

使用 OpenCV 開發嬰兒安全監控軟體之研究

Using OpenCV to Develop Baby Monitor Software

¹吳致宏

¹盧彥儒

²邱奕鈞

¹Jhieh-Hong Wu

¹Yan-Ru Lu

²Yi-Chun Chiu

¹楊隆翔

¹陳洳瑾

¹王志強

¹Long-Siang Yang

¹Ju-Chin Chen

¹Chih-Chiang Wang

¹國立高雄應用科技大學資訊工程學系

¹National Kaohsiung University of Applied Sciences

Department of Computer Science and Information Engineering

²國立高雄第一科技大學系統資訊與控制研究所

²National Kaohsiung First University of Science and Technology

Institute of System Information and Control

摘要

在父母雙親為了兼顧工作與家庭而奔波的當今社會，嬰幼兒的照顧問題已經成為現代家庭的一大難題，尤其嬰幼兒又特別容易因為意外事故而死亡。託付保母照顧嬰兒是一個可選擇的方式，但昂貴的保母費用和新聞上頻傳的保母照護問題使得多數父母仍決定自行照顧孩子。本研究利用 OpenCV 開發一套低成本且實用的嬰兒安全監控軟體 Guardian Angel，以節省精力的軟體監控方式輔助現代繁忙的家長來照護嬰兒，進而降低因照護疏失所導致的嬰兒意外事故發生率。

關鍵字：OpenCV、嬰兒安全監控、智慧手機應用軟體。

Abstract

In today's society where dual-earner families are struggling to meet the demands of both their work and family obligations, the care of newborn babies has become a challenging issue to the modern family, especially when newborns are susceptible to incident-related deaths. One option is to hire a full-time nanny to look after the newborn child, but the high expense of nanny salary and the frequent nanny-care problems reported on the news make most parents decide to take care of their own children themselves. This study uses OpenCV to develop inexpensive, handy baby monitor software "Guardian Angel", which aims to assist modern busy parents to look after the newborn baby with surveillance software in order to save parents' energy as well as reducing the newborn's incidence rate due to negligence of care.

Keywords: OpenCV, Baby Monitor, Smartphone Application Software.

1. 前言

台灣社會近年來雙薪家庭的比率日益升高。根據行政院主計處九十九年度「台灣地區婦女婚育與就業調查統計」結果顯示[1]，民國 99 年期間 15 歲至 64 歲婦女勞動參與率高達 54%，有超過五成的婦女人口投入就業市場。此外根據行政院主計處調查[2]，國人平均每週工作時數約 40 小時。在父母雙親為了兼顧工作與家庭而奔波的當今社會，嬰幼兒的照顧問題已經成為現代家庭的一大難題，尤其嬰幼兒又特別容易因為意外事故而死亡。衛生署民國一百年度「歷年新生兒、嬰兒及孕產婦死亡人數、死亡率」統計結果便指出新生兒和嬰兒意外致死率竟高達 9.13%[3]。

嬰兒居家意外容易在家長疏忽的情況下發生[4]。依據中國大陸醫學研究報告[5]，嬰兒在出生後的前幾個月期間每天所需的平均睡眠時間長達十六至二十小時。現代家長很難每天花費這麼長的時間一直伴隨在熟睡的嬰兒身旁，可是意外事故卻又最容易在嬰幼兒睡眠時發生。在出生後的前幾個月成長期，嬰兒頭部佔全身的重量比例最大，而且控制頭部轉動的頸部肌肉仍在發育當中。一旦口鼻被外物掩蓋，嬰兒不容易靠自己的力量把臉移開或以哭聲求救；只要有二至三分鐘的時間呼吸困難，嬰兒就會全身癱軟無力，最後窒息死亡。除此之外，常見的溢奶或嘔吐也容易造成嬰兒的呼吸道緊縮反射動作，嚴重時更會導致嬰兒吸嚕窒息[6]。

在工作與家務纏身之時，長時間看護嬰兒對於雙薪家庭的父母實在是負擔過重。託付保母照顧嬰兒是另一個可選擇的方式，但昂貴的保母費用和新聞上頻傳的保母照護問題使得多數父母仍決定自行照顧孩子。根據台北市托育酬勞行情表統計，半日托(3-6 小時)每月費用約在七千至一萬五千，日托(7-12 小時)每月費用約一萬五千至兩萬，全日托(24 小時)每月費用約兩萬至兩萬七千[7]。在此同時，市面上既有的嬰兒監控產品卻過於昂貴，其售價動輒為數百美元[8]。因此，本研究利用 OpenCV 開發一套低成本且實用的嬰兒安全監控軟體 Guardian Angel，以節省精力的軟體監控方式輔助現代繁忙的家長來照護嬰兒。這套軟體的功能特色是在嬰兒安全危機事件發生的當下，就主動發送通報訊息提醒家長檢視嬰兒的狀況，進而降低因照護疏失所導致的嬰兒意外事故發生率。

