



淺談光無線通訊之應用

筆者/張翔璋

提要

- 一、全世界的資訊網路流量正急遽的成長，每個人一天使用的流量不斷地攀升，人民對於網路連線品質的要求越來越嚴格。WiFi(Wireless Fidelity，以下簡稱 WiFi)的安全性及傳輸速度漸漸地無法滿足人們的需求，就在這個時候光無線通訊技術脫穎而出。
- 二、可見光通訊技術(Visual Light Communication，以下簡稱 VLC)，經典的例子就是 LiFi(Light Fidelity，以下簡稱 LiFi)無線網路，透過發光二極體(Light emitting diode，以下簡稱 LED)燈具及 USB(Universal serial bus，以下簡稱 USB)專用無線網卡，以 LED 燈光為傳輸媒介就能使設備連上網路，除傳輸速率高外，也省去了耗時的架線流程，可利用於辦公環境及野戰指揮所架設等。
- 三、光學相機通訊(Optical Camera Communication，以下簡稱 OCC)，透過光學相機的滾動式快門效應，並利用光碼技術進行投射，接收端只要透過手機相機接收判讀資訊，實際應用的案例為展覽的展覽品資訊，本文將提及基於 OCC 技術，國軍可利用於部隊行軍時傳輸前方敵情等資訊。
- 四、可見光定位技術(Visual Light Position，以下簡稱 VLP)，利用 LED 燈光的指向性及區域侷限性，透過多個 LED 燈具來達到定位的效果，區分娛樂、健康、自動化及移動定位服務四個面向，本文將提及基於 VLP 技術，國軍可利於用彈藥庫、庫管單位或副供站等大型倉儲、賣場單位。
- 五、第五代行動通訊技術(5th generation mobile network，以下簡稱 5G)具有高傳輸速率、低延遲的特性，搭配自由空間光通訊技術(Free Space Optical Communication，以下簡稱 FSO)，以 5G 通訊為基礎，將 5G 訊號透過光無線通訊轉換成光訊號，使用其在城市的各個角落傳播，建立無線通訊，使人們的交通及生活更便利更安全。智慧城市已經是未來趨勢，對於國軍而言，我們要做的就是先行擬定對策，已便日後可以順利銜接。

關鍵詞：5G、OCC、LiFi、VLC、VLP、FSO。

壹、前言

目前全世界的資訊正處於一個爆炸性成長的狀態，民眾對於手機的依賴程度愈高，相對的個人使用的網路流量便不斷攀升。根據 Allaccess 的統計資料，2021 年網路在一天之中每分鐘發生的事情其實超乎你我想像，其中較為知名的軟體如 Youtube 上傳約 500 小時的影片，Facebook 約 140 萬則貼文被瀏覽、

Instagram 約 69 萬則貼文被分享，約 2110 萬則簡訊傳送、約 41 萬 App 被下載、Netflix 約 2 萬 8 千個使用者正在觀看影片，通訊軟體約有 6900 萬則的訊息傳送等(餘詳如圖 1)。

圖 1、2021 年網路每分鐘的流量統計



資料來源：Lori Lewis, "Infographic: What Happens In An Internet Minute 2021",

<https://www.allaccess.com/merge/archive/32972/infographic-what-happens-in-an-internet-minute> (檢索日期:2021.05.21)

為了滿足爆炸性成長的資訊流量，連帶的通訊技術正已飛快的速度向前邁進，在 10 年間內已從第四代行動通訊技術(The fourth generation of mobile phone mobile communication technology standards，以下簡稱 4G)通訊邁向 5G 訊，5G 帶來的是更高的傳輸速度、低延遲性及廣連結性，使人們的生活更加便利。

光通訊技術原理早在西元前 800 年就已經開始使用了，當時是烽火來當作傳遞的訊號，後來才慢慢演變出日光反射、海上利用燈光明滅傳遞訊息。¹拜現代科技的發展及原有的基礎理論下，光無線通訊近 10 年間才得以迅速的發展，如可見光通訊的 LiFi 光無線網路、光學相機通訊(OCC)及可見光定位(VLP)等技術，在生活中的應用已有顯著的成效。就目前的發展趨勢而言，科學家正致力於室外的光無線通訊，其相關應用將在建立 5G 通訊的基礎之上，但目前仍有一些限制必須克服。本篇將淺談這些技術的原理，並提出一些可以運用在軍中的想法，以供為爾後新式裝備研發之參考。

¹ Eun Tae Won et al, "IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)", IEEE 802.15(2008):3-5.

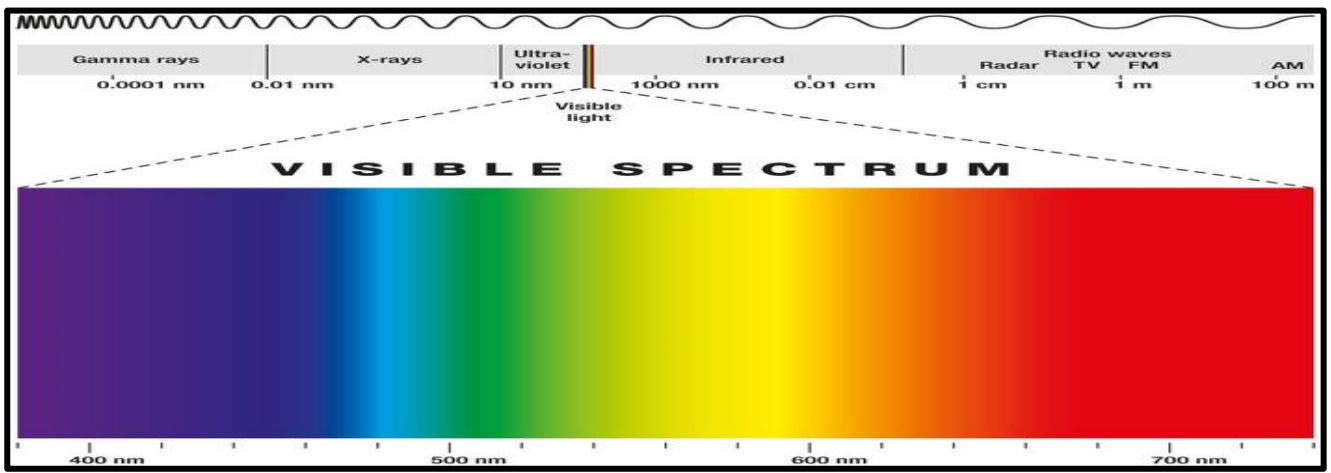


貳、技術簡介

一、可見光通訊(VLC)

