分可觀。(如圖 10 所示為 ZigBee 的拓撲架構)

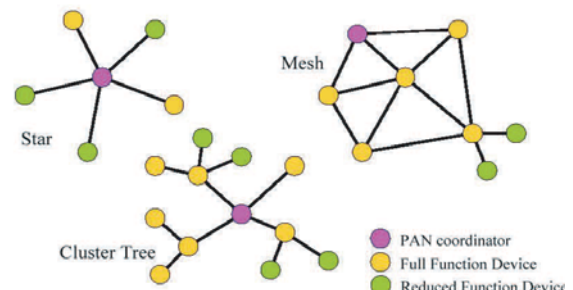


圖 10、拓撲架構圖

星狀拓樸 (Star Topology)

透過一個中央控制節點(協調者)與其他節點 (RFD) 連接，除了中央控制節點(協調者)以外之其

他節點(RFD)間並不直接相連。

網狀拓樸 (Mesh Topology)

● 完全連結網路拓樸 (Full Connected Mesh Topology)

網路中的各節點(RFD)皆與系統中之其他所有節點(RFD)存在直接相連的路徑。此種連結型式之拓樸架構比較常見。

● 部份連結網路拓樸 (Partially Connected Mesh Topology)

網路架構中並非所有節點(RFD)間均存在直接相連的路徑，訊息的傳送可能需要經過其他節點(RFD)才能到達目的地節點。

叢集樹狀拓樸 (Cluster tree Topology)

為樹狀拓樸的擴張，中央主幹節點必須是(協調者)與其連接的子樹幹節點是 FFD，而樹根節點可以是 FFD 或者 RFD。

為了以 ZigBee 無線網路來傳送或是接收數位影像資料，我們採用了 ZigBee 無線感測晶片組 (XBee) 來實現這個工作。而透過 C8051F-005 RS232 介面可直接控制與設定連結來實現影像資料快速的傳輸與接收。

在此研究中，採用了一個 ZigBee 模組 (XBee™ ZigBee OEM RF Module, MaxStream) 包含了下列相關的特性：

1. 2.4-GHz 無線收發器
2. 可用於工業、醫院等的頻帶下 (2.4 GHz 2.483 GHz)
3. -90-dBm 接收靈敏度及 20 dBm 輸出功率
4. 可傳輸達 30 公尺以上的距離
5. 資料傳輸率可達 250 kbits/sec
6. 高整合的架構。低單價，僅需少許的外部零件即可工作
7. 雙 DSSS 重新配置的基頻 correlators
8. 點對點傳輸
9. 等待電流 < 10 μ A
10. 操作電壓為 3.3V

系統測試

下圖 11 以及圖 12 為本系統影像擷取傳送端以及影像接收儲存端的實體圖。



圖 11. 影像擷取傳送模組



圖 12. 影像接收儲存模組

我們以不同無線傳輸速率來作為測試，來作為無線傳輸會不會漏失資料的依據。

而 ZigBee 無線傳輸模組 XBee 最高的傳輸速率為 115200bps。為求無線傳輸上的穩定，我們先以較慢的 38400bps 來作為傳輸速率，其傳送與接收的影像是如圖 13 所示。



圖 13、38400bps 飽率無線傳輸速率

緊接著，則測試 57600bps 傳輸飽率速率以及 115200bps，其傳送與接收的影像是如圖 14 所示。



圖 14、57600bps 無線傳輸速率

當我們以 115200bps 飽率作為傳輸速率時，由於速率太快的關係，便常發生失聯的情況，導致傳

輸影像的動作經常失敗。因此，我們將整個系統震盪器換成 24MHZ，雖然改善了其常失聯的問題，但為求穩定，我們整個系統還是將無線傳輸速率設定在 57600bps。

結論與討論

本系統的優點可歸類於下列四大點:

- 一、省下佈線的問題
可避免有心人士藉由電線的走勢來找到攝影器材，並加以破壞。
- 二、多點無線傳輸影像
使用 ZigBee 無線傳輸模組，最高可達 1 對 255 的傳輸，最多可架設 255 組的 Webcam 擴充性高。
- 三、脫離 PC 主机的控制
藉由 USB 隨身碟的使用，可依據個人的需求來搭配使用，脫離 PC 主機。
- 四、系統微小化
將整體系統的電路微小化，隱藏性高，亦可避免被有心人士察覺，已達到拍攝系統的高性能。

未來本系統將進一步整合感應器的部份讓整體系統更人性化與自動化。例如，使用焦電感測器、瓦斯感測器之類感測方式來觸動其拍攝，而非是以手動的按鍵來判斷是否該拍攝影像。

參考文獻

1. Universal Serial Bus Specification 1.1 , www.usb.org.
2. Universal Serial Bus Specification 2.0 , www.usb.org.
3. Yung Hoh Sheu, Yen-Chao Chen, Jheng Yi Yang, "Embedded USB Homecare Internet System, " , Program of 6th Asian-Pacific Conference on Medical and Biological Engineering (APCMBE2005), Japan, April 20, 2005.
4. 李浚華，楊正宜，陳宴召，劉欣茹，許永和，衛祖賞”應用於居家照護之分散式無線USB網路系統之研製”，中華民國九十四年度生物醫學工程科技研討會，2005.
5. C.P. Young and M.J. Devaney , "Universal Serial Bus Enhances Virtual Instrument-Based Distributes Power Monitoring," IEEE Transaction on Instrumentation And Measurement, vol. 50, NO.6, pp. 1692-1697,

December 2001.

6. Universal Serial Bus Device Class Definition for Video Devices , www.usb.org.
7. Universal Serial Bus Mass Storage Class Bulk-Only Transport , www.usb.org.
8. IEEE802.15.4 Standards for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area network-Specific requirements, October -2003.