

行動裝置之量測與監控系統開發

The Development of Measurement/Monitoring by Mobile Devices and Systems

黃吉宏、陳佑杰、吳至傑、廖泰杉、李淑雯、蔡定平

Chi-Hung Hwang, Yu-Chieh Chen, Chih-Chieh Wu, Tai-Shan Liao, Shu Wen Li, Din-Ping Tsai

手機、平板電腦等行動裝置已成為一種普及性極高的電子隨身工具，其方便使用與上網的特性，更讓使用者能隨時分享數位資訊。行動裝置通常內建許多不同的感測器，如影像感測裝置、電子機械式之微機電感測器等。透過撰寫行動裝置之應用程式 (App) 與擴充外接式的感測模組，並結合行動裝置內建多種不同的感測器，則能實現不同儀器上的應用，並成為可攜式的量測裝置。由於行動裝置極為普及，使得以行動裝置為基礎之量測儀器成為一種新興應用產業。在本文中，以行動裝置為開發平台，提出多種不同之生活量測與監控等相關應用。

Mobile devices, such as smart phones and tablets have become widely popular as an access to the internet and an easier approach to deal with and share real-time digital information. Mobile devices are in general consisted of the integral design and fabrication of optical, electronic, mechanical and MEMS sensors. Expanding the utilities of such sensors to perform easier instrumentation and measurement can be achieved by adding internal programs, commonly known as applications or apps in the device or additional external sensing facilities. The prevalence of mobile devices lately has made it an emerging yet indispensable fraction and has created a strong niche for the future of instrumentation and measurement. In this paper, we investigate several examples of how mobile devices perform measurement and monitoring in real life situations.

一、前言

近年來，手機、平板電腦等行動裝置已成為炙手可熱的消費型電子產品。這類的電子產品，為了能達到多工處理的功能，通常內建影像感測器、GPS 收發器與加速度計等。其中數個內建感測器可透過網際網路與無線網路通訊格式，如 Wi-Fi、藍芽、3G 等方式，與印表機、投影機等資訊設備做連結應用。同時也可以透過執行多點連結的方式，以增加執行效率。此類功能以智慧型人機界面的操作方式，能輕易地與週邊設備作溝通。

除了內建多種感測器，行動裝置更提供了應用程式開發軟體 (SDK)，方便程式設計師透過 SDK 平台，整合連結並操作多種不同內建的感測器，建構出不同的應用程式，如 App 等相關應用程式，可供使用者下載到行動裝置使用。因此透過此開放式的發展平台，並結合內建許多不同種類的感測器裝置與數位訊號處理功能等相關技術，可建構出具量測與監控功能的應用儀器。

2008 年，由美國史丹福的 Jesse Lawrence 與加州大學的 Elizabeth Cochran 提出一套 Quake-Catcher Network (QCN) 的網路架構，能透過使用

者筆記型電腦中內建的加速度器，量測地表震動的數據資料，達到地震監控的功能⁽¹⁾。其中開發筆記型電腦廠商，為了防止筆記型電腦於掉落中損壞硬碟中的資料，加入加速度感測器，使筆記型電腦能在掉落的一瞬間關掉系統電源，並進入休眠模式，預防硬碟資料的損毀。QCN 網路架構則是利用筆記型電腦內建的加速度感測器作更進一步的應用。此想法可更延伸到行動裝置內建的其他不同感測器上的應用，並可開發更多具量測與監控功能的行動裝置儀器。本文將此概念作更廣、更深度的延伸，並提出更多不同的實例，發展行動裝置的量測與監控功能。

二、概念

為了能充分了解行動裝置可提供使用者應用的功能，本節將行動裝置，針對不同感測器元件之功能與潛在的應用作分類說明。一般而言，行動裝置是由一個螢幕、一組麥克風、一個相機模組、一個陀螺儀與一個通訊模組所組成。如表 1 所示，各別不同的感測器，依現有功能與潛在功能作分類。

