

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

總計畫：提昇私校研發能量專案計畫-無線光通訊之智慧型
盲人預警監控及導引網路系統(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2745-E-032-001-URD

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：淡江大學電機工程學系

計畫主持人：翁慶昌

共同主持人：謝景棠，許獻聰，李揚漢

計畫參與人員：曾憲威、莊明學

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 6 月 14 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

無線光通訊之智慧型盲人預警監控及導引網路系統

總計畫：無線光通訊之智慧型盲人預警監控及導引網路系統(1/3)

計畫類別：提昇私校研發能量專案計畫(整合型)

計畫編號：NSC 93-2745-E-032-001-URD

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

主持人：	翁慶昌	淡江大學電機工程學系
共同主持人：	李揚漢	淡江大學電機工程學系
	許獻聰	淡江大學電機工程學系
	謝景棠	淡江大學電機工程學系

執行單位：淡江大學電機工程學系

中華民國 94 年 5 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

無線光通訊之智慧型盲人預警監控及導引網路系統

總計畫：無線光通訊之智慧型盲人預警監控及導引網路系統(1/3)

計畫編號：NSC 93-2745-E-032-001-URD

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：翁慶昌 淡江大學電機工程學系
共同主持人：李揚漢 淡江大學電機工程學系
許獻聰 淡江大學電機工程學系
謝景棠 淡江大學電機工程學系

計畫參與人員：曾憲威 淡江大學電機工程學系
莊明學 淡江大學電機工程學系

一、中文摘要

近年來科技不斷進步，在導盲設備上也有不錯的成績，但盲人在使用導盲設備上還是希望能夠清楚的指示出在行走的道路上有無障礙物，是否會造成危險傷害，哪一條路是他應該走的，他該如何確定正確的路或應該走進正確的門，才不會花費多於的時間，希望能夠知道我現在在哪裡，我要去哪裡，怎樣走，當在搭乘大眾交通工具時，如何知道哪一班車是我應該搭的...等等問題，因此為了讓盲人能更方便更實用且大量製造及低成本之導盲設備已成為重要之主題。

本計畫「無線光通訊之智慧型盲人預警監控及導引網路系統」規畫為期三年之整合型研究計畫。本研究計畫之目的是發展無線光通訊網路及保障視障人士之安全及便利的關鍵技術，實作無線光通訊網路之感測節點硬體、韌體、決策演算法、通訊協定與應用程式以發展應用於智慧導盲網路系統。此感測節點依照最新之規格設計理念與趨勢，以支援下一代無線網路應用的需求，另外以盲用輔具(拐杖)及盲用電腦介面通訊協定，結合光學、微處理器、聲音、語音學、無線電學，完成技性智慧型的導盲系統，再加上以此方面之技術應用設計一導盲機器人之群聚行為及定點定位系統，另外以

DSP 架構設計一指紋辨識系統，進行門禁身份確認及監控人員身分認證將指紋辨識系統結合目前校園所有之門禁監控系統，以利盲人可利用指紋辨識進出門禁區域，且具測距及收集環境系數功能以完成一完整之導盲預警監控系統網路及定位定點系統，且配合導盲機器人之協助系統，對於視障族群有更多一層的服務與保障。

為了因應計畫目標的複雜度，本計畫利用核心技術模組化的設計理念，將此群體計畫分為四個重要之子計畫模組：

子計畫一：無線光傳收機之研製(The Research and Implementation of the Wireless Optical Communications Transceiver)

子計畫二：無線光網路設計(Wireless Optical Network Design)

子計畫三：智慧型導盲系統暨導盲機器人之設計(The design of blind guidance system and guide robot)

子計畫四：智慧型無線導盲預警監控系統(A Smart Guiding, Pre-Warning, and Monitoring Wireless Network System for the Blind)

本計畫的完成，不但能使我國掌握下一代無線光通訊網路軟硬體開發和通訊協定的關鍵技術，更能为我國培養通訊技術人才、厚植我國電信基礎建設之實力且協助弱勢之是障人士之安全，及適時的予以協助。

關鍵詞：無線光通訊、智慧型盲人預警監控系統、微處理控制器、導盲機器人

Abstract

It has advanced development in technology in recent years and in the blind guidance products development it also has astonished accomplishment. For visual impaired persons they also would like to have the capabilities in their blind-guidance equipment to clearly 'show' any blockages in their pathways or the existence of possible dangers. It is possible to show which way they should take, which road is the one or how to select the correct entrance to avoid the waste of extra times. They would like to know where they are now and which way they should head to and how they can reach there. When they take the public transportations they would like to know which bus is the right one to take etc. Therefore it becomes the main issue of how to design, develop and manufacture large volume and low cost blind-guidance products to benefit the vision impaired persons.

