

八十九年度【次世代數位影音多用途光碟機系統之機電整合研究 – 子計劃三：尋軌伺服控制系統()】

執行期間：88年8月1日 --- 89年7月31日

主持人：簡丞志

執行機構及單位：私立淡江大學電機工程學系

執行計畫編號：89-2213-E-032-020

摘要：

決定 DVD 速度性能的最主要因素是 DVD 之尋軌時間。VCM 以磁感應滑動方式帶動光學頭降低摩擦故可加速光學頭的移動，縮短 DVD 之尋軌時間。是故本計劃第一年的研究重點在其與音圈馬達之結構動力分析，音圈馬達之測試轉移及穩定性分析及控制法則設計。本子計劃在第二年進行與子計劃(二)——(循軌伺服控制)的整合研究。透過同時控制循軌伺服驅動器與尋軌伺服驅動器之方法以達到減少 DVD 長程尋軌實會產生之搖擺運動以大幅降低尋軌時間。本子計劃在本年度建立尋軌伺服系統之實際架構並進行硬體模擬驗證。

計畫緣由與目的：

DVD 的關鍵性技術包含了光學讀取頭的設計與製造；主軸馬達的設計與製作；RF Amplifier，數位訊號處理伺服器控制晶片組。其中伺服系統反應的迅速與可靠乃是 DVD 性能提昇的主要關鍵技術。本計劃的主要目的乃在透過結合學術單位的人力資源、研究經驗，針對尋軌伺服控制關鍵技術加以分析研究，期望藉由本計畫的執行，掌握關鍵性技術，配合目前產業界的發展，建立整體的研發-製造-產銷之產業結構，以提昇市場競爭力，並期望藉著研發過

程對於伺服控制技術人才的培養能對我國光碟機工業有所助益。

結果與討論：

DVD 資料區讀取資料的程序分為下列七個步驟：

- (1) 讀取軌道資料，並換算軌道編號，以得知目前所在軌道位置。的軌之軌數差距。
- (2) 長程尋軌。長程尋軌驅動器將光學讀取頭從目前所在的軌道移至目的軌附近
- (3) 循軌。欲讀取資料需使雷射光點固定在軌道中心，因此需做循軌動作。
- (4) 讀取軌道資料，換算軌道編號，以得此目前所在軌道與目的軌之軌數差距。
- (5) 短程循軌校正。短程循軌軌驅動器將光學頭移動至目的軌。
- (6) Latency。等待目標資料區，轉至光學頭所在的位置。
- (7) 讀取資料。

步驟(1)(3)(4)之主要動作乃在鎖軌及讀取資料，其花的時間與步驟(2)，(5)，(6)相比較起來甚短可忽略不

計。因此步驟(2)(5)(6)可以說是資料讀取速度快慢的決定步驟。換句話說，平均資料讀取時間(Access time)可表示為：

$$\text{Access time} = \text{Seek time} + \text{latency} + \text{Settling time}$$

Seek time(尋軌時間)為光學頭從原資料軌，移動至目標資料軌所需時間。(如果各資料區平均分布在整個磁片上，欲在任兩個資料區讀取資料，對CAV的硬體而言尋軌平均所走的距離約為半徑的三分之一，這個時間稱之為1/3 Stroke Seek time。對光碟機而言，因採CLV方式，磁片外圈周長較大，每一資料軌所含的資料區較內圈多。因此光學頭在內圈1/3尋軌所走的徑向距離較在外圈尋軌所行徑距離為長，又由於轉動馬達轉速及加減速情況隨光學頭所在位置而不同，因此光學頭在內外圈1/3尋軌時間是不同的。所謂的平均尋軌時間則是經多次不同起點尋軌，將每次1/3尋軌時間相加除以1/3尋軌次數，即得平均尋軌時間。

如果碟片有污損或割痕，造成資料讀取錯誤，或者由於尋軌伺服定位的超越現象以致產生尋軌誤差時，皆必須尋軌校正。這段時間稱之為Settling time。當光學頭到達目的資料軌時，未必能夠立刻到達目標資料區開始讀取資料，而必須等到目標資料區轉到光學頭所在位置，這段時間稱之為Latency time。平均而言，Latency time為碟片旋轉半圈的時間。