可見光通訊是利用光波取代傳統無線射頻來傳遞訊號，不僅具節能效益，亦能確保高速資料傳輸以及網路安全，並能在禁止電磁波的環境下應用，對人體也較無傷害，也同時解決無線頻譜不足的問題，可見光的頻譜較無線電頻譜大 10,000 倍。²可見光顧名思義指的是看得見的光，其包含紅光、白光、藍光……等各種顏色的光。他們的差異在於波長的不同，可見光的波長範圍介於 400nm (750THz) 至 700nm (428THz)之間(圖 2)。

圖 2、可見光光譜圖



資料來源：高崇文，〈週期表背後的科學家(二)光譜學家們〉，《物理雙月刊》，

https://pb.ps-taiwan.org/catalog/ins.php?index_m1_id=2&index_id=454 (檢索日期:2021.05.21)。

LiFi 無線網路便是以可見光通訊技術為原理，以光作為傳遞媒介。LiFi 的原理是在 LED 裝設一個微晶片，控制 LED 每秒發出百萬次以上明滅閃爍，以 LED 的明滅來代表電腦二進制的 0、1，例如 LED 亮代表 1，LED 滅代表 0，如此便可以透過 LED 明滅閃爍取代數位訊號傳遞資訊。由於 LED 的發光強度強且閃爍速度極快，因此人眼無法察覺，對於眼睛不會造成傷害。美國電子電機工程師學會(The Institute of Electrical and Electronics Engineers，以下簡稱 IEEE)也為此訂定新的通訊標準 802.15.7。³通資設備裝置 LiFi 接收器來匯入這些閃爍訊號就能達到無線通聯目的，目前著名的研發廠商有昕諾飛(Signify)飛利浦的子公司，該公司目前致力於光無線通訊之研發，且實用性也有顯著的成效，也為美國軍方設計相關設備供美軍參考使用，後續在第三節將簡單介紹該公司提供美

² 《超滿公司》〈甚什是 LiFi〉，

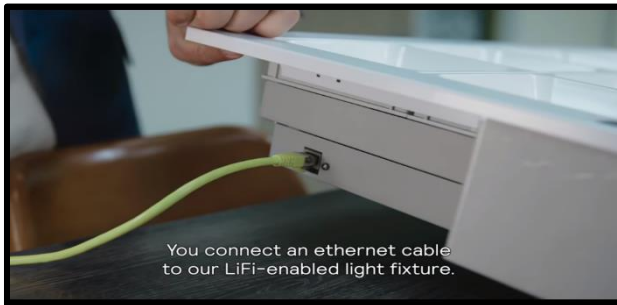
<https://www.supermoon.hk/chi/support/tool-resources/knowledge-hub/what-is-lifi>(檢索日期：2020.5.23)

³ IEEE, "IEEE 802.15.7-2018- IEEE Standard for Local and metropolitan area networks –part 15.7:Short-Range Optical Wireless Communication",
https://standards.ieee.org/standard/802_15_7-2018.html

軍的提案及於業界實際應用實例。⁴

在設備方面昕諾飛開發 LED LiFi 專用燈具及 LiFi USB 無線網卡(圖 3、圖 4)，只要將燈具接上網路線，並將 LiFi USB 無線網卡連接到電腦 USB 埠，即可完成無線連網，非常方便且省時，整個系統的架構圖如圖 5。

圖 3、LED LiFi 實體燈具外觀



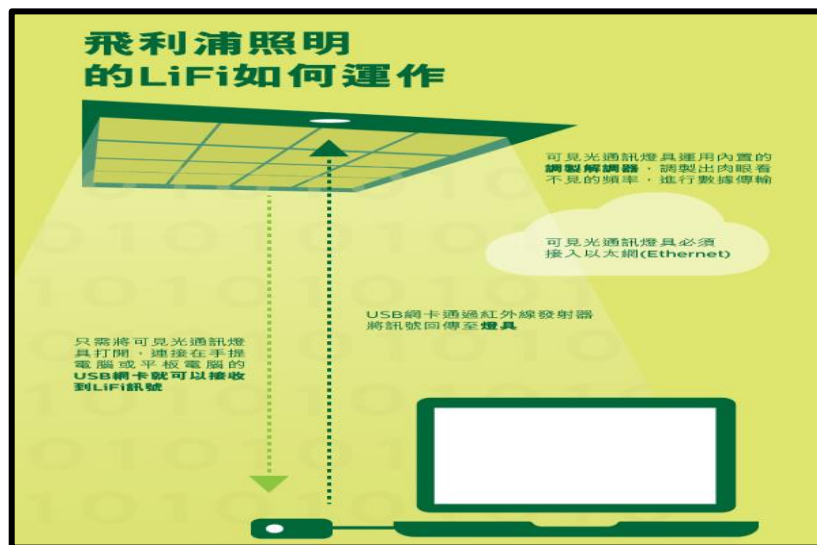
資料來源：翁芊儒，〈用光波上網的 LiFi 技術開始落地應用，昕諾飛光聚焦商用辦公室再進一步擴大推廣〉，《ITHome》，<https://ithome.com.tw/news/130216>(檢索日期：2021.05.28)

圖 4、LiFi USB 無線網卡



資料來源：翁芊儒，〈用光波上網的 LiFi 技術開始落地應用，昕諾飛光聚焦商用辦公室再進一步擴大推廣〉，《ITHome》，<https://ithome.com.tw/news/130216>(檢索日期：2021.05.28)

圖 5、LiFi 系統架構圖



資料來源：〈飛利浦率先推出 lifi 燈具及技術〉，《超滿公司》，https://www.supermoon.hk/chi/enewsletter/v002_2018/philips-lifi/(檢索日期：2021.06.12)

WiFi 同樣也是無線通訊技術，以無線電波作為媒介傳遞訊息，常見的 WiFi 頻率為 2.4GHz 及 5GHz，相對於 LiFi 而言，其頻譜範圍少，頻寬相對也會少很多，傳輸速率無法超越 LiFi。在安全性方面，因 WiFi 具有廣播的特性，在特定