This project, "A Smart Pre-Warning, Monitoring and Guidance Network System for the Blinds Via Wireless Optical Communication", is a three-year research and development integrated project. The purpose of this project is to develop the critical technologies of the wireless optical communication network and to protect the safety and convenience for the blinds. It physically implements the hardware, firmware, decision algorithms, communication protocols and application programs of the sensor nodes for the wireless optical network and to develop

and apply them to the smart guiding network system for the blinds. The sensor nodes are designed according to the most recent specifications, ideas and trends to support the application requests for the next generation wireless networks. In addition, with the assistant product for the blinds such as the sticks and the computer communication interface protocols to combine optics, microprocessor, voice, phonetics, wireless electric to complete a smart blind-guidance system. Furthermore by combining the application of this technology it develops the grouping behaviors of the blind-guidance robots and to design the position locating and the direction finding system. In addition with DSP architecture it will design a fingerprint recognition system to process the personal identification in restricted areas and to monitor the personal verifications. Combining the fingerprint recognition system with all the campus- entrance monitoring system it can help the blinds to enter and exit the restricted areas with fingerprint recognition system. It also possess the distance measuring and environmental parameters collecting functions to finish a complete pre-warning, monitoring network system, position locating and direction finding system. It is also in coordinating with the assistant system for the blind-guidance robots to give an advanced service and protection for the vision impaired groups.

In order to encounter the complexities of this project we will use the design concept of the nucleus of modularized technique to divide the whole project into four sub-projects as follows:

Sub-Project 1: The research and Implementation of the Wireless Optical Communication Transceiver.

Sub-Project 2: Wireless Optical Network Design

Sub-Project 3: The design of blind guidance system and guide robot

Sub-Project 4: A Smart Guiding, Pre-warning and Monitoring Wireless Network System for the Blinds

In the completion of this project it will not only enable us to control the critical technologies for the development of software and hardware for the next generation wireless optical communication networks but also enable us to train the communication engineers to enhance our capabilities in the telecommunication construction basis and also to give timely help for the safety of the visual impaired persons.

Keyword: Wireless optical communication, Smart Pre-Warning, Guidance Network System for the Blind via Wireless Optical Communication, Microprocessor controller, Guidance robot

二、計畫緣由及目的

拐杖是最原始至今也仍是盲人最普遍使用的行進輔助工具，藉著一根拐杖盲人可以察覺出地上的障礙物、路面的不平坦、坑洞與台階等等環境中的狀況，然而要具有此能力必須經歷相當長久的訓練與學習。而導盲犬提供盲人行進輔助的另一個選擇，然而訓練的不易、耗時及成本高昂則使得導盲犬的使用率在各國普遍都不高，例如日本的導盲犬協會曾在 1991 年做過統計，在 250000 的盲人中有 20000 人若有導盲犬的協助就可獨立生活，然則實際導盲犬的數量卻只有 700 隻。在台灣，盲人重建院在 1999 年也做過類似的統計，有 50000 人需要導盲犬的協助，但是在台灣卻僅有一隻導盲犬。因此如何免去漫長的適應與學習，開發方便實用且可大量製造低成本之導盲機器人就成為重要的研究主題。

且由於無線光通訊和傳統的無線網路架構不同，其偏重在對於人們不易到達、不易監控等環境所產生出來，所以其很難以有線區域網路的方式存在；再者，其可能在佈建之後就不易取回再使用，因此其有別於目前無線區域的模式。無線光通訊網路的技術主要是利用感測器偵測所需資訊，既而再

藉由網路協定的方法將所測得之資訊傳回到資訊彙集處，其後再依據這些資訊做一回應的處理工作。

目前在應用的發展方面，感測器的研發雖然是其發揮偵測功能的主要依據，本研究計畫是以該網路的感測節點硬體、韌體、通訊協定和應用軟體的研究為方向，且經過凸透鏡與凹透鏡的聚焦與散射之方式，以區別安全係數之控制，再透過預警監控系統，能夠及時派遣導盲機器人以幫助需協助之對象，讓視障族群能有更安全的保障與服務，且在導盲輔具上，嵌入個人資基本資料，再加上指紋辨識之系統，能更快的確定盲人之身分，且與現有之校園監控系統結合，以 DSP 架構設計指紋辨識系統，進行門禁身份確認及監控人員身分認證，以利盲人出門禁區域，以期能達到無線光通訊的通訊要求。