由於平均等待時間為尋軌半圈所需的時間，完全由碟片轉速決定。對固定轉速的DVD而言，欲得到更快的平均讀取時間，唯有從降低Seek time與Setting time著手。亦即惟有從改善

整個尋軌伺服控制系統著手。

DVD的尋軌伺服控制系統的功能在於使光學頭從某一資料軌移動至目標軌。

尋軌時，小距離移動範圍內以Fine actuator作短程尋軌。但若距離增大時，則同時驅動Seld actuator作Dual actuator控制。若為長距離的尋軌，則單由Seld actuator作長距離尋軌。

欲降低Seek time及Settling time，可從改善尋軌伺服系統之下列關鍵組件著手：

(A.1) 使用位置偵測器，可有效且迅速得知coarse actuator再尋軌過程中的確切位置。因此在尋軌過程中，能較精確掌握尋軌所行的距離，將Settling time降至最低。(Hall sensor為可採用的位置偵測器的一種)

(A.2) 光學頭推進馬達傳動機構必須正確設計以消除backlash，以減少定位錯誤，將設計造成的Settling time降至最低。

(A.3) 光學頭質量越輕(如以塑膠取代金屬，使用質輕的金屬)，則加減速可以越快。目前較進步的光學頭設計將趨向於由目前的Integrated head轉變成Split head。即光學頭的快速移動部分之actuator及objective lens只包含光學結構體。如此一來，其在快速尋軌時不必快速移動，因此Split head可有效降低光學頭移動質量，使尋軌時間降低。

(A.4) 增加gear transmission ratio，可提高光學頭的移動速度，達

到降低尋軌時間的效果。

(A.5) 改用 VCM 取代傳動式推進設施。目前光學頭推進設計多為傳動式進共，摩擦力較大，因此快速移動有其限制。欲降低行進摩擦，voice coil motor 磁感滑行方式帶動光學頭降低摩擦是可行的方法。

研究焦點一：

(A.3)，(A.4) 皆是從光學、機械方面切入，以提高光學頭的移動速度，來達到降低 Seek time 的效果。本研究子計劃焦點之一在 (A.5)。研究方向乃在以音圈馬達 (VCM) 來作為長程尋軌與定位馬達，因 VCM 有下列優點：

- } VCM 以磁感滑行方式帶動光學頭降低摩擦，故可加速光學頭的移動。
- } VCM 反應較快。
- } VCM 之解析度可達微毫米程度。
- } VCM 無齒隙 (no backlash) 及摩擦的問題。

VCM 的優點可大幅降低 Seek time 及整體尋軌的精確度。VCM 反應雖快。但是會產生嚴重的 overshoot 且 VCM 磁路分析比較複雜，因存在一些非線性的現象，如 magnetization curve, flux, leakage.....等。以及外界的磁場可能對 VCM 產生干擾。對於這些問題我們針對音圈馬達 (VCM) 的動作原理與動態響應做一完整的實驗分析，並求得 VCM 的轉移函數，依此轉移函數，我們再考慮碟片跳動，VCM 的線速度，可能產生如摩擦力和外來干擾等現象，依智慧型穩健控制法則，來決定其增益，並設計出是當的補償器。

研究焦點二：

一般而言，影響整個資料讀取時間最關鍵的步驟即在長程尋軌。因此任何方法能使得長程尋軌馬達以更高速的加減速運動 (如 (A.3) (A.4) (A.5)) 可達到縮短資料讀取時間的目的。

微處理機根據目標軌及目前的軌道計算出光學讀取頭需要移動的軌道數，將其送入跨軌訊號計算器中，當讀取頭移動跨軌時，跨軌訊號偵測器會送出一脈波使計數器遞減。當達到目標軌時計數器值會降至零。根據計數器的值，長程尋軌控制器會產生一合適之控制訊號至長程尋軌驅動器用以驅動尋軌馬達。