2. 自由軟體 OpenCV

OpenCV 為 Open Source Computer Vision Library 的英文縮寫。它是一款跨平台的計算機影像處理函式庫。OpenCV 是由英特爾公司發起並參與開發，以 BSD (Berkeley Software Distribution) 許可證授權發行，可供社會大眾在商業和研究領域中免費使用。OpenCV 可用於開發時的圖像處理、計算機視覺以及模式識別程序。OpenCV 主要是以 C 和 C++ 類別組成，其中包含影像處理和電腦視覺方面演算法的實作方法，提供讓設計師呼叫可以節省很多時間，而且 OpenCV 的程式皆有最佳化過，處理速度非常的快。OpenCV 常用於解決以下問題：人機互動、物體辨識、圖像分割、人臉辨識、動作識別和運動跟蹤。

OpenCV 可分為以下模組：

1. cv – 包含 OpenCV 的影像處理和視覺演算法等主要函數。
2. cxcore – 包含 OpenCV 的資料結構、線性代數支援函數、XML 支援函數、繪圖函數等。

3. `highgui` – 包含了 GUI 函數和一些影像和視訊的輸入/輸出功能，例如影片截圖，圖像和影片編解碼器、搭配 QT 設計介面的外觀等。
4. `imgproc` – 包含圖像處理函式，例如線性和非線性的圖像濾波、幾何圖像變換、顏色空間轉換、直方圖等。
5. `Video` – 包含影片分析函式，例如運動估計、背景減法和目標跟蹤演算法。
6. `calib3d` – 包含基本的立體集合演算法，例如立體匹配演算法和三維重建。
7. `feature2d` – 顯著特徵探測器。

OpencvCV 功能介紹

1. 矩陣的各種運算包含加減乘除，逆矩陣和轉置等。
2. 基本的影像處理，濾波、色彩空間轉換和邊緣偵測等。
3. 結構分析包含 Hough transform、輪廓處理和幾何形狀計算。
4. 影像轉換包含傅立葉轉換、離散餘弦轉換和 PCA 轉換。

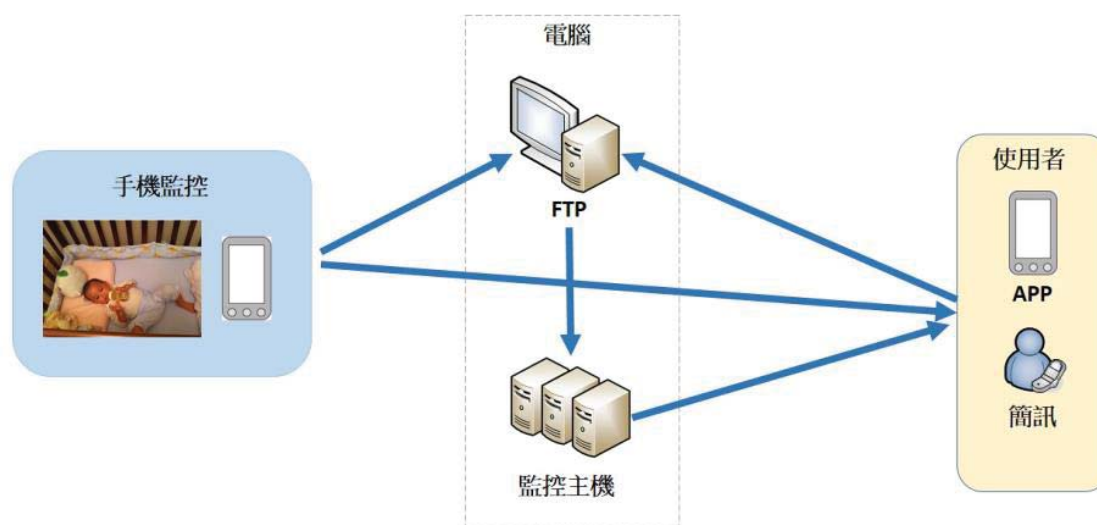
本研究使用了 OpenCV 中的 `cv`、`highgui` 和 `imgproc` 模組。我們利用 `cv` 的 `cvHoughCircles()` 函數來偵測圓形，並且使用官方所提供的 `haarcascade_frontalface_alt.xml` 級聯分類器來執行人臉辨識。該級聯分類器包含兩個部分:訓練和檢測；只要把圖片丟入 `haarcascade_frontalface_alt.xml` 中便可以得到基本的人臉辨識結果。