由表 1 可看出，在現實生活中，手持式應用裝置 App 的開發，大都可透過內建不同的感測器量測到重力、尺寸、角度、噪音／聲音與地震強度等感測資訊。其中，在行動裝置中的 GPS 傳輸模組與通訊裝置是兩大重要的功能模組。透過此兩大重要的功能模組，可將儀器資訊與量測數據即時處理，並更進一步地能與外界溝通。如上述所提到的 QCN 網路架構則整合了行動裝置於地震資訊的監控網路，整合行動裝置，也同時增加感測器網的密度。

除了上述的 QCN 網路架構之外，另外還有許多不同的應用將行動裝置整合於其中的儀器設備，包括量測血壓⁽²⁾、溫度監控⁽³⁾、心血管與生理訊號監控⁽⁴⁻⁶⁾、數位影像監控⁽⁷⁾、整合生醫儀器於行動裝置^(8, 9)、化學色度比對⁽¹⁰⁾ 等。下列五點係以應用範圍為分類基礎，說明行動裝置如何整合於儀器工具，提供量測與監控的功能。

- (1) 為一個內建多感測器之手持儀器。
- (2) 為一個整合特殊加速度器與內建多感測器之手

持儀器。

- (3) 為一個整合於其他儀器之資料顯示與資料傳輸裝置。
- (4) 為一個量測系統之資料擷取裝置。
- (5) 為一個整合於雲端系統的感測裝置群組。

藉由先期文獻的研究與國研院儀器科技研究中心 (以下簡稱國研院儀科中心) 研發團隊的開發應用實例,下文將針對行動裝置之應用實例作詳細說明。

三、以行動裝置為量測儀器之實例

1. 膚質年紀估計⁽¹¹⁾

為了能觀察皮膚的粗糙度與皺紋的程度，本研究使用智慧型手機為發展平台，其具有 1280 × 960 像素的影像拍照畫質，並結合影像處理功能的 App 來擷取臉部影像並做臉部影像的分析。長時間曝曬於太陽光下是造成皮膚老化的主要原因。但由於皮膚曝曬於太陽光下的範圍並不相同，因此在判斷膚

表 1. 行動裝置之子功能與於儀器端之潛在應用。

元件	原始功能	感測數據	可能性的應用
螢幕	輸入／輸出元件	—	輸入／輸出元件
		亮度	均勻度／光源彩度
		能量	2 維數據
麥克風	聲音輸入	聲音	聲音與噪音之頻譜分析與量測
相機	照相／攝影	感應光源	影像與頻譜之輸入
加速度計	螢幕的旋轉	加速度	震動感測
GPS 收發器	位置座標／時區	射頻頻率	位置座標／時區
電子指北針	指北針	透過霍爾效應量測磁場	磁場感測
陀螺儀	行動裝置的儀態	透過科里奧利效應量測角加速度	量測位置與高度
通訊模組	網路連結	射頻頻率	網路連結與資料傳遞

