

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 次世代數位影音多用途光碟系統之光機電整合研究

### —子計畫（一）主軸馬達伺服控制（I）

#### The Integration in Optical, Mechanics, and Electronics of Digital Versatile Disc System — ( I ) Servo Control of Spindle Motor

計畫編號：NSC 87-2218-E-009-037

執行期限：八十六年八月一日 至 八十七年七月三十一日

主持人：邱俊誠 國立交通大學電機與控制工程研究所

### 一、中文摘要

在光碟機的研究當中，如何增加光碟機的資料讀取速度與減少平均讀取時間是研發之中最主要的考量。而要減少平均讀取時間則需從伺服系統的反應速度著手，這其中包括了徑向伺服系統的定位控制、光學讀取頭聚焦循軌控制、主軸馬達轉動速度控制、以及降低錯誤或重讀訊號的次數。因此本年度計畫內容在研究唯讀型多用途光碟機之伺服系統的行為上，希望在不更動主要硬體架構的前提下，能夠縮短光碟機的平均讀取時間。首先針對光碟機的徑向伺服系統作一番分析與研究，然後再研究光碟機尋軌時發生軌數漏數時的偵測判定，並利用研發的演算法加以解決光學讀取頭徑向讀取資料時所遇到的軌數漏數問題，最後利用軟體模擬來驗證其可行性。

關鍵字：唯讀型光碟機、光碟機伺服系統、軌數漏數的偵測判定

### Abstract

The important aspects to the research of DVD-ROM system are to increase the data transfer rate and to

decrease the data access time which can be achieved by speeding up the sled servo system, varying rotational speed of spindle motor and reducing the tracking-crossing miscount. With this in mind, the present paper studies the tracking-crossing miscount of a DVD-ROM pickup head without modifying the existed DVD-ROM hardware structure. First, we studied and analyzed the servo system of DVD-ROM drive; then we developed an algorithm to detect and compensate the track-crossing miscount during long distance seeking; finally we used MATLAB software to simulate and validate the feasibility of the proposed algorithm.

Keyword: DVD-ROM, DVD-ROM servo systems, track-crossing miscount

### 二、動機與目的

由於資料處理、伺服控制等技術的日新月異，光碟機在資料傳輸速率、存取速度、穩定性等性能已比起以往改進不少，尤其在資料傳輸速率方面更是突飛猛進[1-8]。由1992年唯讀光碟

機的單倍速到目前的 50 倍速，平均讀取時間相較下顯得進步較少，且與一般硬式磁碟機比較更顯得還有一段差距。本研究以研究降低資料錯誤重讀次數為核心，希望能藉此達成縮短平均讀取時間的目標。

### 三、系統介紹

完整的光碟機包含了有光學讀取頭、伺服控制系統、訊號處理系統、光碟機控制系統、介面控制等子系統。現就各子系統作簡介：

- 1、光學讀取頭主要功能是將光碟片上的資料讀取回來。
- 2、伺服控制系統處理光碟機內所有會動的系統。
- 3、訊號處理系統將光學讀取頭讀出的訊號送至訊號處理系統做處理。
- 4、光碟機控制系統為光碟機內的決策單位，負責接受外界控制命令並執行之。
- 5、介面控制負責接受並解碼外界命令成為內部命令，同時將讀取之資訊傳送至外界。

### 四、光碟機跨軌漏數偵測與補償

#### (I) 跨軌訊號之產生及錯誤原因探討：

跨軌訊號主要作為光碟機中光學讀取頭的位置或速度迴授。然而實際上，跨軌訊號不會如此完美。當光碟片表面有缺陷時、遭受震動或雷射光點恰未經過資料軌凹槽，都可能造成循軌誤差訊號的錯誤，造成跨軌漏數的情形。

#### (II) 跨軌訊號錯誤偵測與補償演算法：

日本三菱電機的 Ogawa 及 Ito [9]

