

# 基於物聯網之嬰兒翻身警示暨成長環境監測系統

梁瑋芸 蔡旻伶 李蕙盈 王友群

國立中山大學資訊工程學系

{mic824, alusasukalato, tina3872162}@gmail.com; ycwang@cse.nsysu.edu.tw

## 摘要

嬰兒翻身而導致窒息一直以來都是嚴重的嬰兒照護問題，此外，睡眠時口鼻被棉被遮蓋或趴睡不僅會造成嬰兒呼吸不順，甚至會增加窒息風險，而照顧者無法隨時注意嬰兒狀況正是造成此問題的因素之一，再者，舒適且安全的環境對成長中的嬰兒極其重要，市面上雖有許多嬰兒成長環境的監控產品，但大多數都僅有單一功能、無法連接電器產品、或是沒有即時通知功能，有鑑於此，我們開發一套結合物聯網、資料庫、機器學習等技術的「嬰兒翻身警示暨成長環境監測系統」，擁有即時手機通知與物聯網技術以連接電器產品的功能，來有效解決上述的問題。

**關鍵詞：** 嬰兒翻身、成長環境監測、物聯網、機器學習

## Abstract

Asphyxiation caused by baby turning over has always been a serious baby-care problem. In addition, covering the nose and mouth with quilts or sleeping on the stomach will not only cause the baby to breathe unsatisfactorily, but also increase the risk of suffocation. Nevertheless, care-givers cannot always pay attention to the baby's health. Furthermore, a comfortable and safe environment is important for growing babies. Although there are many baby environment monitoring products on the market, most of them have only a single function and cannot be connected to electrical products. They also have no real-time notification function. In view of this, we develop a *baby turn-over warning & growth-environment monitoring system*, which uses the technologies of Internet of Things, database, and also machine learning. The system can offer real-time notifications to users through mobile phones and connect to electrical products, so as to efficiently solve the above problems.

**Keywords:** Baby turning over, growth-

environment monitoring, Internet of Things (IoT), machine learning

## 1. 前言

現代人由於工作繁忙，父母無法時時刻刻在嬰兒身邊，即便有其他照顧者或保母幫忙照護，仍然會有因為照顧者暫時離開而對嬰兒疏於照顧的情況，因此，發生嬰兒趴睡或棉被遮蓋口鼻而造成的窒息事件所發生頻率的不低，且照顧者無法隨時注意到嬰兒房內環境相關變數，使得嬰兒感受不舒服。就上述的種種問題，我們開發一套能結合偵測嬰兒翻身、口鼻遮蓋以及監測其成長環境數值的監控系統來減少嬰兒發生危險的機會，並提供他們舒適的成長環境。

目前市面上針對嬰兒成長環境進行監測的相關裝置大多為單一功能，例如：嬰兒翻身偵測、智慧型幼兒監視器、嬰兒用空氣清淨機等。然而，這些裝置卻無法進行遠端遙控或是提供即時提醒，成為嬰兒成長環境監控的一大缺點，在目前影像辨識(Image recognition) [1]以及智慧物聯網(Internet of Things) [2]技術的蓬勃發展下，各項檢測器可經由微處理機運算後，將資料上傳至資料庫，再傳輸到手機進行嬰兒房環境數據提醒，此外，透過在嬰兒床正上方及左右兩側等地方架設網路攝影機，並且搭配數位三軸重力加速度傾斜模組，可對嬰兒趴睡及翻身進行偵測，並運用影像處理技術使結果更加準確，同時獲得嬰兒房內的即時影像，讓照顧者監控嬰兒睡眠狀態，以在可能發生危險及時通知照顧者前去處理。

在本論文當中，我們使用 Arduino 開發板作

為物聯網計算與通訊的平台，對於各項感測器的輸出結果進行統整運算，並且透過機器學習工具 Dlib 的人臉特徵檢測來偵測嬰兒的臉部及口鼻，判斷其是否有異物覆蓋或是因為趴睡而可能造成窒息的危險性；為達成上述目的，我們的研究方向以及欲解決的問題有下列兩者：

- 一、利用智慧物聯網來有效並持續監測嬰兒的成長環境：我們將運用 Arduino 作為主機板，以結合多項感測器(包含溫度、濕度、氣體、三軸重力加速度等)來獲取嬰兒所處環境的資訊，並且利用物聯網之技術來即時對非處於正確範圍內的環境因子進行應對(例如：提供警示)。
- 二、即時通報系統：倘若嬰兒可能遭遇到危險情況，例如：口鼻遭到覆蓋、環境中含有有害氣體，則手機的 APP 會即時通知照顧者前來處理。