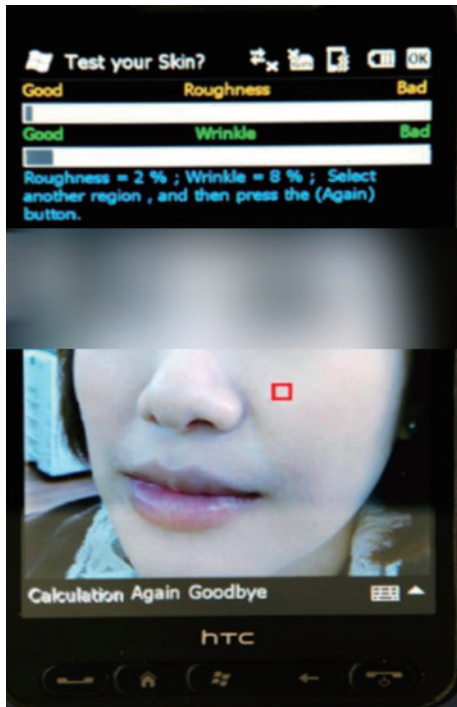


圖 1. 計算自願者之膚質指標人機界面，其中在臉夾上紅色框則為 ROI 的區域。

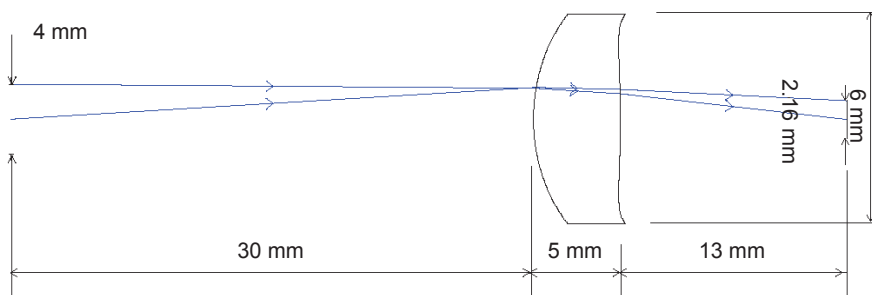
質老化上，容易造成變因。因此，為了解決上述問題，定義特定區域 region of interest (ROI) 後再做影像分析是判斷膚質老化的重要步驟。

在定義 ROI 方面，使用者透過在行動裝置上，以手指在螢幕上拖曳的方式定義出此區域。再以手指定義出 ROI 後，App 自動開始以影像處理的方式計算與分析此區域膚質狀況。其中透過三維的梯度處理單元，來增加計算影像像素灰階值的效率。且在處理分析膚質方面也定義了一組指標數值，此指標數值蒐集 30 位不同年齡層、不同性別自願者的皮膚資訊。並計算定義手持裝置之影像梯度值與膚質間的關聯性，最後再顯示於手持裝置的螢幕上。除了上述之指標數值，一組 2 項參數則定義線性模型曲線，描述指標數值與年齡的關聯性。這組年齡估測參數可輕易地比對膚質在不同情況下的狀況。

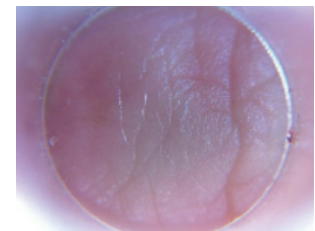
2. 以行動裝置為顯微鏡

由上述例子可知，行動裝置透過一組內建的影像感測器與膚質估測軟體 App，即可成為一膚質檢測儀器。

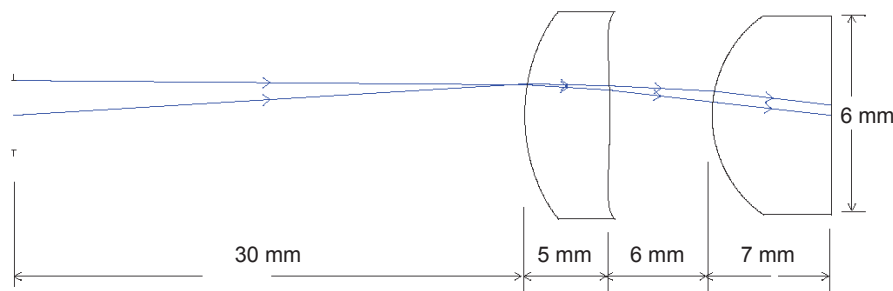
此節將透過外接擴充多組光學鏡片於行動裝置的影像感測器上，而成為更複雜且進階的應用。國研院儀科中心已為 iPhone 的相機模組外部擴充增加了光學放大鏡組，在此命名為「行動顯微鏡」。圖 2(a) 與 2(b) 為兩組不同的光學放大鏡組設計，