⁴ Signify, "Secure high-speed data for government and defense", <https://www.signify.com/global/innovation/trulifi/government-defense>



範圍內無論敵我均能接收 WiFi 訊號。因此只要有心人士使用抓包技術，⁵破解 WiFi 其實相當簡單，僅須至購物網站購買 600 美元的 USB WiFi 網路封包接收器(圖 6)，透過攻擊套件解析 WiFi 密鑰，破密只是時間上的問題，最後綜整 WiFi 與 LiFi 的差異，並實施簡單的比較(表 1)。

1. LiFi 利用可見光的傳輸，速率達到每秒 10Gbps 以上，將 WiFi 遠遠拋在腦後，是 WiFi 所不能及的。
2. LiFi 的光訊號是不能穿牆的，因此為了有良好的連結與功能，必須在室內場所安裝多個 LiFi LED 燈具，並持續開啟 LED，不過相較於 WiFi 基地台開啟所損耗的能量是小很多的，意謂著對環境更加友善。
3. 有裝置 LiFi LED 燈具處所才有網路，在普及性上 LiFi 不如 WiFi。
4. LiFi 對物聯網將帶來鉅大的影響，傳輸速率高且連接的設備數更多。
5. LiFi 的安全性較 WiFi 高，因為光具有屏蔽性，只能在特定範圍使用，只要間隔一塊布或一道牆，其他人就無法接收訊號。研究顯示經反射的光訊號，傳輸速率仍達到每秒 70Mbps。⁶

圖 6、WiFi 網路封包接收器



資料來源：Raymond, "Best Compatible USB Wireless Adapter for Backtrack 5 , Kali Linux and Aircrack-ng",
<https://www.raymond.ccblogbest-compatible-usb-wireless-adapter-for-backtrack-5-and-aircrack-ng>
 (檢索日期：2021.06.22)

表 1、WiFi 與 LiFi 比較表

	WiFi	LiFi
傳輸速率	54-250Mbps	10Gbps 以上
使用範圍	20-100 公尺	10 公尺(以 LED 為例)
協定	IEEE-802.11b	IEEE-802.15.7
傳輸媒介	無線電波	光
頻帶	2.4GHz	200,000 GHz
功率損耗	高	低
花費	高	低
安全性	低	高

資料來源:作者自行整理

二、光學相機通訊(OCC)

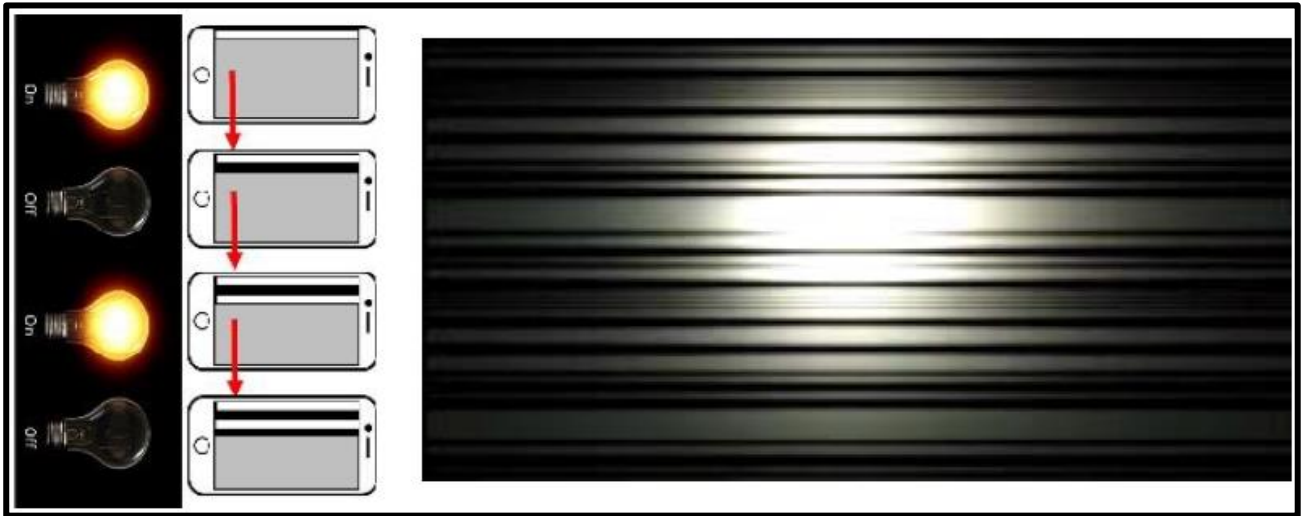
光學相機通訊係利用 CMOS 相機電子式快門造成的滾動式快門效應

⁵ 〈Linux 網路滲透如何使用 Aircrack-ng 系列工具進行 WPA/WPA2 的監聽和破解〉，《ITread》，
<https://www.itread01.com/content/1549495819.html>(檢索日期：2021.06.23)

⁶Mr. Prashant T Rayrikar et al, "Wi-Fi Technology Vs Li-Fi Technology", International Research Journal of Engineering and Technology Volume:03 Issue:05 (2016):3.