## 2. 相關技術

以下我們就本論文的系統所使用到的技術與工具分別進行說明。

### 2.1 Dlib

Dlib 是一個基於 C++ 程式語言所撰寫、並提供機器學習工具之套件[3]，藉由 Dlib 套件可以使用這些機器學習工具在任何的專案上，目前無論是在機器人、嵌入式設備、移動設備，甚至是大型高效運算環境中都被廣泛使用。Dlib 套件包含許多已經訓練好的模組，主要用來進行人們的臉部辨識，它取出臉部上 68 個關鍵特徵點用以辨識，並可針對特定部位進行資料擷取，Fig. 1 為 Dlib 套件的人臉辨識影像之示意圖。

在本論文中，我們將使用此套件來辨識嬰兒臉部(特別是口鼻部位)，倘若 Dlib 套件無法成功進行辨識，即代表嬰兒臉部很可能遭到異

物覆蓋。



Fig. 1. Dlib 人臉辨識

### 2.2 Arduino

Arduino 是一家製作開源(Open source)硬軟體的公司[4]，Arduino 公司的開發板包含可外接許多設備的攝影機、檢測器及 Wi-Fi 模組等，並具有良好的開發環境以及網路上的資源等多項優勢，故本論文以 Arduino 開發板作為主要硬體。

在撰寫程式時主要是以 C++ 進行開發，在 Arduino 開發板上加裝網路攝影機及多個感測器以監測環境變數，並使用網路傳送這些變數及影像至後端伺服器的資料庫；我們並在開發板上加裝燈泡模擬相關電器開啟或關閉。

本論文所使用的開發板為 WeMos D1 R2，WeMos D1 R2 是 WeMos 基於 ESP8266EX 開發的兼容 Arduino UNO 開發板，同時也保留了 Arduino UNO R3 的特性。利用 ESP8266EX 本身自帶 Wi-Fi 的特性，相對於傳統的 Arduino 開發，可以節省購買 Wi-Fi 擴展板的費用。

### 2.3 Android Studio

Android Studio [5] 為 Android 平台開發程式的整合式環境，它基於 IntelliJ IDEA 並以 Java 及 XML 檔進行開發，可用於不同的手機型號以及不同作業系統上(例如：Windows、OS X、Linux 等)。除此之外，Android Studio 也包含 Android 虛擬設備管理器及 Android 設備顯示

器，並提供圖形化介面的顯示，在本論文中，我們將使用 Java 配合 Android 設備顯示器進行手機 APP 的開發。

## 2.4 MQ-135 氣體感測器

針對有害氣體偵測的部分，我們使用 MQ-135 氣體感測器[6]，該感測器所採用的氣敏材料(Gas sensitive material)是在清潔空氣中電導率較低的二氧化錫(SnO<sub>2</sub>)，當 MQ-135 氣體感測器所處環境中存在汙染氣體時，其電導率(Electrical conductivity)會隨空氣中汙染氣體濃度的增加而上升。MQ-135 氣體感測器對氨氣(NH<sub>3</sub>)、硫化物、苯系蒸汽的靈敏度高，對煙霧和其它有害氣體的監測也很理想。

## 2.5 DHT22 溫濕度感測器

DHT22 AM2302 數位溫濕度感測器[7]是一款含有已校準數位信號輸出的溫濕度複合感測器，它具有專用的數位模組採集技術和溫濕度傳感技術，以確保產品具有高度的可靠性與卓越的長期穩定性，在本論文當中，我們採用 DHT22 AM2302 感測器來監控嬰兒成長環境中的溫度與濕度狀況，以提供舒適的環境。

## 2.6 GY-291 三軸重力加速度計

三軸加速度計(Tri-axial accelerometer)是利用加速度的原理來判斷物體的位置轉向，多半可以做到雙軸正負 90 度或雙軸 0-360 度的傾角之辨別。本論文是採用 GY-291 ADXL345 三軸重力加速度計[8]來判斷嬰兒是否翻身，此加速度計是採用數位輸出，因此無須再進行類比數位之轉換。

## 2.7 XAMPP

XAMPP [9]為 Apache Friends 所推出的軟體整合包，它是由 Apache HTTP server、MariaDB

資料庫、PHP 及 Perl 程式語言編寫的腳本解釋器所組成，XAMPP 可幫助開發者在本地端的網頁伺服器上建立及測試他們的程式。而在本論文當中，我們使用 XAMPP 搭配 MySQL 進行監控環境變數的資料儲存。