3. 軟體實用性探討及運作流程

本研究主要以實用性為首要考量。根據市場調查機構 Nielsen 的報告[9]，至 2012 年 6 月底美國已經有 54.9% 的手機用戶都改用智慧型手機。另外根據資策會 FIND 於 2012 年的調查[10]，臺灣持有智慧型手機或平板電腦的族群約有 707 萬人；預估到 2015 年，臺灣智慧型手機普及率將高達 56.8%。考量到智慧型手機的高度普及化，我們選擇在智慧型手機上實作這款軟體。家長只需要把此軟體下載到原有的智慧型手機上即可，無須購買額外的監控設備器材。當家長必須短暫離開嬰幼兒時(例如煮飯、做家事的時候)，軟體會持續監測嬰兒的安全狀態並且在潛在危機發生時自動通報家長，而同時家長也可以搭配另一台智慧手機從遠處監視嬰兒的狀態。

設計一款嬰兒安全監控軟體首先要考慮到(1)通報訊息的型式、(2)訊息接收的同步性質、(3)訊息傳送的成本。智慧手機可傳送的訊息型式包括語音、視訊、文字簡訊和附加檔案。語音通報的技術已經廣為電信業者所採用，可是缺點是通訊成本過高，而且一旦接收方於第一時間漏接電話，便有訊息遺失之虞。視訊通報方式的缺點和語音通報方式的缺點相同。基於上述原因，我們決定使用 SMS 手機簡訊和 FTP 來傳遞文字訊息和照片。使用簡訊的好處在於成本便宜，而且文字簡訊的傳送與接收不需要傳送方和接收方之間同步。使用 FTP 來傳輸照片的主要原因是 FTP 的客戶端程式簡單又容易實作，而且在一般家庭中就可以輕鬆架設 FTP 伺服器，透過網路直接傳送照片至其它電腦也不需要任何的成本。

圖一顯示出我們嬰兒安全監控軟體 Guardian Angel 的操作流程示意圖。家長先使用一台智慧型手機對準在嬰兒床內的嬰兒。然後開啟手機上的 Guardian Angel 軟體，用該軟體設定好接收方的智慧型手機號碼，並且啟動嬰兒安全監控功能。當 Guardian Angel 偵測到嬰兒安全危機事件(例如異常噪音、嬰兒趴睡、或空床狀態)，它會透過手機來傳送 SMS 文字簡訊給接收方的手機號碼，並且把手機拍攝到的相關監控照片儲存到 FTP 伺服器之中。當接收方之家長開啟了手機上的文字訊息，便可從訊息中得知有某種安全危機事件發生。此時家長可以從 FTP 伺服器中下載監控照片到自己的手機上，並且根據照片內容來判斷是否有需要立刻過去照顧嬰兒。下一節將會詳細介紹 Guardian Angel 的軟體功能。



圖一、Guardian Angel 的操作流程示意圖

4. 軟體功能介紹

Guardian Angel 是一款提供嬰兒照護的智慧手機軟體，所提供的服務包括環境噪音偵測、嬰兒趴睡偵測、空床偵測、簡訊發送文字訊息、FTP 檔案傳送。圖二描繪出 Guardian Angel 的各個功能模組架構圖。

(1) 環境噪音偵測

在正常情況下，嬰兒休息的場所應該保持安靜。當偵測到在嬰兒休息的場所中有高分貝的噪音時，就會通知使用者進行查看，保障嬰兒休息的環境品質。由於有可能當嬰兒從床上跌落地面後撞擊到腦部，使得嬰兒瞬間昏厥過去。因此我們利用 Android API 內的 media 類別所製作出利用手機的受話端接受到的聲音，進行噪音的偵測，然而噪音泛指嬰兒的哭聲、物品掉落的聲音、物品撞擊的聲音等。