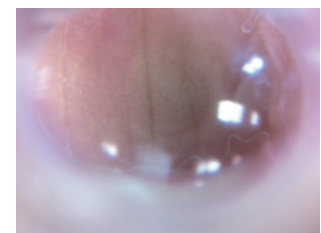
(a) 15 倍之放大鏡組設計。



(c) 15 倍無鏡油影像。



(b) 20 倍之放大鏡組設計。



(d) 20 倍有鏡油影像。

圖 2. 透過擴充於 iPhone 影像模組外之光學設計鏡組與其拍攝靠近指甲附近的皮膚影像。

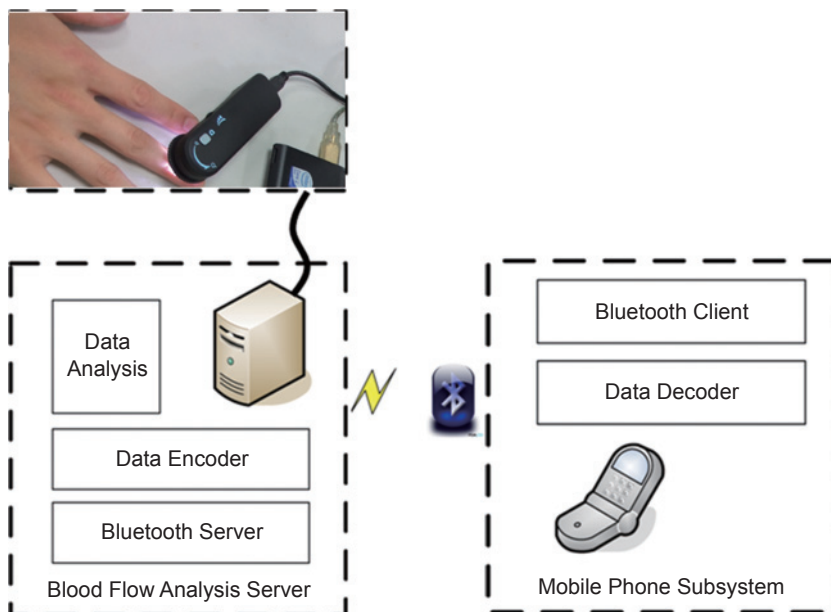


圖 3. 無線傳輸血流計監控系統之方塊圖。

分別能提供 15 倍與 20 倍的放大倍率。圖 2(c) 與 2(d) 則為「行動顯微鏡」透過此放大鏡組所拍攝到手指甲附近的皮膚狀況。其中由 2(c) 可看到，手指甲附近皮膚的皺紋皆能忠實地被記錄下來。

3. 血液流速之自我監控⁽¹²⁾

圖 3 為居家照護之自我血液流速監控裝置系統。糖尿病等慢性疾病與毛細血管之紅血球流速有相當的關聯性，因此透過量測毛細血管中紅血球的流速，可達到糖尿病之病徵監控的目地。對於糖尿病患者來說，一個能具備長時間自我監控血糖值、血壓與微血管之血液流速的行動裝置是必要的。國研院儀科中心為此需求，開發一套無線資料傳輸方式的微血管血液流速監控裝置系統。

由圖 3 可得知，微血管的血液流速透過可攜式影像擷取裝置擷取影像。其影像資料先儲存於分析資料用的伺服器，接著則是一連串的自動影像分析處理程序，分析出紅血球的流速。微血管的紅血球流速資料經編碼後，透過藍芽無線資料傳輸格式，即時將資料傳到使用者的行動裝置中。接著此行動裝置則將收到的血液流速資料解碼，並顯示於螢幕上。透過此裝置，病患的生理資料可再以雲端的概念，傳輸到醫療單位，並作為家庭式的健康監控系統。由此應用觀念可知，此行動裝置扮演著無線監控子電路模組的功能。

4. 以行動裝置監控真空系統⁽¹³⁾

在光電領域中，維持良好的真空環境系統是一個極為重要的環節，尤其是在半導體製程中。為了達到在製程中好的良率，在真空反應腔體內必須透過真空幫浦來維持良好真空環境。

在薄膜的製程或是蝕刻的製程中會產生很多的反應殘留氣體，而乾燥的真空腔體通常則是透過有線或是無線的方式來監控腔體內的參數。國研院儀科中心結合了真空、電子工程人員，開發了人機界面系統來無線監控乾燥腔體內的參數 (VaPuMS)。此系統能監控腔體內的壓力、聲音、震動、功耗等參數。在 VaPuMS 系統中，使用美商國家儀器 NI 的資料擷取卡，擷取在真空腔體內壓力錶的類比電壓值，並將其轉換為數位數據。其中數位訊號則可計算真空壓力與真空加壓的速度。除此之外，使用者可同時透過 VaPuMS 來調整真空系統幫浦的參數。圖 4 為以 Android 為開發環境，發展 VaPuMS 之系統概念圖。

