

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* *****
* 計 畫
* : 行動盲用色彩辨識系統之設計與開發
* 名 稱
* *****

執行計畫學生：黃潤德
學生計畫編號：NSC 100-2815-C-040-005-E
研究期間：100年07月01日至101年02月28日止，計8個月
指導教授：李孝屏

處理方式：本計畫可公開查詢

執行單位：中山醫學大學應用資訊科學學系（所）

中華民國 101年03月30日

摘要

隨著社會文明的進步，提升身心障礙人士的生活品質，已成為現今社會發展的一項重要指標。近幾年來，國內領有身心障礙手冊的視障者人數逐年增加，這不僅顯示有越來越多的人在必需面對生活上諸多的困難，也意味著積極發展視障輔具已是一項刻不容緩的工作，且具有相當的意義與必要性。視覺在人類諸多感官中有著相當重要的地位，根據研究指出，人一天的生活中約有 80% 的工作必須仰賴視覺來完成，然而，因視覺上的缺損，視障者無法分辨物品的顏色，例如想穿白色的襯衫卻誤拿成其他顏色的衣服，諸如此類無法分辨色彩的問題，小則拿錯東西、穿錯衣服，對視障人士的生活、安全甚至生命或健康造成很大的威脅。雖然對於色彩資訊獲取的問題，可藉由旁人的協助得以解決，然而，透過旁人協助這種看似簡單的解決方法，無形中為其家庭與社會帶來極為龐大的人力負擔與視協成本。在本計畫執行中，我們針對視障人士的需求，開發一套符合無障礙需求的盲用行動色彩辨識系統，用以協助視障人士辨識物品之顏色。為達實用與可攜特性，本系統以廣泛被使用的智慧型手持設備為建置平台，並設計專為視障者設計的無障礙操控介面，搭配工研院中文文字轉語音技術之使用，使此輔具系統具備貼近國人語音的中文語音訊息輸出的能力，讓視障人士能方便的操作系統、獲取所需資訊。最後，我們邀請 11 位受測者參與系統實測並分析實驗結果，評估系統效能，並以此做為未來改良的重要依據。透過本系統，視障人士將可隨時隨地的正確分辨物品的顏色，解決無法辨識色彩的限制，且能獨力完成辨識色彩工作無需旁人的協助，降低所需視協人力。

關鍵字：無障礙、視障輔具、色彩辨識、文字轉語音

一、前言

眼睛是靈魂之窗，生理上，視覺對人類而言是最直接也是最主要的感官，用以接收外在環境的訊息，根據研究指出，在一天的生活中，約有 80% [1] 的事情都需倚賴視覺來完成，然而，對於視障人士而言，導因於視力上的缺損，日常生活上將面臨較一般視力正常的人多的限制與不方便。針對視障人士的需求來設計輔具，解決其生活上所遭遇的問題，進而提升其生活品質，且無障礙設施與輔具，不論在公眾設施或許多生活上的需求，都已是評量的項目之一，顯而易見的，這已成為當今社會發展的一項重要指標。

於先前計畫中，我們對於視障輔具有過相當的探討，國外針對視障輔具系統的研究與開發已行之有年，而國內在此方面仍有相當大的進步空間，無論在輔具的種類、數量、價格以及功能等方面皆無法滿足視障人士的需求。根據內政部統計，至民國 100 年 6 月底為止，我國領有身心障礙手冊之視障人士已逾 55700 人 [2]，且人數仍逐年增加，有鑑於此，以滿足國內視障人士生活需求為目標，發展視障輔具，解決其生活中所遭遇的困難，實為時下刻不容緩的議題。

在日常生活中，我們經常面臨許多抉擇，如需要從許多物品中挑選出一樣合適的來使用，視障者亦然，對於特定型體的物品，視障者當然可以藉由觸摸物體外型來判斷，然而，對於色彩這種仰賴視覺的屬性，判斷上就會有一定程度的難度。一位視障者可能想要知道眼前的是紅蘋果還是青蘋果；藥物的包裝盒是紅還是藍(對應症狀的不同)。這些事對於擁有正常視覺功能的人而言，可輕而易舉的完成，然而，對於全盲視障者來說，這近乎一項不可能的任務，選錯物品事小，若因顏色而危及生命安全，付出的代價是無法衡量的。或許在旁人的協助下，視障者可以透過詢問的方式，知悉物品的顏色，但如此作法，需要有人時常陪伴於視障者身旁、提供必要的協助，勢必大幅增加家庭成員的負擔，甚至需要國家編列預算，提供視協經費補助，對於家庭及社會都將造成沉重的人力或經費負擔。