(2) 嬰兒趴睡偵測

由於嬰兒氣管非常脆弱，因此嬰兒照護中最忌諱的就是嬰兒趴著睡覺。嬰兒趴睡容易造成嬰兒的口鼻被床單或棉被等外物掩蓋。嬰兒趴睡發生在三更半夜之時更是讓嬰兒半夜猝死的主要原因，因為這段時間正是父母親熟睡之時。考慮到這一點，應用程式會在偵測到嬰兒趴睡之時會改

用電話鈴聲來緊急通報家長。透過 OpenCV 中圓形辨識，判斷偵測到的圓形所包含的範圍中，膚色所佔比例之多寡，藉此判斷是否臥睡。

(3) 空床偵測

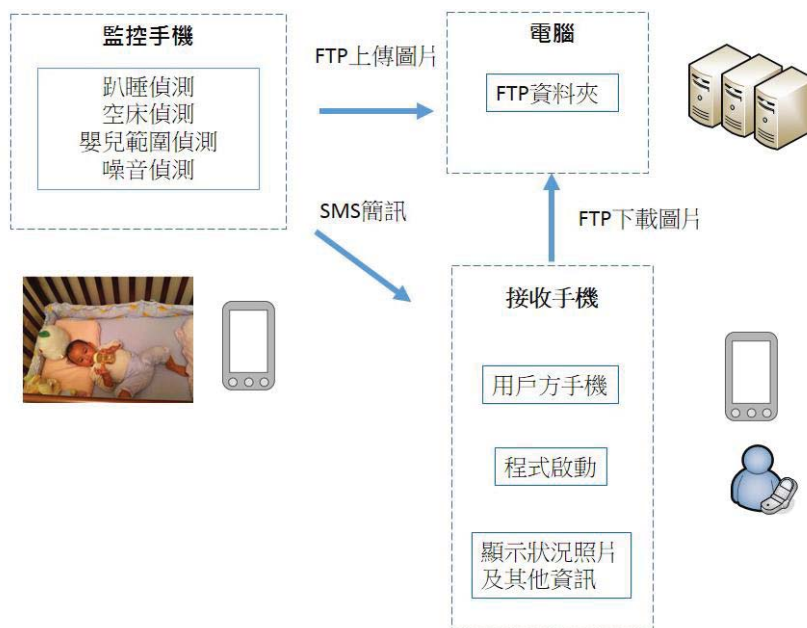
嬰兒的頭頸部非常脆弱。一旦嬰兒從床上摔落到地面，就有可能造成嬰兒死亡。為了防範此種可能的意外發生，因此範圍偵測一個對於嬰兒安全也是重要的一環。使用者可以自由調整手機監控的範圍，而一旦嬰兒的活動超出了預先設定的範圍之外(例如嬰兒趴在嬰兒床的扶手之上或嬰兒爬到廚房等危險的地方)，手機便會立刻發出通報訊息。透過 OpenCV 中圓形辨識和人臉辨識，辨別嬰兒床中是否有嬰兒的出現。

(4) 簡訊發送文字訊息

簡訊發送是利用 Android 內建的 SMSMessage API 去實作簡訊發送功能，SMSMessage API 包含了顯示傳送訊息的使用者資訊、號碼及可編寫信件內容及附加檔案，Android 內的簡訊功能也是以此 API 為基礎所實做出來的，我們簡訊發送功能主要是能夠去自動發送簡訊，同時過濾簡訊並且可以設定偵測簡訊開檔讓使用者不會遺漏監控系統所發出的簡訊。

(5) FTP 檔案傳送

我們利用開放源程式碼：ftp4j 進行實作。ftp4j 是一個利用 JAVA 所編寫的 FTP 客戶端類別，它實現了 FTP 大部分客戶端應有的功能，包含：文件傳送(上傳、下載)、瀏覽目錄及文件，瀏覽及操作 FTP 上的目錄和文件，新建、刪除、重新命名、移動...等多種控制方式，也提供了許多連線方法，如：通過 TCP/IP 直接連線，通過 FTP 或 HTTP 代理伺服器、SSL 安全連線...等，其中我們所運用到其中文件傳送、瀏覽文件及移動文件。此軟體透過定期上傳照片至 FTP 資料夾並且使監控主機從 FTP 抓取圖片進行偵測，使用者也可以利用手機 APP 進入 FTP 資料夾觀看圖片。



圖二、功能操作及運作圖

5. 演算法探討

Guardian Angel 依賴影像處理與辨識的技術和聲音辨識的技術來製作偵測功能。本節將說明我們如何使用這些技術來製作 Guardian Angel 的偵測功能。