四、結果與討論

在本文中，提出了結合設置於行動裝置內的多種感測器與 Apps 開發環境，能輕易地產生量測與監控不同標地物的量測與監控儀器。不難想像，由於行動裝置的即時資料傳輸功能，可利用更多現有

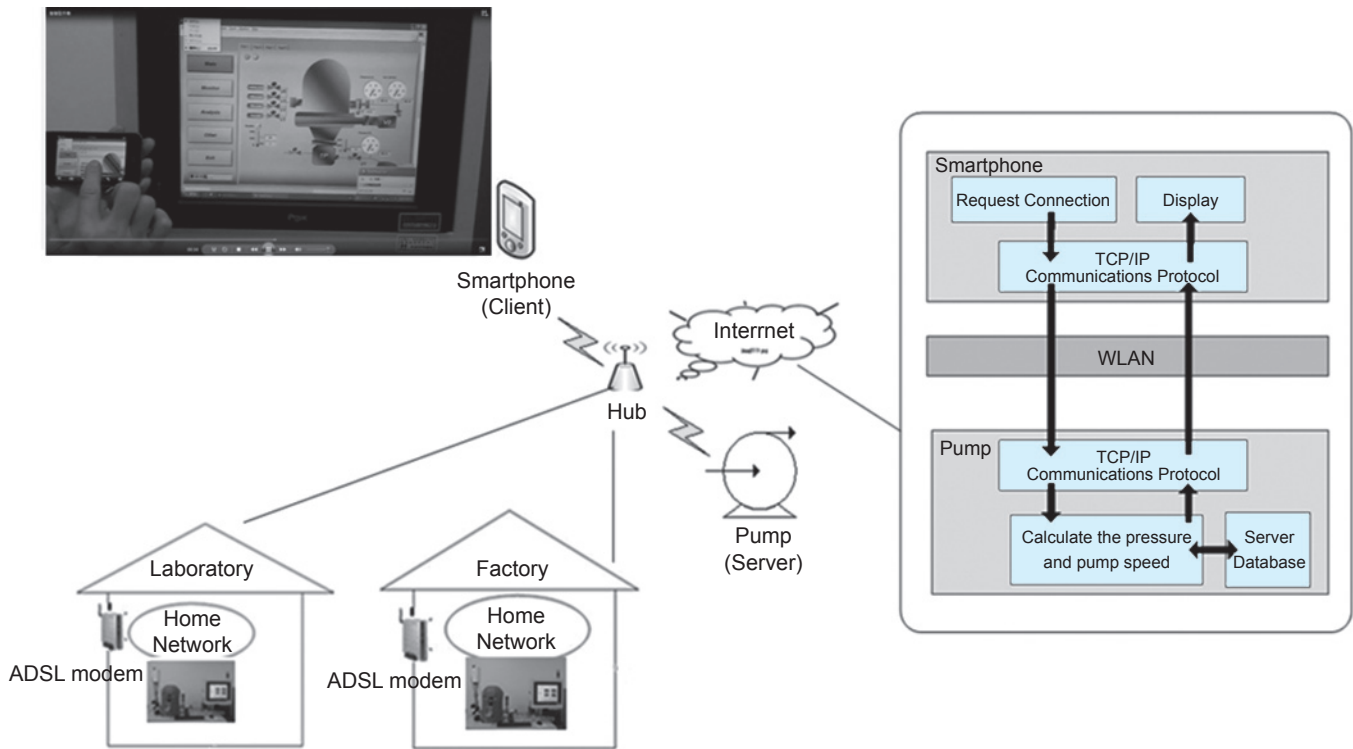


圖 4. 透過行動裝置之真空幫浦系統控制概念圖。

的行動裝置，並結合應用於多組感測器之感測網路中。且由於行動裝置日益普及，使得其價格也逐漸低廉，因此由行動裝置所建置的居家看護、居家保全，可以在不使用額外擴充系統功能的前提下降低成本，故可視為未來具有發展潛力的量測與監控產業。

