

# 國立台北大學通訊工程學系專題報告

## 乘載影像的光

### Light carrying images

專題組員:詹子揚、林義守、羅廣翔

執行期間:112 年 9 月 至 113 年 6 月

#### 1. 摘要

本專題將探討如何將影像訊號調變至光頻率上，實現光通訊系統傳輸的可行性，並運用所學知識了解其原理。過去我們學到的強度調變，將在本組專題中體現出來，我們選擇以紅外線雷射光作為載體，承載影像訊號經過一連串的調變、解調變，把影像順利輸出。

**關鍵字：**光通訊、強度調變、紅外線雷射光、解調變

#### 2. 簡介

##### 2.1. 本專題之研製背景

光通訊系統已成為現代通訊領域的一項關鍵技術，相較於其他傳統的傳輸方式存在更顯著的優勢，目前網路所使用的電訊號傳遞速度已達瓶頸，所以光纖通訊就成了目前最熱門的研究之一 [2]。其主要優點如下：

1. **極高的數據傳輸速度與巨大的頻寬：**光通訊系統通過光纖提供的傳輸速度可達到每秒數十到數百 Gbps，這比傳統銅線技術高出許多倍。這種高速率傳輸對於大規模數據傳輸、影像串流、雲端計

算(Cloud computing)等應用至關重要，能夠支援更多用戶和更高數據量的需求。

2. **低訊號衰減與長距離傳輸：**相比銅線，光纖在數據傳輸過程中的訊號衰減極低，使得數據可以在不需過多中繼增強的情況下進行長距離傳輸，這對於長距離傳輸所需的網路設備非常重要。
3. **低成本且低消耗：**在光通訊系統中，光訊號在光纖中傳輸的過程中無需能量轉換，因此能夠節省能源並減少能源浪費，這使光通訊系統成為現代通訊中能耗較低的一種選擇，有助於減少對能源的消耗，同時降低通訊系統的運營成本。
4. **較高的數據安全性：**由於光纖線並未處理電子訊號，因此在遠端無法偵測任何正在傳輸的資料訊號，若要從光纖中截取數據則需要物理接觸。相對於銅線，光纖更難被竊取資訊，這自然增加了通訊的安全性。
5. **優異的抗干擾能力：**光纖本身不導電，不受外部電磁干擾影響，

這使其在高電磁干擾環境下依然能夠保持穩定的數據傳輸。這對於要求高可靠性的應用（如金融服務、醫療系統等）來說，是一種不可或缺的特性。

## 2.2. 目標

本專題之總體目標是以紅外線雷射光來取代 RF(Radio Frequency)作為訊號載體，透過 FSO 光點對點的發送及接收來實現傳輸影像訊號的功能，最後再經由機上盒對電訊號解調變、設定符合 NTSC 調變之頻率來獲得影像之輸出，驗證光作為傳輸訊號的可能。

## 2.3. 主要預期效益

本組之預期效益是能夠將原始影像透過紅外線雷射光傳輸，實現影像光串流，最後透過實驗步驟(3)使外接螢幕能夠呈現訊號源所顯示的影像。

有鑑於以上優勢，我們認為光通訊是未來通訊發展重要之方向，不論速度、距離、資料量、安全性都是有線通訊無法比擬的，因此我們選擇實作「乘載影像的光」，將光作為載體取代 RF 進行強度調變，讓訊號載在光頻率上，最後再經由機上盒解調電訊號還原成影像，達成最終目的。

## 3. 專題進行方式

### 3.1. 人員配置與職責

	詹子揚	林義守	羅廣翔
器材購置	✓	✓	✓
調變雷射	✓	✓	✓
雷射對光	✓	✓	✓
計畫書製作	✓	✓	✓
報告海報	✓	✓	✓

## 3.2. 時程規劃

工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月
資料及文獻收集	✓									
影像類比調變實作		✓	✓							
類比+雷射調變實作				✓						
雷射對光實作					✓	✓				
調變完成進行解調							✓	✓		
成果驗證									✓	✓
電腦 HDMI 傳輸訊號調 變									✓	✓
電腦 HDMI 傳輸訊號解 調變										✓
進度累計百分比(%)	5%	15%	15%	30%	60%	60%	90%	90%	100%	100%