(1) 空床偵測：

當嬰兒不在嬰兒床上時，嬰兒有可能是被別人抱走或自行攀爬嬰兒床。這些事件都威脅到嬰兒安全。因此，本軟體提供可判斷嬰兒是否仍在嬰兒床內的空床偵測。實作方式是利用 OpenCV 提供的人臉偵測功能來判斷在拍攝到的影像中是否有人臉存在。此外，為了避免高誤判情況導致軟體一直發送事件訊息，我們把人臉偵測結合 OpenCV 提供的 Hough Transform 圓形偵測作為判斷依據。如圖三(左)所示，紅色框線為人臉偵測結果，而白色圓形框線為圓形偵測結果。當二者同時被偵測到，而且兩者中心差距在門檻值以內，才能確定嬰兒存在。圖三(右)則說明我們如何過濾掉 OpenCV 的人臉偵測誤判。OpenCV 偵測到畫面右上方疑似有人臉，但由於該人臉偵測結果和白色圓形偵測結果之間的中心差異太大，所以軟體自動判斷出右上方的人臉偵測結果為誤判。



圖三、人臉(紅色方框)與圓形(白色圓框)偵測結果。(左圖)二者皆正確結果；(右圖)畫面右上方為OpenCV程式誤判結果，而運用偵測中心差距值可濾除誤判情況。

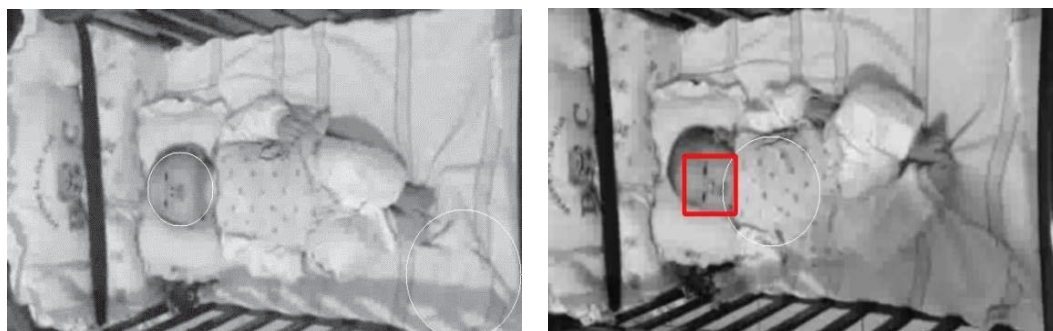
有時候當嬰兒臉部表情變化太大或頭部轉動太大時，OpenCV 可能無法成功偵測出人臉。如圖四(左)所示，當嬰兒表情變化太大，雖然 OpenCV 的圓形偵測成功，但人臉偵測卻失敗。圖四(右)則顯示，當嬰兒頭部轉動太大時，OpenCV 有人臉偵測結果，但無相對應的圓形偵測結果，所以造成偵測失敗。為了解決上述偵測結果不一致的問題，我們參考別人提供的膚色範圍[11]，

$$s(x, y) = \begin{cases} 1, & 0.25 \leq r(x, y) \leq 0.65 \quad 0.2 \leq g(x, y) \leq 0.4 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

公式(1)中的 $r(x, y)$ 和 $g(x, y)$ 為座標 (x, y) 像素點的紅色與綠色成份正規化之結果。以膚色來說紅色應介於 0.25 到 0.65 之間，綠色應介於 0.2 到 0.4 之間；藍色部分在膚色中所佔比例很低，所以在此略過，我們在網路上隨機挑出 20 張照片，並且對這些照片進行圓形偵測、人臉辨識、以及(人臉+圓形+膚色)辨識，而其辨識結果列於表一。我們發現結合額外的圓形偵測和膚色辨識之資訊可以大幅增加人臉偵測的正確率。

表一、空床偵測所使用的圓形偵測、人臉辨識以及(人臉+圓形+膚色)辨識之成功率統計

	總照片數	成功辨識	成功率
圓形偵測	20	8	0.4
人臉辨識	20	14	0.7
人臉+圓形+膚色	20	15	0.75



圖四、失敗的人臉偵測或圓形偵測結果。(左圖)因為臉部表情變化大，人臉偵測失敗。(右圖)因為嬰兒頭部轉動，圓形偵測失敗。

(2) 臥睡偵測：

嬰兒在臥睡時是無法被偵測到臉部。因此，在偵測到圓形和沒有偵測到人臉的同時增加膚色的判斷，判斷圓形範圍內膚色的比例，增加判斷的準確度。在臥睡偵測中，我們使用偵測模組中的 Hough Transform 做為主要判斷依據。在偵測的範圍與結果中，進行顏色判斷，若所偵測圓形範圍內，膚色所佔的比例太低，可能是嬰兒口鼻沒有朝上有臥睡情況的可能，應立即通報使用者檢查。