參考文獻

1. <http://qcn.stanford.edu/>
2. O. Krejcar, D. Janckulik, L. Motalova, and R. Frischer, Architecture of Mobile and Desktop Stations for Noninvasive Continuous Blood Pressure Measurement, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7-12, 2009, Munich, Germany, ed. by Olaf Dössel and Wolfgang C. Schlegel, Springer Berlin Heidelberg, **25/5**, 137 (2009).
3. K. Keränen, J.-T. Mäkinen, P. Korhonen, E. Juntunen, V. Heikkinen, and J. Mäkelä, *Sensors and Actuators A: Physical*, **158** (1), 161 (2010).
4. O. Krejcar, D. Janckulik, L. Motalova, K. Musil, and M. Penhaker, *Advances in Intelligent Information and Database Systems*, **283**, 67 (2010).
5. R. M. Merchant, B. S. Abella, E. J. Abotsi, T. M. Smith, J. A. Long, M. E. Trudeau, M. Leary, P. W. Groeneveld, L. B. Becker, and D. A. Asch, *Annals of Emergency Medicine*, **55** (6), 538 (2010).
6. M. Poh, K. Kim, A. Goessling, N. Swenson, and R. Picard, *Pervasive Computing, IEEE*, **PP** (99), 1 (2010).
7. A. Choudhri and M. Radvany, *Journal of Digital Imaging*, **24** (2), 184 (2011).
8. A. Choudhri, T. Carr, C. Ho, J. Stone, S. Gay, and D. Lambert, *Journal of Digital Imaging*, 1 (2011).
9. R. D. Stedtfeld, D. M. Tourlousse, G. Seyrig, T. M. Stedtfeld, M. Kronlein, S. Price, F. Ahmad, E. Gulari, J. M. Tiedje, and S. A. Hashsham, *Lab on a Chip*, **12**, 1454 (2012).
10. B. Y. Chang, *Bulletin of the Korean Chemical Society*, **33** (2), 549 (2012).
11. C.-C. Wu, S.-J. Chou, T.-S. Liao, C.-H. Hwang, and D. P. Tsai, *The World Association for Chinese Biomedical Engineers (WACBE)*, Tainan (2011).
12. C.-C. Wu, C.-H. Chen, T.-S. Liao, and C.-H. Hwang, *IEEE International Instrumentation & Measurement Technology Conference Proceeding*, 1460, Hangzhou, China, 9-13, May (2011).
13. F.-C. Hsieh, S.-C. Chou, P.-H. Lin, S.-W. Chang, F.-Z. Chen, T.-S. Liao, D.-R. Liu, and D. Chiang, *IEEE International Instrumentation & Measurement Technology Conference*, Graz, Austria, May (2012).



黃吉宏先生為國立清華大學動力機械工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員兼副主任。

Chi-Hung Hwang received his Ph.D. in power mechanical engineering from National Tsing Hua University. He is currently a researcher and deputy director general at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



陳佑杰先生為淡江大學機電碩士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心副研究員。

Yu-Chieh Chen received his M.S. in mechanical and electro-mechanical engineering from Tamkang University. He is currently an associate researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



吳至傑先生為中原大學電機工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心副研究員。

Chih-Chieh Wu received his Ph.D. in electrical engineering from Chung Yuan Christian University. He is currently an associate researcher at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



廖泰杉先生為中原大學電子工程博士，現任國家實驗研究院儀器科技研究中心研究員兼任廠長。

Tai-Shan Liao received his Ph.D. in electronic engineering from Chung Yuan Christian University. He is currently a researcher and division manager at Instrument Technology Research Center, National Applied Research Laboratories.



李淑雯小姐為畢業自國立台北科技大學應用英文系，現任職於中央研究院應用科學研究中心。

Shu Wen Li received her B.A. in English from National Taipei University of Technology. She is currently a secretary to director in Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica.



蔡定平先生為美國辛辛那提大學物理博士，現任中央研究院應用科學研究中心主任及特聘研究員。

Din Ping Tsai received his Ph.D. in physics from the University of Cincinnati, USA. He is currently a director and distinguished research fellow in Research Center for Applied Sciences, Academia Sinica.