## 3.3. 整體分工合作架構

由於這是屬於實驗性質的專題，因此我們三個組員主要就是相互協助，有人擅長操作器材及接線、有人具豐富的工程知識，彼此互助互補以發揮最大效益，讓本專題能夠順利進行。

## 3.4. 實驗步驟

- (1) 首先主要測試 NTSC 調變器的功能是否正常。我們將筆電當作訊號源輸出到 NTSC 調變器 (HDMI 傳輸，接著轉成 AV 接到 NTSC 調變器)，再經由同軸電纜輸入至機上盒，而後再從機上盒透過 VGA 輸出至電腦螢幕，確認螢幕上是否有影像，由於我們的調變器是採用其 Channel 2 的 55.25 MHz，因此需調整至該頻率設定才會有影像產生。

- (2) 接著，我們將(1)的調變訊號進到

T型偏壓器的交流輸入端，設定11.5mA的雷射進到直流輸入端，於T型偏壓器中先行訊號耦合，輸出端為AC+DC，也就是訊號載在雷射上，之後將載有訊號的雷射光透過光偵測器(PD)轉為電訊號輸入至機上盒，再觀察螢幕上影像是否成功地顯示出來。

(3) 上述步驟完成後，我們開始進行雷射對光，該步驟將會花上許久時間，因為要讓雷射發射端不偏不倚地打進接收端。完成後加入介電質反射鏡，用來測試若傳輸距離增加是否也能傳輸成功。理想上11.5mA的雷射將產生-2.5dBm，而我們會需要使用放大器(EDFA)來增益雷射之功率，因此對光完畢後光功率器的理論值應為23dBm，測量值若等同理論值即代表雷射有完全射進去接收端，將EDFA拿掉即是理想中的功率-2.5dBm。

(4) 以上步驟完成，與步驟二相似，訊號進到T型偏壓器之AC輸入端，而對完光的雷射接收端進到DC輸入，在T型偏壓器中就會進行影像與光的串流，亦即將影像調變至光頻率上，再經過PD將光訊號降頻轉為電訊號回到機上盒進行解調變，電訊號中有55.25MHz的載波，設定頻率在55MHz左右即可將影像還原，亦即還原所謂的訊息訊號，影像被抽離出，輸出至螢幕。

由於對光實務操作上較為困難，很難完全讓發射端的光進到接收端，因此我們需要借助EDFA來放大其功率，而後在FSO那步驟控制我們接收到的

功率大小(大約是-1dBm)，所呈現的影像畫質較佳。

### 3.4. 主要困難與解決之道

遭遇的困難：

1. 實驗器材有損壞。
2. 操作層面上遇到瓶頸，像是無法準確對到光，達到雷射之理想功率值。
3. 實驗結果與理想上的差距

解決途徑：

1. 首先是原有的機上盒故障，於是我們網購一台新的機上盒；接著是光纖鏡面破損，導致輸出端的紅外光分成兩半，於是我們請教授購買新的光纖；最後是DVD播放器，由於它發生故障的時間已接近期末，因此我們臨時將DVD播放器改為電腦的HDMI傳輸訊號源影像。
2. 調整反射鏡角度，讓雷射盡可能地直射進接收端，微調雷射發射端的高度及角度，找尋發射及接收的最佳位置。
3. 絞盡腦汁與組員及教授討論，想最佳解決辦法使結果呈現完美。

### 3.5. 系統分析與設計摘要

使用電腦產生影片訊號，經由HDMI轉AV輸入(圖一)進入NTSC調變器(圖二)，將調變完成的訊號跟雷射訊號(圖三)於T型偏壓器(圖四)結合進FP-LD雷射(圖五)，由雷射射出紅外光訊號經EDFA(圖六)放大，放大後的訊號由發射端(圖七)經介電質反射鏡(圖八)反射進入接收端(圖九)，接收到的紅外光訊號由PD(圖十)還源成電訊號，電訊號進入機上盒(圖十一)解調變為影像訊號輸入電腦螢幕。



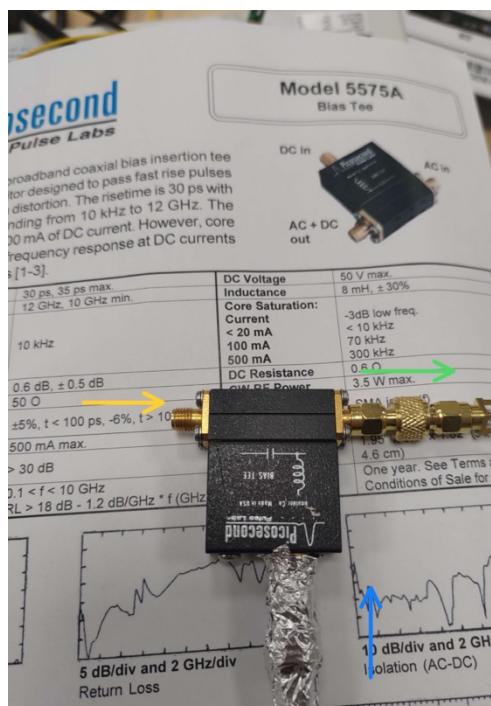
圖一：將影音輸入 HDMI(紅色箭頭)轉為 AV 訊號(黃色箭頭)