色彩辨識技術[3, 4, 5, 6, 7]已被廣泛使用於許多應用中，但運用於手持設備上之行動視障輔具卻非常稀少。色彩辨識器(Color Recognizer)是以色彩辨識技術為基礎的一項輔具應用，透過手持設備上的相機裝置擷取物品圖像，以色彩辨識技術對擷取之圖像加以解析後，自動將分析所得的色彩資訊回饋給使用者，有效協助視障人士正確的分辨物品顏色。目前國外已有具備色彩辨識功能的輔具系統，此產品具有分辨多達 11 種常見顏色，並支援簡單的環境亮度判斷以及語音訊息輸出等功能。然而，此產品僅能在特定的作業系統下使用，令使用者對於手持設備廠牌、款式的選擇有所限制，此外，此類產品的價格對於國人而言仍偏高，不易為國內視障人士接受，語言輸出方面，也僅支援歐美語系之語音訊息輸出，對於慣用中文語音的國內視障人士而言，在使用上將造成一定程度的困難與困擾。

本計畫之執行，我們開發一套適用於國內視障人士使用的行動色彩辨識輔具系統(Mobile Color Recognizer, MCR)，協助視障人士方便、正確地辨識物品顏色。MCR 系統具有便攜性、便利性以及實用性。為了讓視障者能很方便的攜帶，無需增加額外的設備，我們將以廣為視障者使用的智慧型手機為開發平台，目前市面上之智慧型手機，都已具有相機功能，因此亦不需額外加裝其它設備，提高了此系統的便利性。另外，在系統開發的自由性與無障礙需求考量(Symbian 系統僅提供一般開發者 18 級認證，在無障礙操作介面開發上會有相當程度困難，且需要花費昂貴費用購買 20 級認證解決)、可選擇之手機款式多寡以及價位範圍等因素之綜合考量下，我們選用 Android version 2.1 up [8]做為智慧型手機的作業系統，由於 Android 系統上之程式開發是以 Java 語言做為主要的開發工具，故同時具備了跨平台之特性，為視障者帶來最高的方便性與實用性。由於 MCR 系統採用 Java 語言來開發，其跨平台的特性，使得本系統具有相當高的手機相容性與移植性，以目前手機多支援 Java 虛擬機器(JVM)來說，可在大多數的智慧型手機上執行並可輕易的移植到其他作業系統上。

在色彩辨識方面，我們設計正確率高且運算快速的辨識演算法，使 MCR 系統兼具了系統可靠度與即時的回應速度。且目前手持設備多以全觸控、輕薄為主要設計，為使視障者能在全觸控手持設備上達成高實用性的目標，我們開發了一無

障礙模組，並利用直覺的手勢觸控，設計專屬於視障人士的全觸控操控介面，並應用文字轉語音技術，將文字型態的訊息轉換為語音形式，以接近國人口音之中文語音做為主要的訊息輸出方式，符合國內視障者之需求。使用本計畫所開發的 MCR 系統，視障人士僅需要啟動並將手機之相機鏡頭對正欲辨識顏色的物品，系統將會自動地截取物品圖像並以語音回饋，不需任何複雜的操作，視障者能輕易地得到該物品的顏色資訊。本計畫執行所開發之 MCR 系統全面採用中文訊息語使用者互動，具輕巧可攜、操作簡單便利之特性，使視障人士不再因語言、時間或空間而受到限制，有效的提升獲取資訊的平等程度，協助視障人士自主管理生活，大幅降低所需之視協人力。

二、文獻探討

2.1 Android 開發套件

2.1.1 Android SDK

Android Standard Development Kit(Android SDK)[9]為 Android 官方釋出之標準程式開發套件，為一開放原碼(Open Source)之開發套件，提供開發者自由地開發可在 Android 系統上運行的應用程式。

程式開發人員可透過 Eclipse 整合開發環境結合 SDK 與 ADT 套件，在 Windows 與 Linux Ubuntu 作業系統中進行程式開發，SDK 中定義了大部分 Java SE 1.6[10]版本與 Android 自行開發之標準 API 可供使用，與標準 Java 程式開發並無太大差異。