整個尋軌過程中，僅有長程尋軌馬達受到控制。亦即在長程尋軌伺服設計中，設計的焦點在快速的移動長程尋軌馬達至目標軌附近，而對於微調短程尋軌驅動器則不加以控制。這是由於微調尋軌短程驅動器之重量極輕且對重量非常敏感，使得我們無法安置任何感測器已測得其運動狀態以供控制支用。

由於微調短程與長程尋軌驅動器的架構為連動關係，使得當長程尋軌馬達快速的加減速時會對微調尋軌驅動器產生一作用力，此作用力會使得微調尋軌驅動器產生類似搖擺的動作。其動作大小與長程尋軌馬達加減速的大小有直接的關係。搖擺動作並且會使得微處理機及跨軌訊號計數器在計算跨軌數時產生很大的誤差，而使得 Settling time 增加。

為了減少搖擺運動以縮短 Settling time 許多的研究均朝向變更微調尋軌控制器的設計以減小 rolling and pitching resonance 或者是變更驅動器之 suspension 系統。本研究子計畫針對搖擺運動提出更有

效的解決方案，研究結果顯示其能大幅度的減小搖擺運動，大大的縮短 Settling time。

基本上本研子計劃的主要概念在‘同時控制微調尋軌 (fine actuator) 長程尋軌控制器 (coarse actuator)’。長程尋軌似服控制的設計概念與典型之長程尋軌伺服控制一致。而微調長程尋軌伺服系統的設計概念則在克服因長程尋軌馬達加減速所造成的搖擺動作。由於微調尋軌驅動器的運動狀態無法測得量知，我們設計了一狀態估測器已用來提供其運動狀態。

研發設計流程為：首先將推導整個長程尋軌的數學描述。再根據所得之數學描述設計微調尋軌驅動器之狀態估測器。此狀態估測器用來估測微調尋軌驅動器之運動狀態以供微調尋軌控制器使用。而微調尋軌控制器的功能則在克服因長程尋軌馬達加減速所造成的搖擺動作。由於不同廠牌之碟機之數學模式可能有極大的差異，因此有關狀態估測器極及微調尋軌驅動器的設計均需考慮到參數的變異性。因此本計劃設計適應性狀態估測器及能容忍較大參數變異的強健適應控制器以克服不同碟機之參數差異。

參考文獻：

- [1] 王崢嶸，”DVD 問世在即，產業整裝待發”，光訊 61 期，p169，1996。
- [2] 王威，顏夢新，“唯讀光碟機技術及發展”，光訊 61 期，p26-28，1996。
- [3] 經濟部工業局八十五年度工業技術人才培訓計畫講義，民國 84 年 11 月。
- [4] 資訊零組件雜誌，民國 84 年 11

月，p51。

- [5] 鄭泗東，“CD 雷射唱盤與 CD 光碟機的伺服控制系統：”，機械工業雜誌，民國 75 年 6 月。
- [6] 鄭泗東，“CD 雷射唱盤伺服控制系統及控制程式設計：”，機械工業雜誌，民國 77 年 8 月。
- [7] 吳南陽，“光碟機讀寫頭驅動馬達的設計與制程”，光電資訊，第 2 期民國 78 年 6 月。
- [8] 李佩謙，“唯讀光碟機之伺服系統”，光電資訊，第 27 期，民國 84 年 9 月。
- [9] 張天行，“光碟機機構介紹”，光電資訊，第二期，民國 76 年 6 月。
- [10] 經濟部工業局八十四年度工業技術人才培訓計畫講義，民國 83 年 11 月。
- [11] 吳南陽，“音圈馬達簡介--- 設計、制程與應用”，光電資訊，第六、七期，民國 79 年 6 月
- [12] 吳南陽，“音圈馬達在磁碟機上應用”，機械工業雜誌，民國 77 年 10 月。
- [13] 鄭昇芳，“音圈馬達設計”，光電資訊，第七期，民國 79 年 9 月。
- [14] 郭立華，“光學頭致動器機構簡介”，光電資訊，第 27 期，民國 84 年 9 月。
- [15] 濟部工業局八十五年度工業技術人才培訓計畫講義，民國 84 年 11 月。
- [16] 邱俊誠，“高速無刷式主軸馬達電動勢波形模擬與分析期中報告”，民國 84 年 12 月。