(Rolling Shutter Effect, RSE)來傳遞訊息(圖 7)。

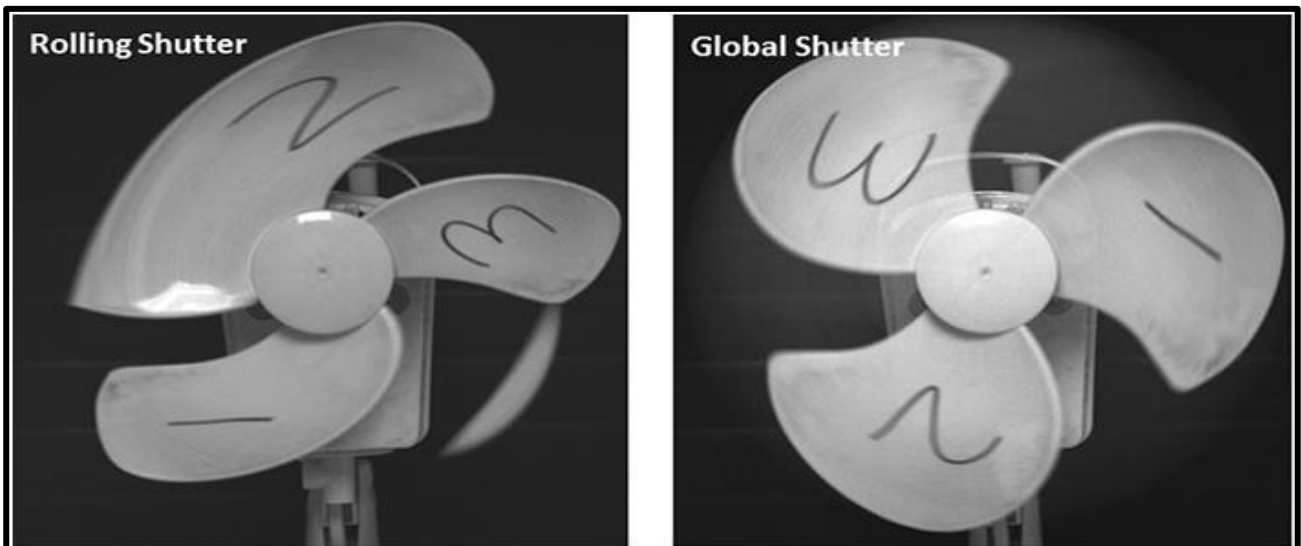
圖 7、LED 滾動式快門效應示意圖



資料來源：鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》(2020)，頁 16。

什麼是滾動式快門效應呢？這個現象對於大家來說並不陌生，大家是否曾經有過在使用手機相機錄影時發現，在錄製快速移動的物體時，被攝影像發生扭曲變形的情況，滾動式快門效應造成的原因是因為電子式快門，它的感光元件全時曝露於光線下，所以相機讀取第一行資料時，第二行至最後一行的資料也會隨攝影主體的移動而不斷變化，對快速移動的物體來說，因相機的最後一行資料會因物體的快速移動而變動，進而造成物體的扭曲。(圖 8)

圖 8、滾動式快門效應示意圖



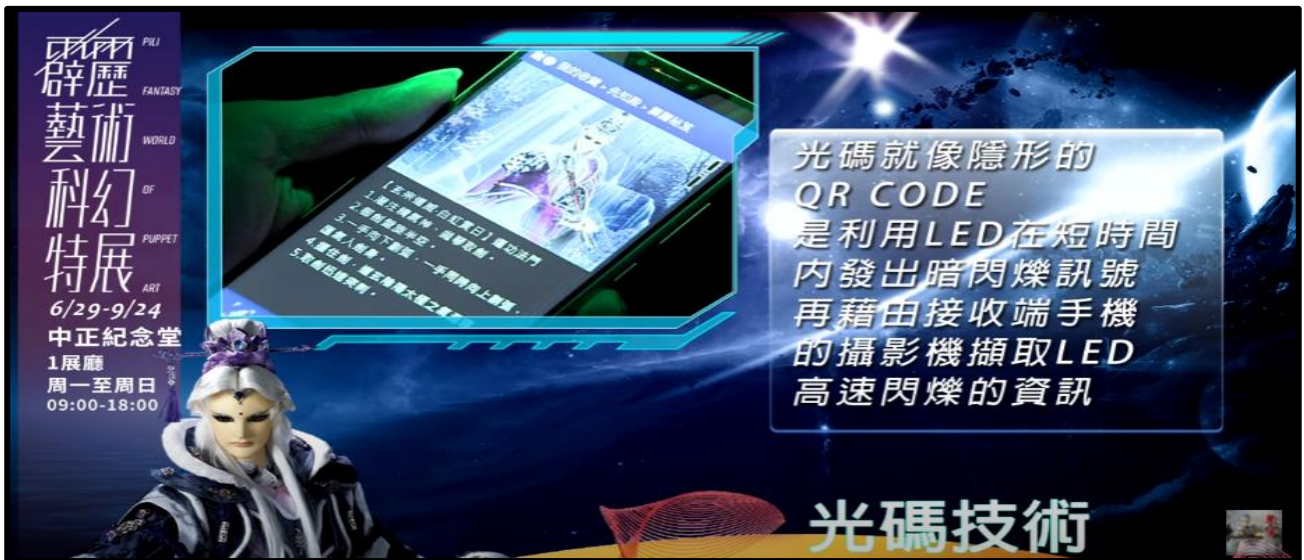
資料來源：Oxford Instruments, “How to choose a Rolling shutter and Global shutter camera mode”, <https://andor.oxinst.com/learning/view/article/rolling-and-global-shutter>(檢索日期：2021.6.13)

我們透過圖 7 的圖案可能發現一條條黑白相間的線，黑線代表 0，白線代表



1，透過讀取這些線條，我們就能傳遞網路訊息，目前工研院將其稱之為光碼技術，這項技術又有隱形 QR Code 之稱，主要應用於展場，廠商可將光碼訊號投射在畫作、人物或特定區域上，參觀的民眾只須將手機相機，對準所望物品，手機就會跳轉至相關介紹的網站，目前實際應用在展覽的廠商有霹靂布袋戲 107 年的展覽(圖 9)。

圖 9、霹靂布袋戲藝術科幻特展影片截圖



資料來源：〈中正紀念堂霹靂藝術科幻特展〉，《霹靂布袋戲》，https://youtu.be/z2zP2myRR_M(檢索日期：2021 年 5 月 25 日)

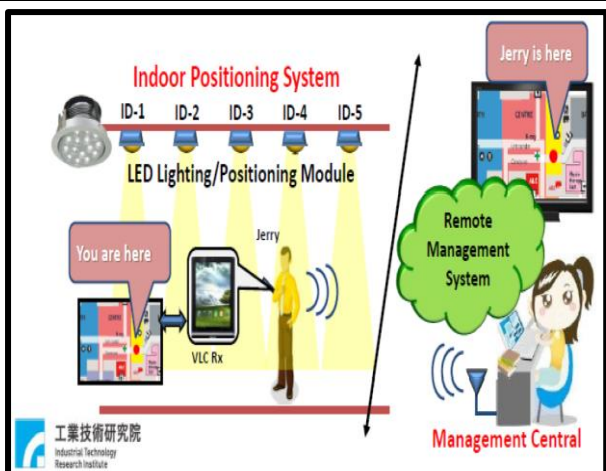
三、可見光定位(VLP)