## 3. 研究方法

### 3.1 系統架構

本論文所開發的「嬰兒翻身警示暨成長環境監測系統」分為三個部分，包含硬體、資料庫伺服器、以及手機 APP，整體的系統架構圖如 Fig. 2 所示。

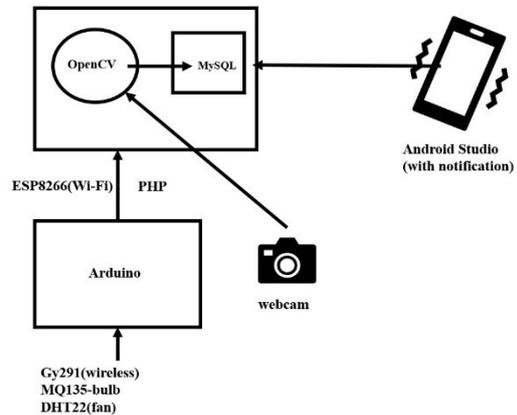


Fig. 2 系統架構圖

硬體部分為利用 Arduino 開發版連接三組感測器，分別為溫濕度模組(DHT22 AM2302)、有害氣體感測器模組(MQ135)、以及三軸重力加速度計(GY-291 ADXL345)，此外，我們透過 ESP8266 與 PHP 作為媒介將資料上傳至資料庫伺服器，Fig. 3 為硬體設備之架構圖。

資料庫伺服器為 MySQL，除了進行資料紀錄外，也會在此進行 Python Dlib 的人臉偵測，若無法成功判斷出嬰兒臉部，即代表嬰兒有可能正在趴睡(而有窒息危險性)。

手機 APP 為利用 Android Studio 所開發，會直接抓取 MySQL 資料庫的資料並判別房間溫溼度及空氣品質是否適合嬰兒，若不適合，則會發送通知給照顧者，此外，若是嬰兒正處

於臥睡狀態，也會在此處透過推播即時通知照顧者，以避免照顧者漏接手機訊息。

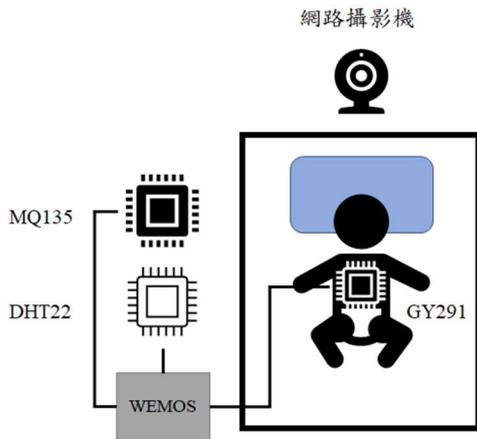


Fig. 3 硬體設備架構圖

### 3.2 系統運作流程

本系統在安裝與運作上包含以下流程：

1. 首先須安裝 Arduino software (IDE)，並連接 Arduino 開發版與感測器，分別為 MQ-135、DHT22 以及 GY-291，並確認各個感測器是否能正常運行以及資料穩定度，以及合併後三個感測彼此不會互相干擾。
2. 確認 Arduino 開發版連接 Wi-Fi 的穩定度。
3. 透過 ESP8266 將 Arduino 開發版連接到指定的 Wi-Fi 基地台。
4. 透過 PHP 將硬體端資料上傳至 MySQL 資料庫。
5. 安裝網路攝影機。
6. 將網路攝影機所拍攝的圖片上傳至伺服器，在伺服器端使用 Python 語言來進行影像辨識。
7. 將運算結果儲存至 MySQL 資料庫。
8. 使用 Android Studio 設計使用者介面，並透過 Android Studio 將資料從 MySQL 資料庫中取出。
9. 做出實際測試場景。
10. 使用仿真娃娃和實際場景進行測試。