2.1.2 ADT

Android Development Tools(ADT) [11]套件則實作了圖型開發介面，精簡了程式碼的編寫，使開發人員能夠快速的開發應用程式。此外，ADT 亦以 SDK 為基礎，實作了類似 Microsoft 所開發的 Visual Studio 的功能，提供了圖型化的除錯器、監控及管理工具，開發者不再需要透過繁瑣的指令進入 Shell 模式與模擬器或實體裝置溝通，投入大量的時間解析除錯器釋出的訊息。整體而言，ADT 套件可提升應用程式整體開發之速度。

2.2 文字轉語音技術

文字轉語音系統(Text-To-Speech, TTS)[12]，或稱文字轉語音技術，是一常見、被廣泛運用的語音技術，可將文字訊息轉換成語音型態，用以幫助人聽取文字訊息，取代了以往使用眼睛閱讀的方式。TTS 系統主要功能，是將文字型態(Text-based)訊息透過演算法進行語音的分析，檢查語句拼寫、讀音之決定與一些特殊用字以及判斷句子中標點位置，並以韻律控制決定輸入語句的發音聲調，最後將語音合成，轉換為語音型態(Audio-based)輸出。

目前市面上主流的智慧型手機大多配備有用於手持設備之 TTS 系統，此外，

許多公司開發符合特定作業系統的 TTS，如 Acapela 公司針對 IOS、Android、Windows Mobile、Symbian 不同作業系統開發的 TTS；Future Apps 開發在 IOS 運行的 I speak it[13]，Nuance 開發用於 Symbian 系統的 Talks&Zooms[14]，以及 Windows Mobile 的 TextSpeech[15]，而 Android 系統則是除了內建由 SVOX 公司協助開發的 pico TTS[16,17]外，更有許多以 pico TTS 為基礎，開發的 TTS 引擎，如 SVOX 公司以 pico 為基礎的多國語言版本、Voice Ware 以及我國工研院自行研發的 uTTS for Android 版本。

為使輔具系統便於國內之視障者使用，手持設備搭載的 TTS 系統是否支援中文語音輸出是開發系統相當重要的條件之一，在中文支援方面，IOS、Symbian、Windows Mobile 上的 TTS 支援中文語音輸出；而 Google 的 pico TTS 系統本身雖然僅內建英、法、義、德、西班牙的語音資料庫，但安裝中文語料庫卻相較於其他作業系統來的簡單、廉價，且已有標準 API 提供呼叫，可輕易的利用與開發。

2.3 工研院 TTS

mTTS[18]為我國工業技術研究院，前瞻科技研究所研發之新一代語音合成技術，mTTS 屬於一般電腦使用之版本，而本系統採用的為手持設備版本—uTTS，具有同步處理中英語句的能力，以往處理中英夾雜的句子，實務上必須先自行將語句做中英語句的解析與分離後，分別輸入中文與英文的語音引擎中進行處理，過程繁瑣且會有約 1~1.5 秒的延遲，無法在語音流暢度上達到相當的水準。

在軟體所需空間上，與 SVOX 相比，SVOX 的中文、英語料庫約需 20.7MB 的手機容量；Voice Ware 約需 37.3MB；SVOX 與 Voice Ware 中英語料皆需分別安裝，不支援同步處理中英語句的功能，而 uTTS 中英語料庫不需分開安裝，所需容量僅需約 10-11MB，就中英支援度與所需容量上，相較於其他 TTS 皆具有相當大優勢。表一為 SVOX、Voice Ware 與 uTTS 之比較：

表一、SVOX、Voice Ware、uTTS 性能比較

語音引擎	中英語句支援能力	所需容量大小	技術成熟度
SVOX	無	20.7MB	高
Voice Ware	無	37.3MB	低
工研院 uTTS	有	10-11MB	高

2.4 色彩辨識技術

色彩辨識乃是對所截取圖像中之像素值(pixel value)進行分析，將色彩三原色 R(紅色)、G(綠色)、B(藍色)，以及 A(透明度)抽取出來，透過程式計算每一項在像素中所佔的比例，再對應至所定義之色彩空間，找出對應的色彩。