可見光定位是利用 LED 照明的指向性與區域侷限性，透過室內空間內多個 LED 燈具鏈結來達到指示顧客與商品位置定位之目的(圖 10)，精度可達公分甚至是釐米，以目前最新的技術是結合機器學習。機器學習是人工智慧的分支，著重於訓練電腦從資料中學習，並根據經驗改進，而不是僅依照工程師撰寫的程式碼執行，機器學習會訓練演算法尋找大型資料集的模式及關聯性，並根據分析出的資料做最佳的決策及預測。機器學習程式會隨著使用資料的累積不斷地改善程式，累積的資料越多，準確度越高。⁷在本文中此技術是利用已知的三維空間定位做為資料集來讓電腦學習(圖 11)，經過學習後誤差可在 2.3 公分內⁸。VLP 其應用的層面也相當的廣，業內最常被應用的地方是賣場，透過定位系統得知消費者與商品位置，投放相關促銷廣告(圖 12)、商品資訊或導引消費者至商品位置(圖 13)，進而提升消費者消費意願。

⁷〈什麼是機器學習〉，《思愛普公司》，<https://sap.com/taiwan/insights/what-is-machine-learning.html>(檢索日期：2021 年 6 月 11 日)

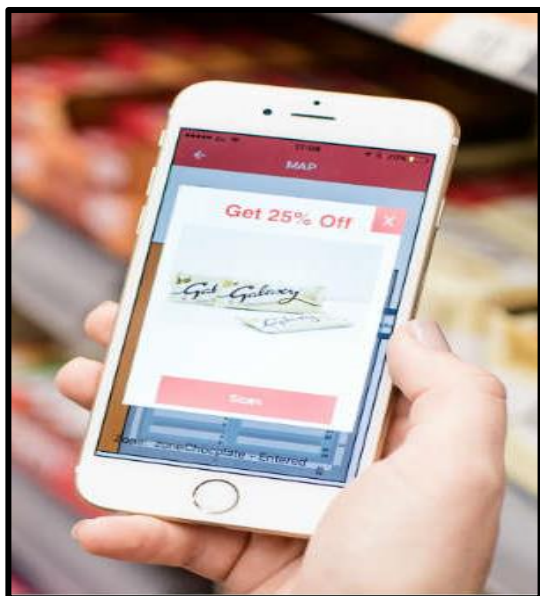
⁸ 鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》(2020)，頁 24

圖 10、室內定位系統概念圖



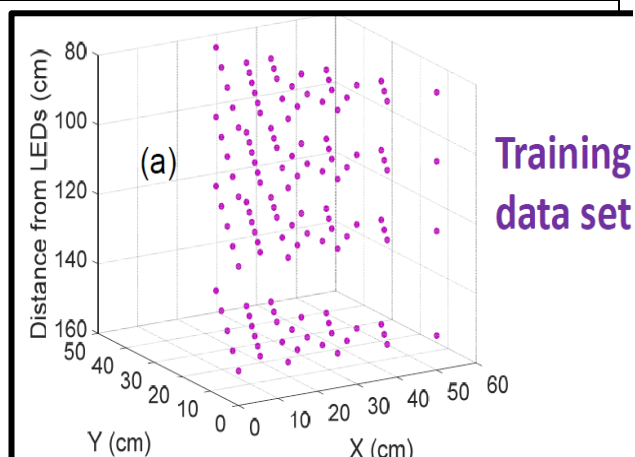
資料來源：鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》(2020)，頁 23

圖 12、VLP 定位投放促銷廣告示意圖



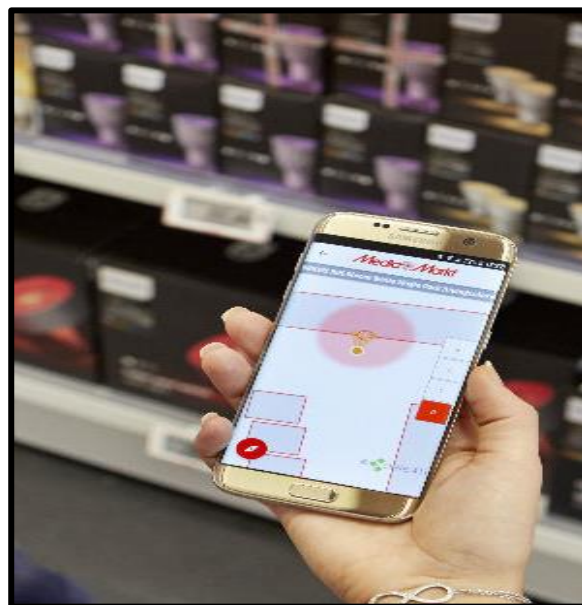
資料來源：〈aswaaq 適地性行銷〉，《Interact》，
<https://www.interact-lighting.com/zh-tw/case-studies/aswaaq>(檢索日期：2021 年 6 月 11 日)