曾針對上述問題提出解決方式，方法如下所示：

(1) 由於光碟片上面的資料軌距是固定的，因此當雷射光點以等速、加速或是減速的情況橫越數個資料軌時，跨軌脈衝出現的時距並不見得會一樣。我們以雷射光點正在減速的例子來看，如圖 1 所示：

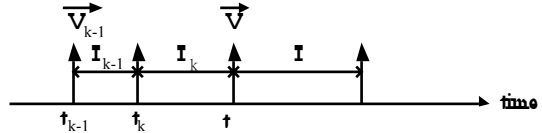


圖 1 當雷射光點減速時，跨軌脈衝出現情形  
圖中的四個跨軌脈衝，分別在  $t_{k-1}$ 、 $t_k$ 、 $t$  及  $t+T$  時出現，而  $T_{k-1}$  及  $T_k$  和  $T$  則是四個跨軌脈衝的三個時距， $v_{k-1}$  是雷射光點在時間  $t_{k-1}$  時的跨軌速度，而  $v$  是在  $t$  時的跨軌速度，定義

$$T_{av} \equiv \left( \frac{T_k + T_{k-1}}{2} \right) \quad (4.1)$$

根據式 (4.1) 與等加速度運動公式，利用速度與時間的乘積為位移的關係，則

$$\frac{[v_{k-1} + (v_{k-1} - 2\alpha T_{av})] \times 2 \times T_{av}}{2} = 2P_t$$

$$\Rightarrow (v_{k-1} - \alpha T_{av})T_{av} = P_t, \quad (4.2)$$

同樣地，

$$\left( v - \frac{\alpha}{2} T \right) T = P_t, \quad (4.3)$$

而

$$\tilde{v} = v_{k-1} - 2\alpha T_{av}, \quad (4.4)$$

其中

$\alpha$ ：雷射光點的減速度 ( $\text{m/s}^2$ )；

$P_t$ ：資料軌距，以  $\text{m}$  為單位；

$v_{k-1}$ ：雷射光點在時間  $t_{k-1}$  時的跨軌速度，單位為  $\text{m/s}$ ；

$v$ ：雷射光點在時間  $t$  時的跨軌速度，單位為  $\text{m/s}$ 。

根據式 (4.1) 與等加速度運動公式，則可判斷出跨軌脈衝時距的變化情形，用  $T/T_{av}$  表示，當軌距為  $1.6 \times 10^{-6}$  (m) 以及  $\alpha = 60$  ( $m/s^2$ ) 時，如圖 2。當速度越快時， $T/T_{av}$  接近於 1，於是 Ogawa 與 Ito 決定了一個跨軌漏數發生與否的判斷法則：

$$T \geq 1.5 \times T_{av} \quad (4.5)$$

他們先記錄前兩個跨軌時距  $T_{1-1}$  和  $T_1$ ，然後偵測下一個跨軌脈衝出現與否，同時記錄時間  $T$ 。若在  $T < 1.5T_{av}$  的時間內沒有跨軌脈衝出現，表示有軌數漏數的情形發生，在  $t+T$  的時候補償一個虛擬跨軌脈衝。不過這個判斷法則有其缺失。