由於依照不同的需求與用途，所定義之色彩空間的模型有所不同，所具備的長處亦有所差異。常見的色彩空間有 aRGB[19]、HSV[20]以及 YUV[21]等。其中，aRGB 色彩空間利用 4 個 bytes 來定義透明值與紅色、藍色、綠色值，每個值的區間從 0~255，所定義之色彩範圍為[255, 255, 255, 255]有 255 的四次方種可能；而 HSV(或稱 HSB)色彩空間則是定義了色相 H(hue)、飽和度 S(saturation)、色調 V(value) 值，HSV 與 aRGB 相較之下，所表達的顏色較貼近人類視覺的感覺，具有較強烈的感知度，符合我們常說得：「一個顏色的亮度如何?是深是淺?亮還是暗」的感覺，且在色彩運算的轉換上較 aRGB 簡單；YUV 色彩空間則是針對顏色進行編碼的一種方法，常見的還有 Y' UV、YUV、YCbCr、YPbPr 等都可以稱為 YUV，其中 Y 表示明亮度，U 和 V 則是色度、濃度。YUV 和 Y' UV 通常用來描述類比的影像訊號，而 YCbCr 與 YPbPr 則是用來描述數位的影像訊號，應用在常見的一些影像格式中，如 MPEG、JPEG。RGB 與 YUV 主要是用於顯示器的顯示語電腦系統上的顏色表示法，而 HSV 則較貼近人類直覺對色彩的感知，為繪圖上常用得其中一種色彩表示法。

其它種類的色彩空間依照需求用途不同，種類相當的多樣，於此部分就不詳加贅述。

三、系統實作

本計畫之執行，我們為國內視障人士開發一套行動色彩辨識系統(Mobile Color Recognizer, MCR)，MCR 系統可執行於廣為使用的智慧型手機上，協助視障人士正確的分辨物品顏色。本系統架構在 Android 2.3.5 作業系統之上，開發所需設備如圖 1 圖 2 所示，採用 HTC Desire HD 設備來搭載，全系統可畫分為無障礙操作介面、相機驅動、色彩辨識器與語音引擎四個主要模組。其完整系統架構如圖 3 所示。以下將分別詳細介紹本系統之實作方法：



圖 1 開發所需設備



圖 2 開發所需設備(手持設備)

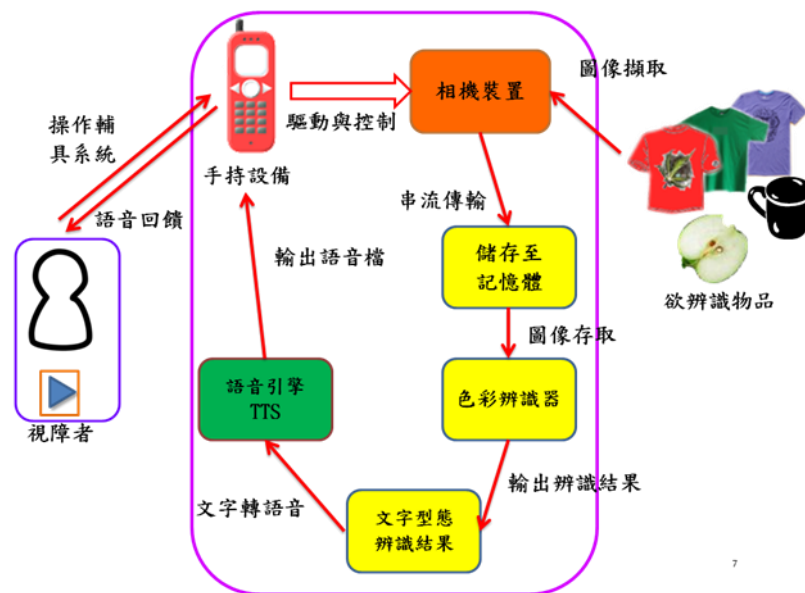


圖 3 系統架構圖

3.1 系統描述

MCR 系統係透過手機上的相機裝置擷取物體圖像，經過圖像色彩演算分析後，將辨識之結果以中文語音的形式回饋給視障使用者，其系統運作流程如圖 4 所示。在資訊存取無障礙程度、設備取得容易度以及軟、硬體價格等因素的綜合考量下，我們將以搭載 Android 作業系統的智慧型手機為開發平台，開發語言由於 Android 上之系統開發係以 Java 語言為基礎，與當初計畫所提使用 Java 語言並無太大出入，僅有 API 支援度上的差異，故仍使用跨平台性的 Java 程式語言，且 Android 所使用的 Java SE 所提供的 API 相較於 Java ME 為多，並可使用 Android 官方所釋出之標準 API 進行相機裝置的驅動與操控。