圖 11、三維空間定位資料集座標圖



資料來源：鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》(2020)，頁 24

圖 13、VLP 定位賣場商品導航示意圖



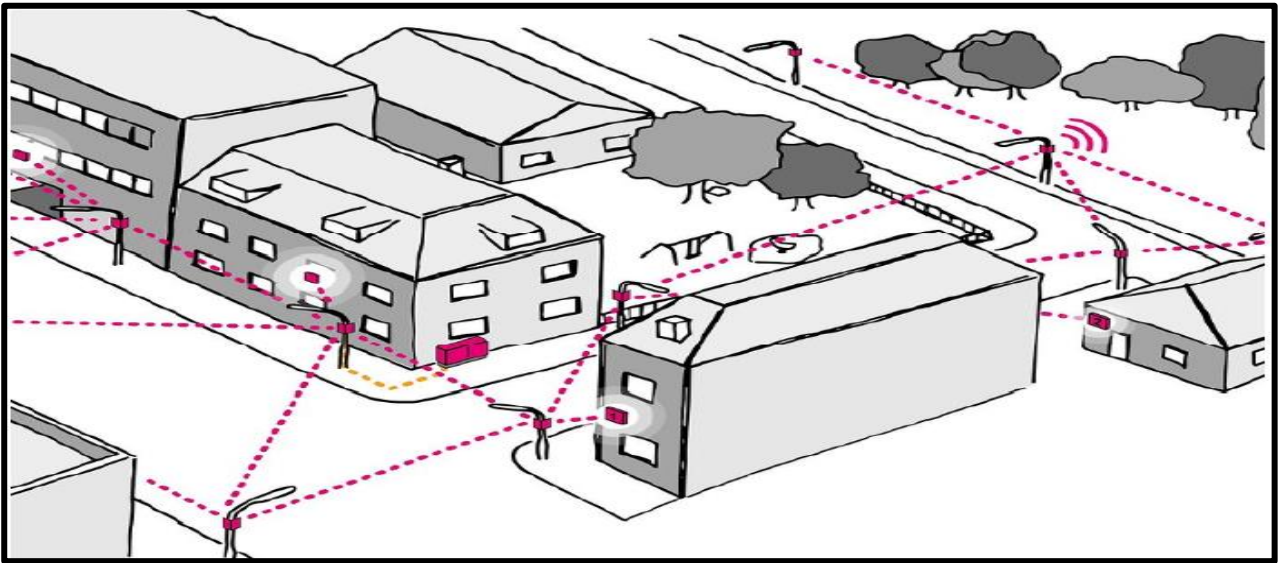
資料來源：〈適地性行銷-media market〉，《Interact》，
<https://www.interact-lighting.com/zh-tw/case-studies/mediamarkt>(檢索日期：2021 年 6 月 11 日)

四、自由空間光通訊(FSO)

自由空間光通訊的原理與可見光通訊技術原理大同小異，兩者之間的差別主要是可見光通訊著重於室內可見光通訊，自由空間光通訊著重室外光通訊，室外光通訊難度高在於光的散射、交通號誌及車輛燈光等干擾較室內光通訊多出許多，自由空間光通訊是以雷射光為主，除增加通訊距離外，也避免在傳輸期間受到干擾。自由空間光通訊主要是連結 5G 通訊系統，利用 5G 高傳輸速率、低延遲性的特性，將 5G 訊號轉換成光訊號傳遞(圖 13)。



圖 13、自由空間光通訊架構示意圖



資料來源：鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》（2020），頁 26

如上圖所示，路燈裝有 5G 通訊晶片及光通訊晶片，路燈接收 5G 訊號後，將其轉換成光訊號，並往其他路燈傳遞光訊號，以此建立光通信網。除此之外路燈也會將訊號送往道路上的載具，使其在行駛時能分享彼此的資訊，進而避免人員傷損的情事，而這項技術對於自駕車是非常有幫助的。綜整以上光無線通訊技術之特性，各項因素比較表如下。(表 2)

表 2、各式光無線通訊比較表

因素	可見光通訊	LiFi	自由空間光通訊	光學相機通訊
頻譜	可見光(VL)	VL/紅外線(IR)/紫外線(UV)	VL/IR/UV	VL/IR
發射	LED/Laser	LED/Laser	Laser	LED
接收	圖像二極體	圖像二極體	圖像二極體	光學相機
通信範圍	20 公尺	10 公尺	大於 10,000 公里	120 公尺
傳輸速率	10-100 Gbps	10-100 Gbps	40 Gbps	55 Mbps
安全性	高	高	高	高
天氣影響	中等	中等	高	低
可視通訊	室內可行，室外不可行	室內可行，室外不可行	不可行	可行

資料來源：作者自行整理

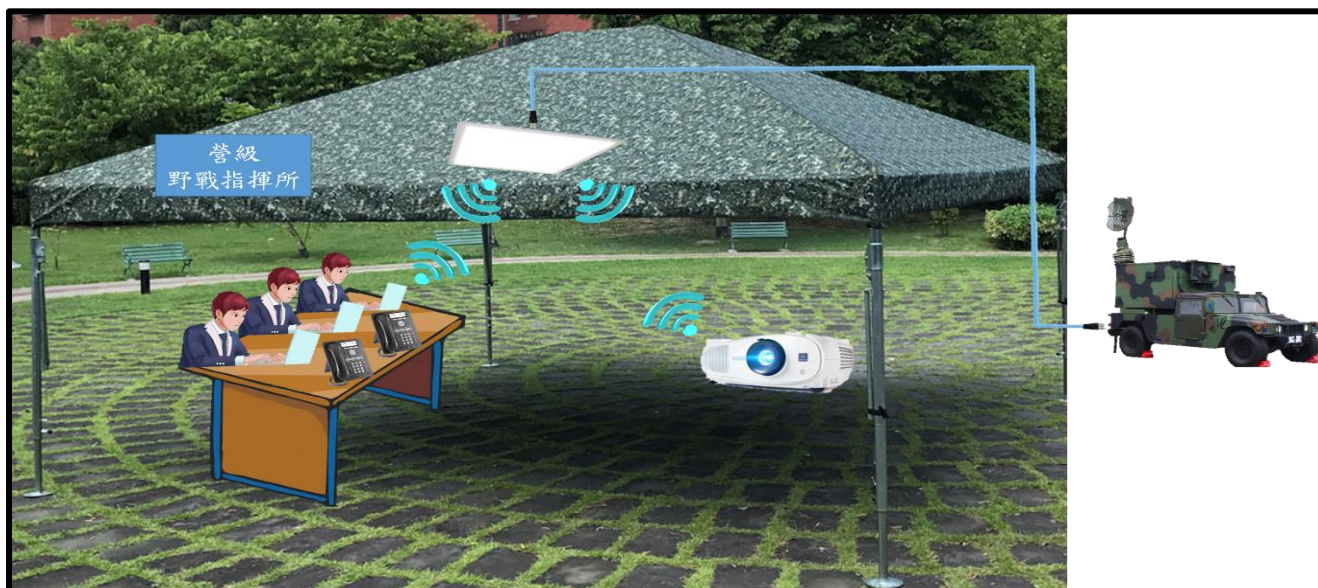
參、國軍技術應用構想

一、LED 可見光通訊(LiFi)之應用

(一)指揮所開設

部隊在戰演訓任務期間，通資部隊要做的第一件事就是架設指揮所通資線路及設備。如何迅速的完成指揮所架設，考驗著通信兵的架設能力。往往營級以上的指揮所需要架設軍網及網路電話 VOIP(Voice Over Internet protocol，以下簡稱 VOIP)，透過 LiFi 僅需架設一盞 LIFI LED 燈具並接上來自機動數位微波車的網路來源，再將電腦接上 USB 無線網卡即可。如此但可以減少架設線路的步驟，節約時間，也避免線路過多造成人員不便的問題。且依據上述提到的特性，LiFi 也具備抗干擾性及屏蔽性，只須將指揮所加上蓬布屏蔽 LED 光源，無關人員便無法接收訊號窺視機密資訊，也能在 LED 及 USB 無線網卡裝設密鑰，使得 LiFi 在使用上更加的安全，示意圖如下(圖 14)。