三、結果與討論

本計畫「無線光通訊之智慧型盲人預警監控及導引網路系統」規畫為期三年之整合型研究計畫。本研究計畫之目的是發展無線光通訊網路及保障視障人士之安全及便利的關鍵技術，完成一完整之導盲預警監控系統網路及定位定點系統，且配合導盲機器人之協助系統，對於視障族群有更多一層的服務與保障。為了因應計畫目標的複雜度，本計畫利用核心技術模組化的設計理念，將此群體計畫分為四個子計畫，其關係圖(如圖一所示)，第一年計畫的結果與討論如下：

(a) 無線光傳收機之研製

目前我們先對我們研究的系統訂定規格，並針對所需規格尋找適合之光偵測元件，即光二極體 (photodiode)，以及低功率、高傳輸速率及高頻寬之轉阻放大器電路(Transimpedance Amplifier, TIA)的研究。

至於合適光二極體的選擇，就製程而言，矽質光二極體(Si PIN photodiode)為我們的第一選擇，並依照圖二之光二極體等效電路所示，我們必須選擇符合 I_p 、 C_D 規格之矽質光二極體；圖五為各材質

PIN photodiode 之波長回應曲線圖，藉由該曲線圖我們可以得知所應使用之光的波長；轉組放大器方面，圖六為一低電壓、高傳輸速率、高頻寬之無電感轉組放大器電路，藉由模擬此電路我們能對此接收端系統更加了解，並對於往後的電路設計與實現相當有幫助。若增加了電感，則更能輕鬆增大頻寬，但相對地由於高頻的原因，此時對於雜訊的濾除便是我們研究的方向。

(b) 無線光網路設計

本子計畫所採行之無線光網路必須要考量的設計重點有：網路認證、網路安全、容錯性、系統強健性、可延展性、價格、硬體、拓撲型態、工作環境、省電等等；其有別於傳統無線網路之型態，所以勢必要再加以研究開發出其適合的軟硬體架構、通訊協定、應用程式...等。本研究計畫之研究重點在於無線光網路的通訊協定技術與實作無線光網路之感測與傳輸節點，研製相關嵌入式系統和具省電性、容錯性、強健性、認證與安全機制的通訊協定等。

(c) 智慧型導盲系統暨導盲機器人之設計

本子計畫在導盲杖導引系統的設計與實現上，如圖三所示，包含導盲磚、導盲杖以及一語音播放主機。導盲杖尾端會不斷地發射訊號，當導盲磚接收到導盲杖的觸發訊號時，會回傳一訊號開啟主機，播放路口資訊指引盲胞，如圖四所示。

本子計畫在導盲機器人的設計與實現上，所設計完成的機器人如圖五所示。在機器人的底盤設計上，我們設計一個全方位移動的四輪裝置，讓機器人可以往任何方向移動，其可以增加機器人移動的靈活性。在機器人視覺系統設計上，我們在機器人的上方裝設一個全方位影像系統來讓機器人能夠取得周圍的環境資訊（視障人士、導盲磚、障礙物等資訊），其擷取影像如圖六所示。

(d) 智慧型無線導盲預警監控系統

在今年的計畫中，在理論部份我們不僅研發的

機器人佈建 sensor network 的通訊協定，使其得以克服障礙物並以最少的 sensor node 來達到 full coverage 的功能，在實作部份，我們擴充了 Sink node 及 Sensor Node 的功能，並針對 Sensor 間及 Sensor 與 sink node 間無線訊號之感測與傳送撰寫通訊及感應協定；此外我們也積極的開發了導盲系統的介面，使導盲系統可以與盲人感測網路更緊密的結合。

四、計畫自評

(a) 無線光傳收機之研製

在本計畫中，第一年無線光通訊傳收機之規格訂定相當困難，我們在決定規格時遇到許多瓶頸，接收器類比前端電路架構的選擇也是相當棘手。我們已初步擬定我們所需之規格，電路方面的研究也有一定成果量，之後將以成品實現整個光通訊系統的原型電路，計畫獨立實現出其中的接收端前端電路，並期望能在第二年完成晶片下線。

(b) 無線光網路設計

本計畫之第一年的研究重點有：

- 以 IEEE 802.15.4 與 IEEE 802.11 為基礎，設計可行之通訊協定
- 以 TinyOS 設計無線光網路之嵌入式系統，改善 IEEE 802.15.4，設計適用於無線感測器之省電型無線通訊協定
- 以 IEEE 802.11i 為基礎，設計可行之安全協定