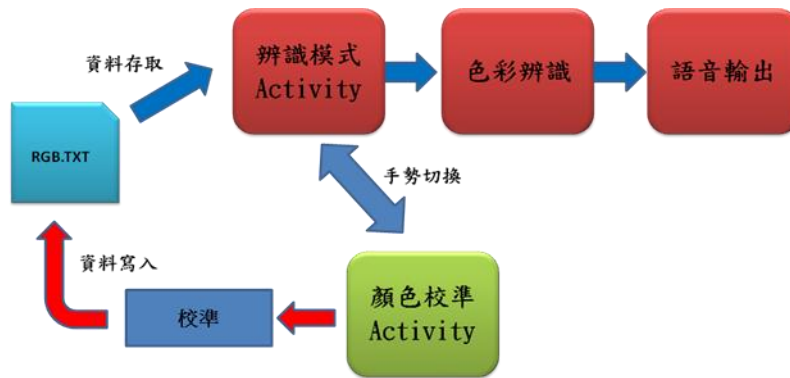


圖 4 系統流程圖

3.2 無障礙操作介面

現今市面上的智慧型手機，其設計多已捨棄舊有的實體鍵盤，而以全觸控螢幕的型態取代，全觸控的操作介面較適用於視力正常的人，提供了直覺化的操作，然而，此種操作模式對於視障人士而言近乎一項不可能的任務，因視力的缺損，導致無法精準的觸碰到畫面上的圖像按鈕，如此的操作模式對於視障者而言為一相當大的阻力。

有鑑於此，為使 MCR 系統能夠搭載在觸控式智慧型手機，同時具備無障礙的條件以增加實用性，我們自行開發了無障礙的操作環境，首先在開機時，以廣播 (Broadcast Receiver) 的方式啟動 Service，並呼叫無障礙事件監聽 Activity 程式，不斷監聽使用者在觸控螢幕上，以手勢所下達的控制命令，由於其敏感度相當高，必須給予一範圍值才不至於誤觸或造成系統運行異常，目前定義之控制命令為起始點-終點之滑動距離差 120pixel 為準，可分為 $X1-X2 > 120$ (由右至左滑動)、 $X1-X2 < -120$ (由左至右滑動)、 $Y1-Y2 > 120$ (由下至上滑動)、 $Y1-Y2 < -120$ (由上至下滑動) 四種，當監聽到符合上列之控制命令，則依規則喚起 MCR 系統，此時，結合文字轉語音系統複誦 MCR 系統開啟，使視障者能夠準確且即時的獲取系統開啟之訊息。

3.3 內建相機驅動

此部分不同於計畫案提出時所採用之 J2ME 對於相機驅動的方式，在 Android 開發環境中已不再需要像 J2ME 從眾多標準 API 中，挑選編號 JSR135 之 Mobile Media API (MMAPI) [22] 去對相機裝置進行一步一步的程式撰寫，而是直接使用 Android 提供的 hardware.Camera 類別 [23] 直接驅動相機裝置，並透過提供的 Method，進行相機裝置的多項功能操控，此部分中我們將相機定位在錄影的模式，經由定時的呼叫來擷取圖像；而 Camera 類別中，我們可再實作 PictureCallback 介面來進行圖像截取、壓縮，將擷取到的 Bitmap 格式圖像壓縮成 JPEG 格式，降低運算所需的時空間。整體而言，程式碼較 J2ME 來的精簡許多，且整合了相機的多種功能，相對而言較舊有開發方式強大許多，符合所需之多媒體應用需求。

3.4 色彩辨識器

3.4.1 色彩辨識演算

此部份為 MCR 系統之核心，在驅動手持設備內嵌之攝影裝置(照相機)後，拍攝欲辨識顏色之物品影像，接著將圖像以資料串流的形式傳送，儲存在暫存記憶體中，並透過色彩辨識演算核心程式以串流讀出影像資料，進行分析。