圖 14、營級指揮所配置示意圖



資料來源:作者自行繪製

(二)辦公室應用

營級以上的辦公環境均存在著大量的資訊設備與線路，而這些資訊設備都要使用網路，大量的網路線困擾著資訊人員維修及幕僚使用便利性，透過 LiFi 我們可以減輕辦公室線路雜亂問題，以及提升作業效率。

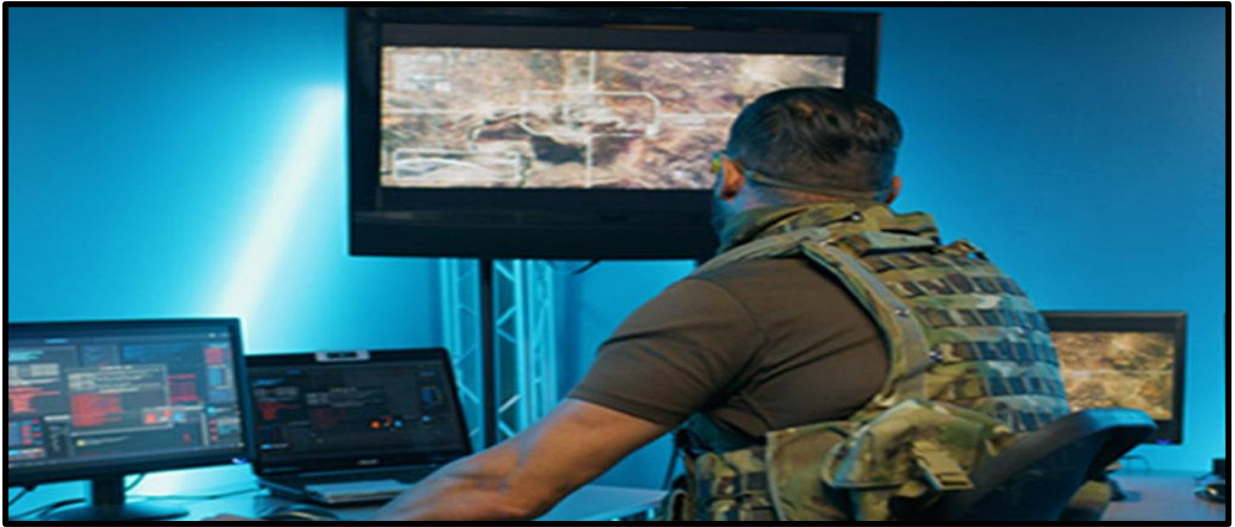
(三)昕諾飛提供美國軍方的方案

1. 禁用電磁波場域改用 LiFi 光通信

對於敏感性較高的裝備(因電磁波產生干擾)或彈藥庫(因電磁或靜電造成引爆)的地方，無法使用 WiFi 或是 4G/5G 通訊設備。解決方式就是透過 LiFi(圖 15)。



圖 15、美軍機敏場所設備連網示意圖



資料來源：同註 4

2. 快速建立野戰資傳系統

美軍部隊經常在人道主義援助和危機情況下執行任務(圖 16)，考量缺乏基礎設施的任務地區及獲得使用射頻頻譜的授權時間過長，難於短期內建立寬頻鏈結。LiFi 可以解決這個問題，LiFi 的授權是免許可的，而且 LiFi 還可以在無線電靜聽期間當作備援的通信手段，也能解決無線網路擁塞問題。

圖 16、美軍與國際組織協調示意圖



資料來源：同註 4

3. 保密安全的網路系統

LiFi 是一種以光為主的網際網路連結，在特定區域外是無法被干擾、攔截或追蹤的，因此在這個特性限制下，LiFi 提供了一個保密安全網路，在指揮所使用

LiFi(圖 17)，只能透過專用的 USB 密鑰訪問，這意味著軍方人員可以安全地保持連線狀態，除此之外他們還可以在 LiFi 覆蓋區域之間輕鬆走動連網。

圖 17、美軍於指揮所使用 LiFi 示意圖

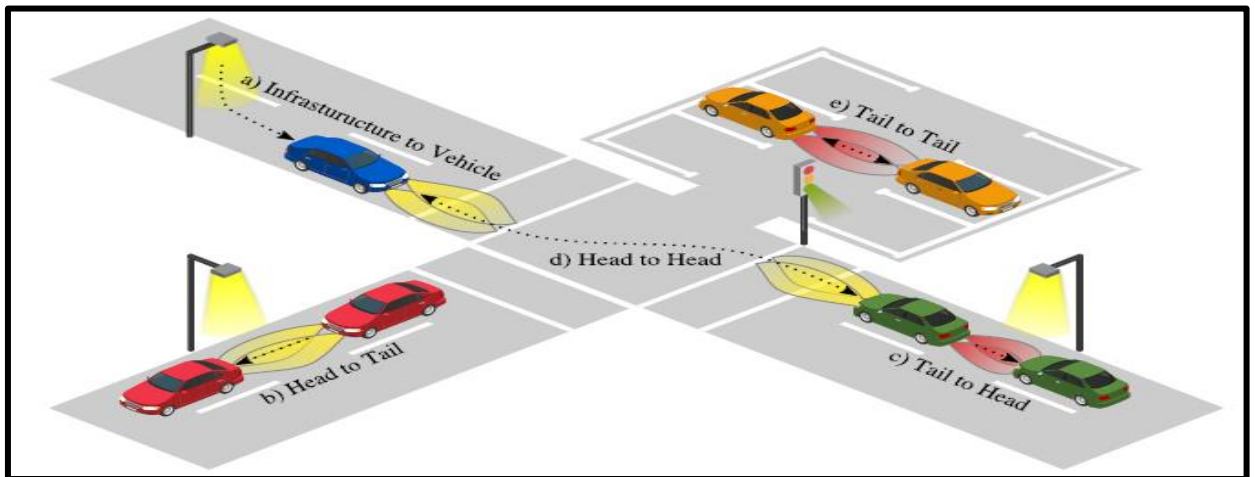


資料來源：同註 4

二、光學相機通訊技術應用

依據參考文獻外文期刊第 5 篇論文所提到可以在行駛的車輛運用這項技術，透過車後的 LED 燈來傳遞訊息，Vehicle-To-Vehicle(V2V)技術，⁹也能結合自由空間光通訊技術，Vehicle-To-Infrastructure (V2I)技術，¹⁰傳遞前後路況消息，使交通事故率大幅降低。(圖 18)

圖 18、V2V 及 V2I 技術示意圖



資料來源：Agon Memedi et al, "Vehicular Visible Light Communications: A Survey", IEEE Communications Surveys & Tutorials Vol.23 No.1(2021):3.

