

國立臺灣大學工學院機械工程學系

碩士論文

Department of Mechanical Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis



中文標題

English title

李亭宜

Ting-I Lee

指導教授：詹魁元博士

Advisor: Kuei-Yuan Chan, Ph.D.

中華民國 111 年 7 月

July, 2022



## 符號列表

### 座標系

$P$	座標點
$x, y, z$	座標點 $P$ 的 $x, y, z$ 分量
$N$	單位向量
$u, v, w$	單位向量 $N$ 的 $x, y, z$ 分量
$\alpha$	球座標系中的仰角分量
$\beta$	球座標系中的方位角分量

### 座標系轉換

$H$	齊次轉換矩陣 Homogeneous Transformation Matrix
$T$	平移向量 Transfer Vector
$Ro$	旋轉矩陣 Rotation Matrix

### LED 與 PD 的交互關係

$\phi$	PD 入射角
$\theta$	LED 出射角
$D$	距離

### 硬體參數

符號	LED 硬體參數
$M$	LED 的朗伯次方 ( Lambertian Order )
$Pt$	總輻射通量 ( Total Radiation Flux )

符號	PD 硬體參數
$m$	PD 的朗伯次方 ( Lambertian Order )
$A$	有效面積
$Re$	響應率 ( Responsivity )

## 光學領域單位



符號	中文	英文	單位符號	國際單位制
$\Omega$	立體角	Solid Angle	$sr$	球面度 ( Steradian )
$\omega$	角度	Angle	$rad$	弧度 ( radius )
$r$	半徑	Radius	$m$	公尺
$\Phi$	輻射通量	Radiation Flux	$W$	瓦特 ( Watt )
$I$	輻射強度	Radiation Intensity	$W \cdot sr^{-1}$	瓦特每球面度
$E$	輻照度	Irradiance	$W \cdot m^{-2}$	瓦特每平方公尺

## 小標解釋

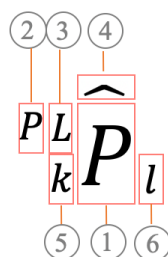


圖 1: 符號小標解釋

- (1) 符號
- (2) 投影至的座標系 (  $P$ : PD 座標系 ;  $L$ : LED 座標系 )
- (3) 定義於哪個座標系 (  $P$ : PD 座標系 ;  $L$ : LED 座標系 )
- (4)  $\hat{(\cdot)}$  代表該物理量為量測所得或處理量測所得訊號而得
- (5) 第  $k$  個樣本點 (  $k = 1, 2, \dots, K$  )
- (6) 第  $p$  個 PD (  $p = 1, 2, \dots, P$  ) 或第  $l$  個 LED (  $l = 1, 2, \dots, L$  ); LED 與 PD 交互關係物理量的 (6) 小標為  $lp$  兩者的交互關係



---

# 緒論

---

## 1.1 前言

隨著工業 4.0 的發展，機器、人與環境之間的交互互動愈發頻繁，萬物互連的背景之下，各領域對於量測資訊的需求大量增加，其中了解位置資訊為機器與人類進行判斷與計算的基礎。若能掌握空間中某特定物與自己的相對位置資訊，則可幫助新型載具、機械手臂與人類進行決策與執行任務，例如載具了解其他載具的位置、飛行器與遙控計之間的定位、智能載具與照護目標物的互動、機械手臂與夾取目標物的定位等。綜上所述，獲取兩物之間的相對位置資訊，有其必要性。

現今室外定位主要仰賴全球衛星定位系統 (GPS)，然而礙於衛星訊號受建築物體遮蔽的特性，GPS 定位技術無法應用在室內場域，因此發展一有效的室內定位方法獲得許多討論與研究關注。室內定位主要面對的困難與室外不同，較多的障礙物、牆壁、人員物體的密集度使多重路徑傳輸 (Multipath propagation) 影響大，也使訊號衰減與散射嚴重，以上議題都會增加誤差，而室內應用所需求的精度，

### 1.1.1 室內定位簡介

在選擇合適的技術與硬體進行室內定位時，有非常多面向與設計參數需要考慮，以下條列出：

室內定位的需求與特色有許多不同面向，包含精度、覆蓋範圍、偵測距離、成本 (設備、能耗)、非視線範圍內的定位 (NLoS)、即時應用、設施架設範圍、對目標物與對環境的理解和掌握程度等。(可能改成條列式、配上)

礙於如此多的特性與面向，一個面面俱到的方案是不存在的。因此在設計系統時，了解不同做法的優缺點，並對自己的需求有足夠理解，進而對不同設計參數做出取捨，是完成有效室內定位系統的關鍵之一。