首先將影像資料進行切割，取出影像中央 240*240 pixels 的大小，此大小已涵蓋欲辨識物品在影像中所佔的範圍；其次，將 240*240 pixels 大小的圖像續切分為左上、右上、左下、右下 4 區塊，並在每一區塊中隨機抽樣，截取 120 個像素值進行 R、G、B 素值進行分析，並以 aRGB 色彩空間模型為基礎，自行定義之色彩(目前僅定義紅色、藍色、綠色、粉紅色、黑色、白色、黃色、灰色等色彩)進行出現次數的統計；最後，將 4 個區域共 480 個取樣點所統計的值，進行由大至小排序；由於物品僅有單一顏色並不常見，且隨機取樣有其一定的誤差，故排序後，取出出現次數第一與第二之顏色，以代表欲辨識物品之顏色，並以文字型態輸出至 TTS 引擎，再將語音引擎轉換之語音型態訊息即時回饋給視障者，達到即時、高準確度的色彩辨識結果。

3.4.2 色彩校準

在不同環境或使用設備影響下，如光線明暗、相機本身的色彩偏差等，皆可能導致辨識結果的誤差，大幅的影響色彩辨識的準確度，因此在開始辨識前，可經由手勢操作跳轉至色彩校正的 Activity，以進行辨識前的校準，首先可將相機對準一張白紙，截取圖像後自動與純白 [255, 255, 255] 進行比對，並計算其差值，此數值會被紀錄在 SD card 底下的 MCR 資料夾中檔名為 R.G.B.txt 的檔案中，色彩辨識演算時將會以此為基準，載入該演算法中以達校正之效果。

3.5 語音引擎

視障輔具開發中，語音的回饋是相當重要的一環，MCR 系統亦然，在本系統之開發中，考量國內視障者使用之需求，手持設備搭載的 TTS 系統是否支援中文語音輸出是開發系統相當重要的條件。在語音引擎的選用上，我們採用我國工業技術研究院自行研製 uTTS for Android 版本的語音引擎，不同於系統開發初期，採用的 SVOX，uTTS 具有更好中文語句處理能力，且相較於市面上許多中文語料庫所使用的普通話或各地方言，其人聲更接近國人說話語音；更甚者，uTTS 同時兼具中英文同步處理的能力，處理到中英文語句交雜的文字幾乎沒有延遲，因此此部分在程式開發時不需再考量中英文語句的分割，並丟入不同的語音引擎處理的問題，此部分 uTTS 已相當完善。

四、實驗成果與評估

4.1 系統實測概況

MCR 系統執行於搭載 Android 作業系統的智慧型手機上，協助視障人士正確的分辨物品顏色。MCR 系統透過手機上的相機裝置擷取物體圖像，如圖 5、圖 6、圖 7、圖 8 為系統實測概況。經過圖像色彩分析後，將辨識之結果以中文語音的形式回饋給視障使用者。

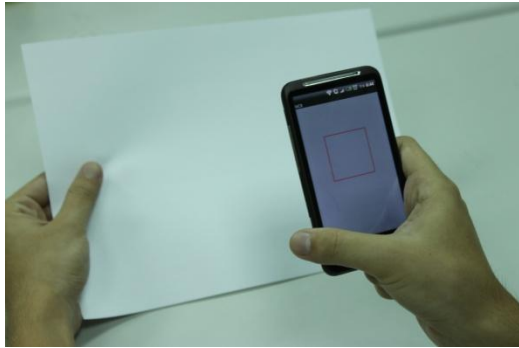


圖 5 系統實測概況(一)



圖 6 系統實測概況(二)



圖 7 系統實測概況(三)

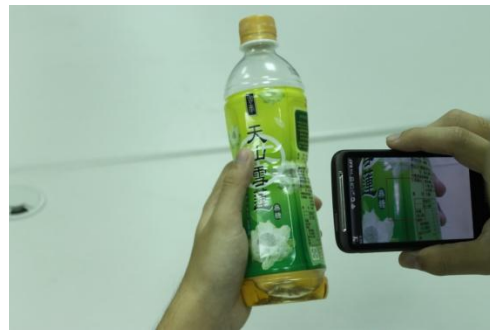


圖 8 系統實測概況(四)