(c) 智慧型導盲系統暨導盲機器人之設計

本子計畫所完成的導盲杖導引系統不僅可提供定點語音導引資訊，而且將來可結合指紋辨識系統與校園之門禁監控系統，以便盲人利用指紋辨識方式進出門禁區域。而本子計畫所設計的機器人具有全方位移動的底盤機構與全方位的視覺系統。全方位移動底盤讓機器人的移動更靈活更有機動性。全方位的視覺系統解決一般攝影機無法同時擷取到機器人四周的環境資訊的缺點，讓機器人比較沒有視覺上的死角，可以增加機器人導盲時的安全性。

由於光源的強弱會影響影像辨識的準確率，未來將加強此部分來讓影像辨識更具強健性。未來亦將配合導盲杖的導航策略，如圖七，與其他子計畫以實現導引視障人士在校園內走動的構想。

(d) 智慧型無線導盲預警監控系統

在本計畫中，我們提出了建構盲人無線感測網路的方法，不論是透過人工或者是機器人的方式來建構盲人無線感測網路，我們皆可透過設計的成果，達成延長智慧型無線導盲監控網路系統的目標，此外，由於現今所開發的感測器必不符合我們想建構的盲人無線感測網路，因此我們也對網路系統所需要使用的感測器做進一步的設計與實作。

五、參考文獻

Wireless optical communication

- [1]. H. H. Kim, S. Chandrasekhar, C. A. Burrus Jr., and J. Bauman, "A Si BiCMOS transimpedance amplifier for 10-Gb/s," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 36, pp. 769–776, May 2001.
- [2]. M. Ingels and M. S. J. Steyaert, "A 1-Gb/s, 0.7- μ m CMOS optical receiver with full rail-to-rail output swing," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 34, pp. 971–977, July 1999.
- [3]. S. M. Park and C. Toumazou, "Low noise current-mode CMOS transimpedance amplifier for giga-bit optical communication," in *Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Systems (ISCAS)*, vol. 1, June 1998, pp. 293–296.
- [4]. B. Razavi, "A 622 Mb/s 4.5 pA/CMOS transimpedance amplifier," in *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech. Papers*, Feb. 2000, pp. 162–163.
- [5]. S. M. Park and H. -J. Yoo, "1.25-Gb/s regulated cascode CMOS transimpedance amplifier for gigabit ethernet applications," *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. 39, pp.112–121, Jan. 2004.
- [6]. S. S. Mohan, M. del Mar Hershenson, S. P. Boyd, and T. H. Lee, "Bandwidth extension in CMOS with optimized on-chip inductors," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 35, pp. 346–355, Mar. 2000.
- [7]. K. Schrödinger, J. Stimma, and M. Mauthe, "A fully integrated CMOS receiver front-end for optic gigabit ethernet," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 37, pp. 874–880, July 2002.
- [8]. W. -Z. Chen and C. -H. Lu, "A 2.5 Gbps CMOS optical receiver analog front-end," in *Proc. IEEE Custom Integrated Circuits Conf.*, May 2002, pp. 359–362.

- [9]. J. Lee, S.-J. Song, S. M. Park, C.-M. Nam, Y.-S. Kwon, and H.-J. Yoo, "A multichip on oxide 1 Gb/s 80 dB fully-differential CMOS transimpedance amplifier for optical interconnect applications," in *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech. Papers*, Feb. 2002, pp. 80–81.
- [10]. S. M. Park, J. Lee, and H.-J. Yoo, "1-Gb/s 80-dB Fully Differential CMOS Transimpedance Amplifier in Multichip on Oxide Technology for Optical Interconnects," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 39, pp. 971–974, June 2004.
- [11]. I. -H. Wang, C. -S Liu, and S.-I. Liu, "A low power 5Gb/s transimpedance amplifier with dual feedback technique," in *Proc. IEEE Int. Symp. Circuits and Systems (ISCAS)*, vol. 1, June 1998, pp. 293–296.
- [12]. B. Analui and A. Hajimiri, "Multi-pole bandwidth enhancement technique for transimpedance amplifiers," in *Proc. Eur. Solid-State Circuit Conf. (ESSCIRC)*, 2002, pp. 303–306.
- [13]. B. Analui and A. Hajimiri, "Bandwidth enhancement for transimpedance amplifiers," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 39, pp. 1263–1270, Aug. 2004.
- [14]. F. Beaudoin and M. N. El-Gamal, "A 5-Gbit/s CMOS optical receiver frontend," in *Proc. IEEE Int. Midwest Symp. Circuits and Systems (MWSCAS)*, vol. 3, 2002, pp. 168–171.
- [15]. A. K. Petersen, K. Kiziloglu, T. Yoon, F. Williams Jr., and M. R. Sandor, "Front-end CMOS chipset for 10 Gb/s communication," in *IEEE RFIC Conf. Dig. Papers*, June 2002, pp. 93–96.
- [16]. M. Kossel, C. Menolfi, T. Morf, and T. Toifl, "Wideband CMOS transimpedance amplifier," *Electron. Lett.*, vol. 39, no. 7, pp. 587–588, Apr. 2003.
- [17]. C. Kromer, G. Sialm, T. Morf, M. L. Schmatz, F. Ellinger, D. Erni, and H. Jäckel "Bandwidth enhancement for transimpedance amplifiers," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 39, pp. 885–894, June 2004.