(2) 我們已模擬軟體 MATLAB [10] 模擬補償運算，發現在漏數一軌時補償結果十分良好但漏數二軌以上時，如圖 2、3 所示：

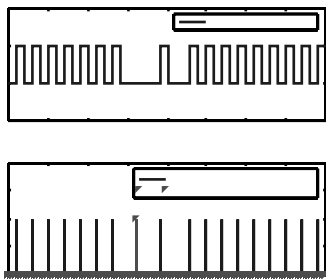


圖 2 當等速時，連續漏數兩軌的情形

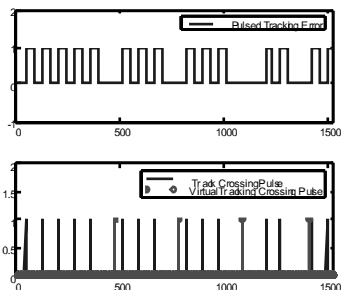


圖 3 變速時，連續漏數兩軌以上的情形

我們發現只要漏數一軌以上便無法正確補償回來，這是此法的缺點，。而分析式 (4.5)，發現 1.5 這個「比較倍

數」是無法補償第二漏數軌的原因，因為當連續第二軌漏數時，

$$T'_{av} = \frac{(T_{av} + 1.5T_{av})}{2} = 1.25T_{av} \quad (4.6)$$

$$T' \geq 1.5 \times T'_{av} = 1.5 \times 1.25T_{av} = 1.875T_{av} \quad (4.7)$$

因此第二次漏軌的判斷式為 (4.7)，但這是不合理的，因為在此段時間中，會出現第三次的正確跨軌訊號，但判斷式卻將之視為合理的第二次跨軌訊號，而沒有補償第二次漏數，造成錯誤訊息。

(3) 要針對上述的缺點做修正，首先，必須先作一個假設，當光碟機在作尋軌時，光學物鏡必須固定在光學讀取頭內，不因光學讀取頭的移動而晃動。否則此類方法於實際運用上將產生問題。先考慮等加速度的狀況，當  $\alpha = -60$  ( $m/s^2$ )， $T/T_{av}$  與  $\vec{v}_{k-1}$  的關係圖如圖 4。

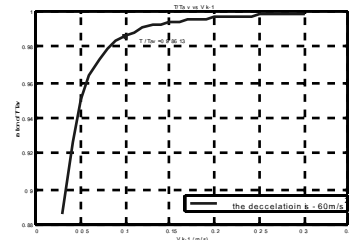


圖 4 加速度為  $60m/s^2$ ， $T/T_{av}$  與  $\vec{v}_{k-1}$  的關係

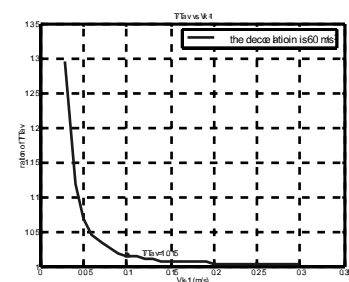


圖 5 跨軌脈衝時距變化率與初始速度  $\vec{v}_{k-1}$

的關係

由圖 4 可知，當  $\vec{v}_{k-1} \geq 0.1$  ( $m/s$ )， $T/T_{av}$  接近 1，所以改寫成

$$T \geq T_{av} \quad (4.8)$$

此時雷射光點處於等加速度的狀態。而在等減速狀態的情況， $TIT_{av}$  與  $v_{k-1}$  關係如圖 5。當  $v_{k-1} \leq 0.5$  時， $TIT_{av}$  的曲線變化較劇烈，而  $0.5 < v_{k-1} \leq 0.1$  之間變化較和緩，在  $v_{k-1} > 0.1$  以後，則  $TIT_{av}$  接近 1。將  $TIT_{av}$  曲線分為三區，每個區域以定值來作為式 (4.5) 的「比較倍數」。將式 (4.5) 再改寫成