4.2 評估方法設計

此部分乃在系統開發完成後，對於其是否達到預期成效進行評估。因此我們設計了一套評估方法，並尋找受測者進行系統的操作與測試，最後記錄其測試結果進行分析。

評估方法架構如圖 9 所示：

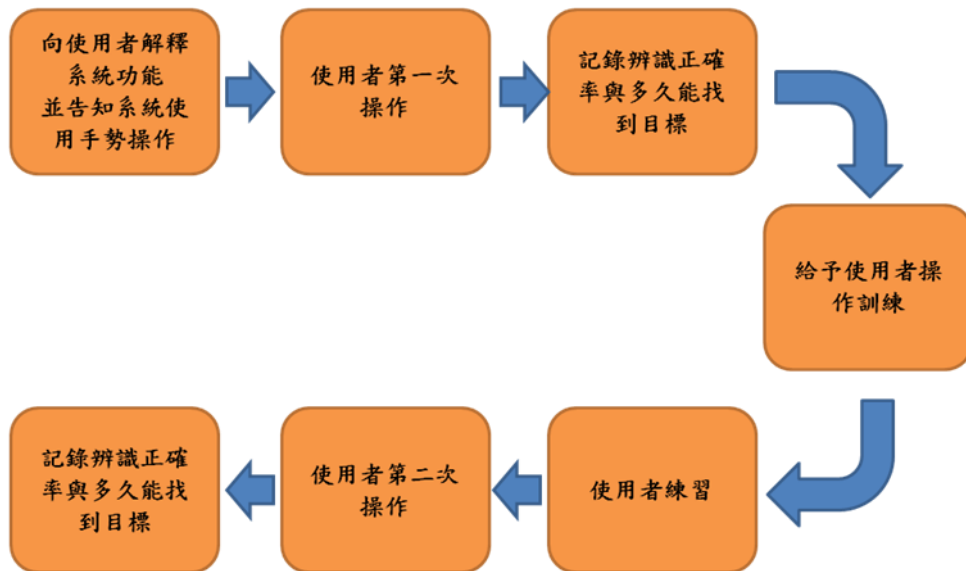


圖 9 評估方法架構

步驟一：首先向受測者告知並解釋本系統開發之目的，說明本系統全程以手勢操作。

步驟二：受測者第一次操作本系統，進行色彩辨識。

步驟三：紀錄辨識準確度以及受測者多久能夠找到欲辨識之目標物。

步驟四：給予受測者系統操作之教育訓練，告知其正確使用方式。

步驟五：給予受測者短暫的練習時間。

步驟六：受測者第二次操作本系統，進行色彩辨識。

步驟七：再次紀錄辨識準確度以及受測者多久能夠找到欲辨識之目標物。

4.3 成效評估

由於視障者的視力缺損程度不同且樣本較少，因此本系統評估採用戴眼罩的方式來模擬全盲的環境，使得即使受測者視力正常，眼前仍一片漆黑無法判別物品顏色，測試結果將不受視力是否正常影響。

參與成效評估之受測者為 11 人，其中年齡層介於 11~20 歲共 4 人、21~30 歲 5 人；31~40 歲 2 人，對於智慧型 3C 產品的使用皆有 2 年以上使用經驗，由於為初步之系統評估，11 人皆為視力正常人士，採用戴眼罩的方式，在模擬全盲環境下進行系統測試，其基本資料整理如下表二：

表二、受測者基本資料

年齡層	受測人數	使用智慧型 3C 產品經驗	視力狀況
11~20 歲	4 人	2 年以上	正常
21~30 歲	5 人	2 年以上	正常
31~40 歲	2 人	2 年以上	正常

第一次的操作中，11 位受測者共進行了 287 次的色彩辨識，其中辨識正確次數 201 次，正確性平均約在 70% 上下，受測者約需要 4-5 次的辨識後才能準確對準欲辨識的物品。

接著對受測者進行系統操作說明後，受測者短暫練習使用本系統 5 分鐘，接著進行第二次的系統操作，再次對物品進行色彩辨識，第二次測試中，11 位受測者共進行 315 次色彩辨識，辨識正確次數 296 次，正確率約 94%，受測者約可在 1-2 次的辨識中就對準欲辨識的物品。此數據說明先前辨識正確性只有 70% 可能導因於受測者對於系統的不熟悉，造成其無法快速且準確的找到欲辨識之目標物，因而無法獲得所期望的辨識成果，人為因素影響辨識結果較環境因素為大。其受測結果整理如下表三所示。

表三、測試成效統計

測試項目 測試成果	第一次測試	第二次測試
辨識次數	287	315
辨識正確次數	201	296
辨識正確率	70%	94%
尋標時間	4-5 次辨識時間	1-2 次辨識時間