## 1.2 研究動機：情境描述

室內定位的方法分成許多種，根據不同的應用需求與特性適用的方式也不盡相同。本研究主要目標為研究一移動物對另一特定物的相對定位方法，希望能將感測器與訊號發射器包裝成安裝方便的單位，提供一量測單位與一被量測單位，能夠靈活的將兩單位各自安裝在量測物與目標物上，在不同場域下進行三維的相對定位量測。

為更具體呈現目標的使用情境，以下舉實例描述：

**智慧工廠**

**智慧病房**

**其他** 智能載具與服務目標的定位、輔助視障者理解移動方向、機場內針對什麼的量測

## 1.3 研究目的

雖然室內定位這個領域已經有許多文獻探討，然而針對此情境仍沒有一個合適的方案，因此研究目的歸納如下：

- 發展一靈活度高，能夠套用在不同場域與情境的室內定位方法，其中場域需包含醫療環境，因此著重在探討光波段的定位應用。
- 針對光波段定位，將被簡化的參數納入考量，並將組態上的限制放開，且試圖將定位維度提升到三維。
- 將不同應用情境納入考量，發展一套完整流程，針對不同情境進行最佳化，以提供最佳組態。

本研究以 LED 與 PD 的近紅外光定位為主，針對不同情境對 LED 與 PD 的組態與配置最佳化，其中在模擬中更完整的考慮各種因素並減少組態上的限制，以更貼近實際應用上的狀況。

## 1.4 論文架構

本研究分為六個章節，論文架構如圖：

[補論文架構圖]

### 第一章 緒論

介紹研究主題，並描述本研究欲解決的問題與研究目的。



## **第二章 文獻回顧**

介紹室內定位的技術與方法，並針對光定位的相關方法與現今文獻進行探討。

## **第三章 LED 與 PD 定位方法**

詳細說明本研究如何利用 LED 與 PD 進行相對定位量測，並進行誤差分析。

## **第四章 最佳化**

建立針對組態與硬體參數的最優化問題，並提出一流程以針對不同量測情境與工況進行最佳化。

## **第五章 案例**

針對不同情境 ( Scenario ) 進行最佳化，提出最佳解並探討成效。

## **第六章 結論**

整理本研究之結果討論，並敘述後續研究之方向。



---

## 文獻回顧

---

[1]

本研究所探討情境下的量測方法有以下需求：有易於拆裝的量測單位與被量測單位，能夠快速進行拆裝、靈活應用於不同場域，而安裝完成後即可進行三維相對位置量測。為滿足靈活且易於安裝且能夠應用在不同場域的特性，需要有體積小、能耗低、所需校正步驟少、能夠使用於不同場域等特色。

因此，本章節先定義所謂相對定位，再介紹現有文獻的定位技術與方法，比較優缺點並凸顯「近紅外光定位」的優勢，近而針對本論文著重的「LED 與 PD 以近紅外光波段進行定位」的文獻進行探討，敘述此領域研究現況與困難。

### 2.1 相對定位定義

在開始進入文獻探討之前，需先以數學定義何謂本論文所欲量測之「相對定位」。首先，本論文所討論的情境為一量測物針對另一特定目標物進行相對位置的量測，如智慧工廠內的機械手臂欲取得與移動載具之間的相對關係，以利夾取搬運物品至載具上進行運送。

我們將取得相對位置的一方稱為量測者，如案例中的機械手臂；而量測者所欲取得相對位置的特定物體稱為目標物，如案例中的移動載具；兩者皆為剛體。因此，可以將量測者與目標物各自視為兩移動座標系，兩者在空間中各自有位置、旋轉的六個自由度，可以利用齊次座標轉換 (Homogeneous Transformation) 表示座標系之間的平移與旋轉

$$C = C \quad (2.1)$$

在空間中，任意座標系有六個自由度，包含位置的三個自由度以及旋轉的三個自由度，而任兩座標系之間的平移關係即為相對位置資訊。本論文研究目標為量測一觀測者對一被觀測者的相對位置，在此定義兩座標系分別為觀察者座標系與被觀察者座標系，兩座標系上各自裝載者傳感器與訊號發送器，觀察者座標系

上藉由傳感器量測被觀察者座標系上訊號發送器所傳送之訊號，計算出目標物座標系相對觀察者座標系的平移位置。

而無論是傳感器或是訊號發送器皆為固定。

其中無論觀測者或被觀測者皆為剛體，而傳感器與訊號發送器裝載於剛體座標系上。

首先從量測波段切入，縮小至光量測

比較光量測的不同方法，縮小至我在做的部分

進行這個領域的比較







---

# First appendix title

---

Open and edit [AppendixA.tex](#)



---

## 參考文獻

---

- [1] W. McCluney, *Introduction to Radiometry and Photometry 2nd ed: Title Page & Table of Contents*. 11 2015.