Smart Pre-Warning

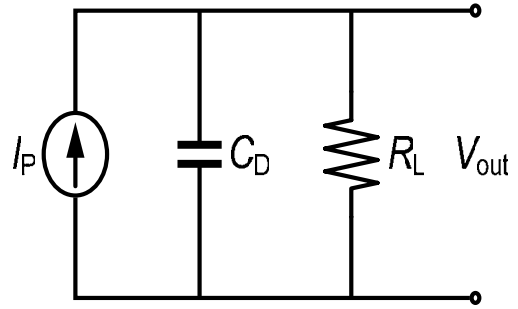
- [18]. J. Hill, P. BounadoMa, and D. Culler, "Active Message Communication for Tiny Network Sensors," In *Proceedings of the Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2001)*, 2001.
- [19]. TinyOS, <http://webs.cs.berkeley.edu/tos/>, Berkeley NEST.

Guidance robot

- [20]. L. Husng, Y.S. Lim, D. Li, and C.E.L. Teoh, "Design and analysis of a four wheel

omnidirectional mobile robot,” *International Conference on Autonomous Robots and Agents*, 2004.

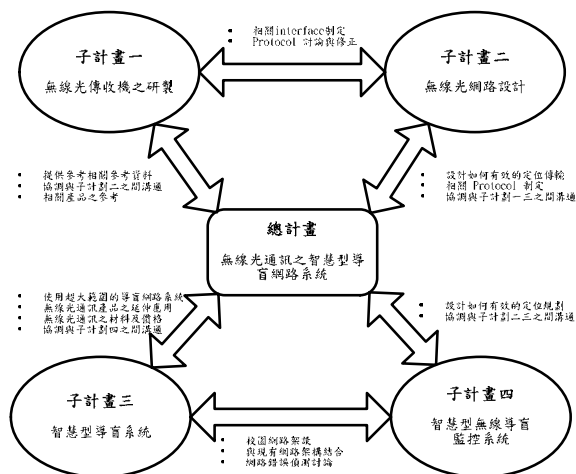
- [21]. K.S. Byun, S.J. Kim, and J.B. Song, “Design of a four-wheeled omnidirectional mobile robot with variable wheel arrangement mechanism,” *International Conference on Robot & Automation*, 2002.
- [22]. M. Wada and H.H. Asada, “Design and control of a variable footprint mechanism for holonomic omnidirectional vehicles and its application to wheelchairs,” *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 15, no. 6, 1999.
- [23]. R. Holmberg and O. Khatib, “Development and control of a holonomic mobile robot for mobile manipulation tasks,” *International Journal of Robotics Research*, vol. 19, no. 11, pp.1066-1074.
- [24]. H.B. Zhang, K. Yuan, and J.D. Liu, “A fast and robust vision system for autonomous mobile robots,” *IEEE International Conference on Robotics, Intelligent Systems and Signal*, pp.60-65, 2003.
- [25]. J. Bruce, T. Balch, and M. Veloso, “Fast and inexpensive color image segmentation for interactive robots,” *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 2, 2061-2066, 2000.
- [26]. T. Matsuoka, and A. Motomura, and T. Hasegawa, “Real-time self-localization method in a dynamically changing environment,” *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol.2, 27-31, 2003.
- [27]. C.F. Marques and P.U. Lima, “Vision-based self-localization for soccer robots,” *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.1193-1198, 2000.



圖二、PIN Photodiode 等效電路



圖三、導盲杖導引系統



圖一、各計畫相關圖



圖四、人與導盲杖導引系統



圖五、導盲機器人



圖七、導盲杖導引系統與導盲機器人之整合



圖六、全方位影像