五、結論與未來展望

MCR 系統之建置，重點在於完成下列幾項實際的效益：

- 載具輕巧、方便攜帶。
- 無需額外附加設備，透過內嵌之相機設備即可擷取圖像，減少視障人士需攜帶之輔助設備數量。
- 擁有特別為視障者設計的操控介面，簡單易操作，視障人士無需旁人協助即能獨立操作。

- 以 Java 語言開發，可在大多數的智慧型手機上使用，可快速移植至其他平台。
- 自行開發，價格低廉，視障人士經濟負擔輕。
- 採用簡單、快速的色彩辨識演算法，系統反應速度快。
- 全中文語音訊息輸出，符合國內視障人士使用習慣。

由於MCR系統是專為視障族群所設計，針對系統開發的成果與評估成效，除了上述之效益外，未來仍會持續進行其無障礙介面的強化，強調以人性化操作為訴求，並持續尋找視障者使用本系統，聽取意見回饋做為未來改善依據，讓視障者不僅能夠在最短時間內獲得色彩資訊，更能夠滿足其操作上的需求。此外，將會進行更多有關於色彩演算的資料搜尋，改良目前的色彩辨識演算法，以期更加準確的色彩辨識結果，不僅僅是提供視障者色彩的資訊，更重視資訊回饋的正確性。

六、參考文獻

1. 台灣眼科防盲教育研究醫學會，視力保健實務工作手冊，2011。
2. 國情統計通報，行政院內政部主計處，2010.6。
3. Wang, D. and Zhou, S. (2009.10.1), Color Image Recognition Method Based on the Prewitt Operator, "Journal of Communication and Computer", 6, 9, 23 -27。
4. 賴岱佑、郭忠義、黃福助。顏色辨識在即時視訊上的研究與實作。2010年資訊科技國際研討會。2010。
5. Puzicha, J. Buhmann, J.M. Rubner, Y.Tomasi, C., "Empirical evaluation of dissimilarity measures for color and texture", The Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1165-1172, 2002.
6. 陳崇憲、蕭世文。應用色彩審美度於手機設計之研究。國立成功大學工業設計學系碩士論文。2005。
7. Code Factory。Making mobile phones and PDAs accessible to the blind and visually impaired。http://www.codefactory.es/en/products.asp?id=315。2011.11。
8. Android developer。Android 2.1 Platform。http://developer.android.com/sdk/android-2.1.html。2012.2.1。
9. Android developer。Android SDK Starter Package。http://developer.android.com/sdk/android-2.1.html。2011.3.1。
10. Oracle。Java SE。http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html。2011.3.1。
11. Android developer。ADT Plugin for Eclipse。http://developer.android.com/sdk/eclipse-adt.html。2011.3.1。

12. 維基百科。語音合成器。http://zh.wikipedia.org/zh-tw/TTS。2011.12。
13. Future Apps Inc.。I Speak it。
http://itunes.apple.com/us/app/speak-it-text-to-speech/id308629295?mt=8。2011.3。
14. Nuance。TALKS&ZOOMS。
http://www.nuance.com/for-individuals/by-solution/talks-zooms/index.htm。2011.3。
15. Microsoft。TextSpeech pro。http://www.textspeechpro.com/。2011.3。
16. Google。Developing Speech Enabled Android Applications。
http://eyes-free.googlecode.com/svn/trunk/documentation/tutorial/tutorial.html。2011.3。
17. SVOX Pico。Ken White。
http://www.texttospeechblog.com/2007/11/svox-pico.html。2007.11.7。
18. ITRI TTS engine。http://atc.ccl.itri.org.tw/。工研院資通所 前瞻技術中心。2012.2.10。
19. Wikipedia。aRGB。http://zh.wikipedia.org/wiki/ARGB。2012.1.24。
20. Wikipedia。HSV。
http://zh.wikipedia.org/wiki/HSV%E8%89%B2%E5%BD%A9%E5%B1%9E%E6%80%A7%E6%A8%A1%E5%BC%8F。2012.1.24。
21. Wikipedia。YUV。http://zh.wikipedia.org/wiki/YUV。2012.1.24。
22. katia, Java ME Effort Working with MMAPI - JSR135
http://efforts.embedded.ufcg.edu.br/javame/?p=30, 2011.12。
23. Android developer。android.hardware.Camera。
http://developer.android.com/reference/android/hardware/package-summary.html。2011.5。