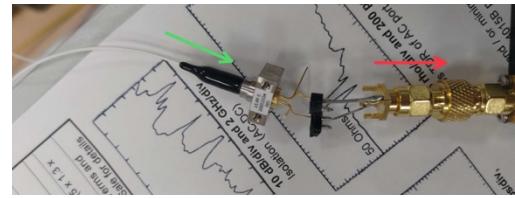
圖二：NTSC 調變器(將輸入的 AV 訊號載到 55.25MHz 頻段上)



圖三：雷射電流源，用來驅動雷射光子



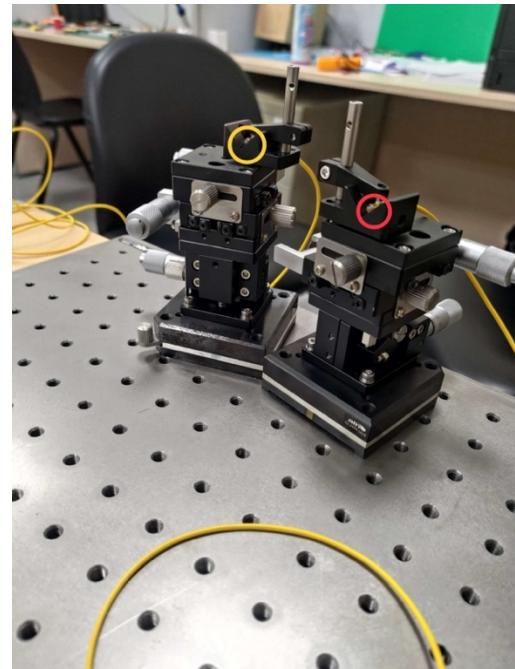
圖四：T 型偏壓器，將 AV 訊號(黃色箭頭)與雷射電流源(藍色箭頭)結合 RF 訊號 (綠色箭頭)



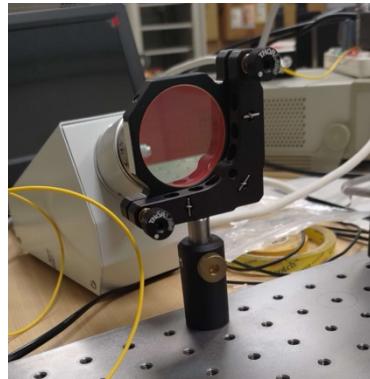
圖五：將 RF 訊號 (綠色箭頭) 經 FP-LD 調變為紅外光 (紅色箭頭)



圖六：EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier)，可放大紅外光功率



圖七：紅色圈圈為發射端，黃色圈圈為接收端



圖八：介電質反射鏡，將發射端發射的紅外光訊號反射給接收端



圖九：PD(Photo Detector)將紅外光訊號（黃色箭頭）解調為電訊號（藍色箭頭）



圖十：機上盒，將電訊號（藍色箭頭）解調為影像訊號（黑色箭頭）

#### 4. 主要成果與評估

##### 1. 預期完成之工作項目：

- (1) 資料及文獻收集
- (2) 影像類比調變實作
- (3) 類比及雷射調變實作
- (4) 雷射對光實作

(5) 解調變並觀測結果

(6) 整理實驗過程與結果撰寫報告

##### 2. 對於學術研究或其他應用方面預期之貢獻(對社會及環境的影響)

本專題「乘載影像的光」實現光通訊的應用層面，未來隨著通訊技術愈加成熟，6G時代的來臨勢必會加速光通訊之發展，而光通訊技術的進步也會改變人們的生活方式，降低時間與空間所造成的限制，帶來了更多便利。以我們的專題題目做延伸，可以應用到教室或會議室內的必需品——投影機，我們將不再需要HDMI的連接，只需透過光點對點的準確發射與接收即可有影像畫面，且由於光通訊系統高傳輸速率、長距離傳輸等優勢，對講求效率的現代人而言，是一大福祉，光通訊在現實生活中普及化是指日可待之事。