$$T \geq 1.3T_{av} \quad (4.8a)$$

當  $v_{k-1} < 0.5$  (m/s) 時

$$T \geq 1.1T_{av} \quad (4.8b)$$

當  $0.1 < v_{k-1} < 0.5$  (m/s) 時

$$T \geq 1.02T_{av} \quad (4.8c)$$

當  $v_{k-1} \geq 0.1$  (m/s) 時

綜合來說，除了使用式 (4.8a) 的時候，僅能偵測出連續兩軌的跨軌漏數，其他的判斷式都可以使得修正後的演算法能偵測並補償連續兩軌以上的漏數。

### (III) 模擬結果與討論:

先對雷射光點在定速運動的情形下做模擬，再針對等加速度與等減速度作相同的模擬，模擬的結果如下。

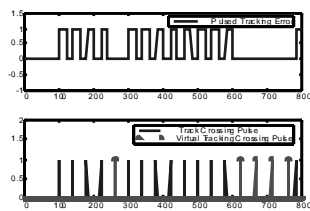


圖 6 定速 0.04m/s，漏數一軌及連續四軌

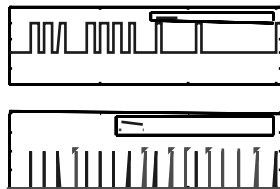


圖 7 加速度  $60m/s^2$ ，初速 0.1m/s，漏數連續多軌

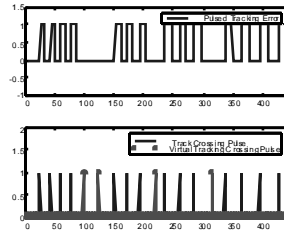


圖 8 等減速度  $60m/s^2$ ，初速 0.05m/s，漏數一軌及連續兩軌

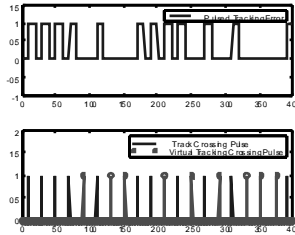


圖 9 等減速度  $60m/s^2$ ，初速 0.2m/s，連續漏數多軌

根據模擬結果，印證本論文所提的修正方式的可行。但如果於開始便發生跨軌漏數的現象（如圖 6、7、8）則無法予以偵測和補償。實際應用中，「比較倍數」仍須稍做修改。在等速的狀況下 (4.8) 的倍數由 1 改為 1.05，因為若「比較倍數」用 1，會造成「虛擬跨軌脈衝」與「實際跨軌脈衝」同時發生；若再加上計算誤差，甚至可能發生虛擬跨軌脈衝在實際跨軌脈衝前面出現，接下來的偵測過程發生錯誤。「比較倍數」越大，則能夠偵測與補償的漏數軌數則越少。

### 五、結論

本篇報告在第四節中的修正演算法有效地彌補 Ogawa 及 Ito 演算法的缺點，偵測到兩軌以上的跨軌漏數，使得尋軌伺服能因減少重新尋軌次數而縮短尋軌時間。然而這種演算法必須以前兩軌正確跨軌訊號作為判斷的標

準，如一開始便發生跨軌漏數，這種演算法將無法使用。

## 六、參考文獻

- [1] 楊宇助，「光碟機變速讀取模式與主軸馬達轉速控制之分析」，國立交通大學，碩士論文，民國 86 年。
- [2] 王中呈，「高倍速光碟機無刷式主軸馬達之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 85 年。
- [3] 蔡芳助，「高倍速光碟機長程傳動馬達的模糊伺服控制及模糊系統應用於混沌系統的判別」，國立交通大學，碩士論文，民國 85 年。
- [4] 練百陶，「硬式磁碟機定位伺服系統之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 82 年。
- [5] Sogrin G. Stan , “*Twin-Actuators for Ultra-Fast Access in CD-ROM Systems*”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. Vol 42. No.4 ,Nov., 1996.
- [6] Philips "10X CD-ROM drive user's manual" , Philips , 1996.
- [7] Ken C. Pohlmann, “*The Compact Disc Handbook*”, Oxford University Press, 1992.
- [8] G Bouwhuis, J Braat. Etc. “*Principles of Optical Disc Systems*”, Adam Hilger Ltd., 1985.
- [9] M.Ogawa, O. Ito, “*Accurate Track Count Accessing of Optical Disk Drive*”, *Japan J. Appl. Phys.* Vol.31, Part 1, No.2B, 1992.
- [10] Bahram Shahian, Michael Hassul, “*Control System Design Using MATLAB®*”, Prentice Hall, 1993.