Fig. 4 顯示系統運作的流程圖，而 Fig. 5 則為硬體端資料送至資料庫的流程圖。

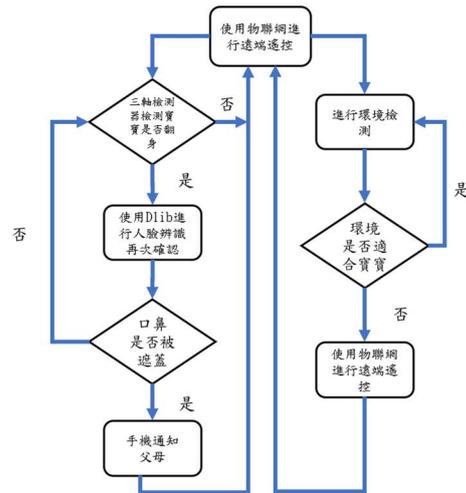


Fig. 4 系統流程圖

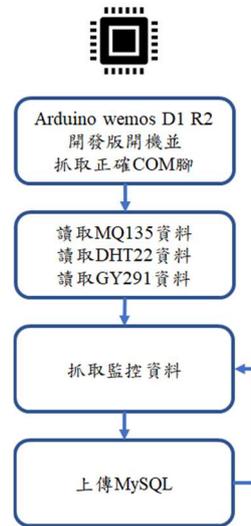


Fig. 5 硬體端資料傳送至資料庫的流程圖

### 3.3 硬體端資料測試

本論文所開發的「嬰兒翻身警示暨成長環境監測系統」目標為有效地減少嬰兒翻身窒息的事件以及帶給嬰兒舒適的環境，不僅可以使主要照顧者得到嬰兒房內的環境相關資訊，即時調整各項電子設備，也可以在嬰兒因為翻身面部朝下或是口鼻被異物遮蓋時得到警示，避免憾事發生，而使用資料庫伺服器可減少計算時間，使資料傳遞更即時。

TABLE I 為 MQ-135 氣體感測器的感測值範圍與系統所對應發出的警告訊息，另外，

TABLE II則為 AM2302 數位溫濕度感測器的感測值範圍與系統所對應發出的警告訊息，透過這兩個感測器的感測結果，系統能夠即時將嬰兒所處環境的空氣品質、溫度、濕度等環境資訊通報給照顧者(透過其手機)。

MQ135感測結果	系統應發出的警告訊息
100-150	正常空氣範圍值
700	酒精濃度過高
750	輕微天然氣外洩
其他	空氣品質不佳

TABLE I MQ135 感測值範圍及對應訊息

DHT22感測結果	系統應發出的警告訊息
溫度介於23-27度	正常溫度範圍值
溫度<23度	溫度過低
溫度>27度	溫度過高
濕度介於45%-75%	正常濕度範圍值
濕度<45%	濕度過低
濕度>75%	濕度過高

TABLE II DHT22 感測值範圍及對應訊息

透過硬軟體的整合，我們將溫濕度模組 DHT22 AM2302 與 MQ-135 氣體感測器模組連接上 Arduino 開發板，並確認資料運行順暢且數值正確，資料庫建立完成，感測器所偵測到的所有資料都可以成功上傳到資料庫伺服器，TABLE III 為實驗結果數值。

dht22_t	dht22_h	MQ135	time
30.8	53.9	146	2021-05-28 10:58:25
30.8	54.1	145	2021-05-28 10:59:25
30.7	52.9	145	2021-05-28 11:00:25
30.6	52.7	145	2021-05-28 11:01:25
30.6	53.1	145	2021-05-28 11:02:25
30.6	53.4	146	2021-05-28 11:03:25
30.6	53.3	146	2021-05-28 11:04:25
30.6	53.8	146	2021-05-28 11:05:26
30.6	53.7	145	2021-05-28 11:06:26
30.7	53.6	146	2021-05-28 11:07:26
30.7	53.8	146	2021-05-28 11:08:26
30.7	53.5	146	2021-05-28 11:09:26
30.7	53.3	146	2021-05-28 11:10:26
30.7	53.1	146	2021-05-28 11:11:26
30.7	52.9	146	2021-05-28 11:12:27
30.8	52.5	145	2021-05-28 11:13:27
30.7	52.8	142	2021-05-28 11:14:27
30.8	52.1	142	2021-05-28 11:15:27
30.7	52.6	144	2021-05-28 11:16:27
30.7	52.3	141	2021-05-28 11:17:27

TABLE III 實驗結果數值

### 3.4 後續工作與討論

此系統能監測各項環境因子，並偵測嬰兒是否趴睡，若是嬰兒趴睡、口鼻遭掩蓋、環境空氣不佳或溫溼度未維持在平均值，會透過 APP 的即時推播機制通知照顧者，避免照顧者沒有即時發現嬰兒狀況而造成憾事。