##### 3. 對於參與之成員、預期可獲之訓練

(1) 經過本專題的研究，我們可以習得無線光通訊技術之架構和關鍵技術深入之探討與訓練，包括分析量測紅外線雷射光的功率對應其毫安培數，及探究多少功率的雷射經調變解調能夠還原出訊號等。

(2) 傳輸系統架構，對理論與實作能有更深刻的了解。

(3) 透過實驗器具的操作，我們可以學習到光通訊之重要元件與各種儀器的原理及使用方法，使我們在實務應用上能有更堅固的基礎。

## 5. 結語與展望

通過這次的專題「乘載影像的光」，我們了解到如何實際將影像訊號經 AM 調變後透過紅外光傳輸，而不只是透過軟體跑模擬或理論推導。我們不僅驗證了理論的可行性，也獲得了珍貴的實際操作經驗。尤其是實驗中的 FSO，這是透過光在自由空間中傳輸數據的技術，在平常上的實驗課所模擬的訊號都是電訊號，而透過電路傳輸的電訊號能量會隨著傳輸距離增加而減少；我們將訊號改為用紅外光傳輸後，即可減少隨著傳輸距離增加造成的號能量的衰減，而要透過 FSO 傳輸光訊號，就要將發射器與接收器精確對準以確保光束的有效傳輸，這個步驟是我們印象最深刻的部份，因為以前從來沒有接觸過相關的光傳輸實驗，所以在對光時花了非常多的時間去熟悉。

此專題「乘載影像的光」中，我們透過紅外光作為載波傳輸訊號並成功解調出影像。這不僅驗證了紅外光在光通訊領域中的有效性，也為進一步的應用探索奠定了堅實的基礎。

2024 年 NASA 透過靈神星軌道器 Psyche 進行的紅外光雷射通訊實驗。紅外光傳輸資料不僅可以在星際間傳輸，實驗結果也展示了紅外光在遠距離傳輸上仍可保有高傳輸速率，這對於未來在太空的發展具有重要意義；而我們做的其實原理與 NASA 做的實驗沒有太大的差異，只是 NASA 傳的距離非常長。

2022 年，SpaceX 的「Starlink 衛星星座計劃」開始利用雷射光進行衛星間的通訊（Laser Inter Satellite Link, LISLs），因為光在太空中的傳播速度比在光纖中快約 30%，因此，未來要更快速的通訊是必要仰賴類似於 Starlink 的光通技術，而這也是光通訊在未來有望成為發展的趨勢之一。而 2021 年年中，Starlink 在真空中以光速傳輸信號，比起經由地面站透過光纖網路，信號延遲可降低 50%。此外，當前技術可以有效控制雷射光束的精度，從而大幅增加通訊頻寬，比起我們現在一般的通訊方式，光通訊的潛力更為顯著。在網絡提供的頻寬有限、數據需求量持續增長的情況下，光通訊技術是解決通訊壅塞問題的關鍵。

「乘載影像的光」不僅增進了我們對光通訊的理解和應用，也為未來通訊技術的創新與發展提供了新的方向。我們期待在光通訊領域繼續探索和創新，為科技進步貢獻力量。

## 6. 銘謝

本專題感謝學校提供完善的實驗室，以及組員間的努力，還有教授耐心的指導，才能順利完成本專題實作。

## 7. 參考文獻

- [1] 蘇裕翔，“日本無線光通訊網路發展現況”光連：光電產業與技術情報, 47, 62-64, Sept. 2003.  
doi:10.29664/Optolink.200309.0015,  
To link to this Article:  
<http://dx.doi.org/10.29664/Optolink.2>

## 00309.0015

[2] 林昆誼;羅景瀚;程達隆,“光通訊資料分配技術”2008 資通技術管理與應用會議 , 306-315, Dec. 2008.  
doi:10.29649/ZTJSGL.200812.0306

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.29649/ZTJSGL.200812.0306>

[3] “Detailed technical explanation

of the principle and adjustment method of optical fiber amplifier - daily headlines ” (2014, August 17). Retrieved March 18, 2024, from <https://kknews.cc/tech/qemak4y.html>

[4] 黃國華,“「星鏈計劃」(Starlink) 現況,” - CASE 報科學.[Online]. Available: <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=41187>. [Accessed: Jun. 1, 2024].