(3) 環境噪音偵測：

本研究透過 Android API 內的 media 類別實作出環境噪音偵測，透過收話器進行連續的偵測，依照接受的聲音大小用 16 位元來表示，我們以容易操作的控制項將感測的靈敏度分為三種等級：(1)高靈敏：只要手機偵測到有些微聲音就會將訊息傳至系統，適用於嬰兒及父母已熟睡的狀況下使用(2)中靈敏：不會因為外在的些微聲音受影響，如：電風扇、電...等，(3)低靈敏：外在的吵雜聲不受影響，僅限於近距離噪音的偵測。表二列出各級靈敏度所可以偵測的距離平均值。環境噪音偵測模組會週期性地採集目前環境的聲音樣本，然後透過梅爾頻譜分析(MFCC)取得該聲音樣本的特徵值。接下來，環境噪音偵測模組會比對聲音樣本和事先錄製好的嬰兒哭聲進行比對，並且依賴聲音振幅的大小作為嬰兒哭聲的判斷。

表二：各靈敏度所偵測到噪音距離平均值(以Samsung S3為例)

	高靈敏	中靈敏	低靈敏
可偵測之距離	7公尺	4公尺	1公尺

6. 結論

本研究使用自由軟體 OpenCV 和影像辨識技術開發出一套便宜實用的嬰兒安全監控軟體 Guardian Angel。這套軟體可以直接在家長持有的智慧型手機上運作；當本軟體偵測到嬰兒哭泣、臥睡、空床等安全危機事件時，它會將偵測結果傳達給家長，以便讓家長們能於事件發生的第一時間做出反應。這套軟體能夠讓家長得以智慧監控來代替隨伺在旁的嬰兒照顧，讓家長在忙於家事或其他事物的同時也能兼顧到孩子的安全照護。未來我們將本軟體所進行的影像辨識與智慧型手機結合，這將會使使用者在使用本軟體上更加簡單及方便，同時軟體也能在平板電腦以及筆記型電腦上面運行，並且新增對嬰兒嘔吐、溢奶等口鼻被外物掩蓋的危機事件之偵測。除了能夠應用於嬰兒照護方面，本軟體未來也能夠應用在老人居家照護方面。未來我們也將進一步研究如何辨識出跌倒、昏厥、呼吸不順、抽蓄等各種老人照護的危機事件。

7. 參考文獻

- [1] 行政院主計處十五至六十四歲已婚女性之目前就業狀況
<http://www.dgbas.gov.tw/public/data/dgbas04/bc4/wtable5.xls>

- [2] 就業者之平均每週主要工作時數-按中分類行業與從業身分
http://win.dgbas.gov.tw/dgbas04/bc4/manpower/year/year_t24-t71.asp?table=52&yearb=101&yearc=101&out=1
- [3] 行政院衛生署，民國 100 年主要死因分析
<http://www.doh.gov.tw/CHT2006/DisplayStatisticFile.aspx?d=84766&s=1>
- [4] 懷孕、生產、嬰兒、情報站-嬰兒與母親知識補給
<http://www.mababy.com/knowledge/article.aspx?aid=A9DC33283BCCF4BC>
- [5] 趙正言、李幼範、何惠霞，浙江省嬰兒死亡原因監測研究，浙江預防醫學期刊，第 1 期，第 12 卷，2000 年
- [6] 台北榮總兒童醫學部，嬰兒猝死症 <http://wd.vghtpe.gov.tw/ped/site.jsp?id=1711>
- [7] 今日保母 <http://100s.hypermart.net/sal.html>
- [8] Amazon 網站上販售的嬰兒監控產品 <http://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=166870011>
- [9] NIELSEN TOPS OF 2012: DIGITAL，
<http://www.nielsen.com/us/en/newswire/2012/nielsen-tops-of-2012-digital.html>
- [10] 資策會 FIND 創新講堂：用科技創造 S.I.M.P.L.E.經濟體驗快樂生活：
<http://www.find.org.tw/find/home.aspx?page=many&id=331>
- [11] 膚色範圍偵測 <http://ycc.tsu.edu.tw/9312/index.files/page0012.htm>