另一方面，我們使用 Arduino 抓取各項環

境因子以及三軸重力加速度計的資料，並透過 Wi-Fi 模組上傳至 MySQL 資料庫，在判斷嬰兒是否有窒息危險時，我們使用網路攝影機以及 Python Dlib 人臉辨識技術來判斷嬰兒口鼻是否遭掩蓋，除此之外，我們也可以利用三軸重力加速度計的 Z 軸值是否小於零，來判斷嬰兒是否處於趴睡的狀態。

而在研究限制的部分，我們所使用的三軸重力加速度計目前無法使用無線的方式來放置在嬰兒身上，需要將整個開發板及其他感測器一併放在嬰兒身上，目前僅使用仿真玩偶來進行測試。

### 4. 結論與未來工作

本論文開發一套「嬰兒翻身警示暨成長環境監測系統」來讓照顧者能夠監控嬰兒所處環境的狀態，包含溫度、濕度、有害氣體濃度等，也能夠在嬰兒因被遮住口鼻或是趴睡而可能有窒息危險時，迅速透過手機通報給照顧者前去處理；在未來的研究方向中，我們希望在三軸重力加速度計上增加無線傳輸模組，並將杜邦線無線化，使嬰兒身上只需安裝重力加速度計即可，讓嬰兒更加舒適，此外，我們也將加入其他感測器來擴增對各項環境因子的監控，使嬰兒的房間更為舒適及安全。

### 參考文獻

- [1] R. Suresh and N. Keshava, "A survey of popular image and text analysis techniques," *International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solution*, 2019, pp. 1-8.
- [2] L. Chettri and R. Bera, "A comprehensive survey on Internet of Things (IoT) toward 5G wireless systems," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 16-32, 2020.
- [3] Dlib C++ library

<http://dlib.net/>

[4] Arduino

<https://www.arduino.cc/>

[5] Android Studio

<https://developer.android.com/>

[6] MQ135 空氣品質檢測 有害氣體感測器模  
組

[https://www.taiwansensor.com.tw/product/mq-  
135-](https://www.taiwansensor.com.tw/product/mq-135-)

[%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E5%93%81%E8%B3%AA%E6%AA%A2%E6%B8%AC-%E6%9C%89%E5%AE%B3%E6%B0%A3%E9%AB%94%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8%E6%A8%A1%E7%B5%84/](https://www.taiwansensor.com.tw/product/mq-135-%E7%A9%BA%E6%B0%A3%E5%93%81%E8%B3%AA%E6%AA%A2%E6%B8%AC-%E6%9C%89%E5%AE%B3%E6%B0%A3%E9%AB%94%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8%E6%A8%A1%E7%B5%84/)

[7] DHT22 溫濕度模組

[https://www.taiwaniot.com.tw/product/dht22-  
%E6%BA%AB%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-](https://www.taiwaniot.com.tw/product/dht22-%E6%BA%AB%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-)

[%E6%BF%95%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-  
%E6%BA%AB%E6%BF%95%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-dht22/](https://www.taiwaniot.com.tw/product/dht22-%E6%BA%AB%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-%E6%BF%95%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-%E6%BA%AB%E6%BF%95%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-dht22/)

[8] GY-291 ADXL345 數字三軸重力加速度  
傾斜度模組

[https://www.taiwaniot.com.tw/product/gy-291-  
adxl345-  
%E6%95%B8%E5%AD%97%E4%B8%89%E8%BB%B8%E9%87%8D%E5%8A%9B%E5%8A%A0%E9%80%9F%E5%BA%A6%E5%82%BE%E6%96%9C%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-](https://www.taiwaniot.com.tw/product/gy-291-adxl345-%E6%95%B8%E5%AD%97%E4%B8%89%E8%BB%B8%E9%87%8D%E5%8A%9B%E5%8A%A0%E9%80%9F%E5%BA%A6%E5%82%BE%E6%96%9C%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-)

[iiicspi%E5%82%B3%E8%BC%B8/](https://www.taiwaniot.com.tw/product/gy-291-adxl345-%E6%95%B8%E5%AD%97%E4%B8%89%E8%BB%B8%E9%87%8D%E5%8A%9B%E5%8A%A0%E9%80%9F%E5%BA%A6%E5%82%BE%E6%96%9C%E5%BA%A6%E6%A8%A1%E7%B5%84-iiicspi%E5%82%B3%E8%BC%B8/)

[9] XAMPP (Apache + MariaDB + PHP + Perl)

[https://www.apachefriends.org/zh\\_tw/index.html](https://www.apachefriends.org/zh_tw/index.html)