⁹ 〈車對車互連與無線通訊〉，《宸曜科技》，
<https://www.neousys-tech.com/tw/discover/fanless-in-vehicle-pc/vehicle-to-vehicle-communication>(檢索日期：2021. 6. 11)

¹⁰ 徐志偉、嚴育岱、蘇子翔，〈探索車聯網技術於 5G 關鍵應用〉，《工業技術研究院》，
<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messagess/contents.aspx?&MmmID=654304432061644411&CatID=654313611231473607&MSID=1035145375763347041>(檢索日期：2021. 6. 11)



對於國軍而言，可在軍用車輛前後方加裝收發裝置，並結合自由空間光通訊技術，藉路燈來傳遞敵情、路況等訊息，使作戰人員得以在行軍途中得知敵情及環境資訊，使戰術得以靈活運用。

三、可見光定位技術應用

這項技術目前在業界的應用相當廣泛，可區分娛樂、健康、自動化及移動定位服務四個面向(圖 19)，娛樂的部分為 VR(Virtual reality，簡稱 VR)及 AR(Augmented reality，簡稱 AR)，健康為環境輔助生活及醫院病人監控，自動化為居家掃地機器人，移動定位服務為大型賣場及大型倉儲。

圖 19、可見光定位技術應用示意圖



資料來源：鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》(2020)，頁 22

以業界應用實例作為參考，國軍可以應用的部分為軍醫院病情監控、副食供應站及各級彈藥庫(彈藥生產線)，可見光定位技術可以將 LiFi 及光學相機通訊 2 個技術整合在一起，如下所示：

1. 軍醫院病情監控

醫院病人監控可應用於國軍醫院，醫院病房因具有高精密設備，須減少手機等高幅射裝置使用，避免造成干擾儀器情事發生。因此可以在病房裝設 LiFi 網路，並搭配光碼技術結合病人資訊及查房系統將光碼打在病人病床，醫護人員只需要直接透過平板相機掃瞄病床，即可得知病人相關資訊，如病歷或個人資訊等，再透過 LiFi 線上登錄查房狀況，最後利用可見光定位技術，對病人的狀況實施監控，如此一來就能減少紙本使用，不僅環保，也能有效幫助醫護人員監控病人情況，增加醫療作業便利性。

2. 副食供應站管控

大型賣場，相對於國軍來說就是副供站，以筆者以往採購經驗，每次必須花費大量時間在尋找採購物品放置位置，或尋找大宗或小宗在賣場的什麼

地方。若能利用 LiFi 技術，在賣場建立 LiFi 系統，並結合光學相機通訊光碼技術，將商品資訊打在商品位置，再利用可見光定位技術，將商品定位並導航，如此一來採買人員就能依照採買單所需採買物品，透過手機來導航，找到物品後也可以利用相機來取得商品資訊，不但可以增加採買人員的採購效率，對於賣場管理人員，也能透過光碼系統來實施盤點，清楚掌握每項商品數量及定位，更加方便管理。

3. 各級彈藥庫及生產線

大型倉儲，相對於國軍來說就是各級彈藥庫或彈藥生產線，彈藥製造與庫儲為高危險場所，不能使用會產生幅射之產品，為避免造成引爆危險，可利用 LiFi 系統來建置彈藥庫內網路系統，再搭配光學相機通訊光碼技術，將彈藥資訊及清點系統打在特定位置上，最後再透過可見光定位技術定位彈藥儲放位置。彈庫管理人員透過平板實施彈藥清點及管理。各級彈藥庫方式建立起相關系統，便於庫管人員實施安全的清點及管理。

肆、結論與建議

近年來，通訊技術不斷的進步，所需的資料流量亦急遽地上升，人們不斷地追求高傳輸率、高安全性、低延遲性的網路品質，現今常見的通訊方式並不能同時滿足這些需求，此時出現了一項可以滿足上述需求的技術-光無線通訊。本文參酌業界成功案例，並提出相關想法供上級參考，對裝甲部隊而言，以往戰車機動期間僅依靠無線電實施通聯，常因行經城鎮期間受障礙物影響而導致通信品質不佳，透過光無線通信技術就能有效解決這個問題。結合國軍資傳系統或中華電信5G系統，利用V2V及V2I技術讓戰車可以在城鎮中接收光無線訊號，便可利用網路方式實施通話及利用網路傳遞戰場資訊，亦能透過光學相機通訊技術掌握前車車距及前方路況等訊息。光無線通信具有相當大的發展潛力，希望未來國軍建案可將光無線通信納入考量，為國軍建立更優質、便利、安全的作戰與網路環境。



參考文獻

中文部分

一、期刊論文

- (一) 鄒志偉，〈光無線通訊之應用〉，《國立陽明交通大學資訊學院專題講座》。2020 年 10 月。

二、網際網路

- (一) 高崇文，〈週期表背後的科學家(二)光譜學家們〉，《物理雙月刊》，https://pb.ps-taiwan.org/catalog/ins.php?index_m1_id=2&index_id=454 (檢索日期:2021.05.21)。
- (二) 翁芊儒，〈用光波上網的 LIFI 技術開始落地應用，昕諾飛光聚焦商用辦公室再進一步擴大推廣〉，《IThome》，<https://ithome.com.tw/news/130216>(檢索日期：2021.05.28)
- (三) 〈飛利浦率先推出 lifi 燈具及技術〉，《超滿公司》，https://www.supermoon.hk/chi/enewsletter/v002_2018/philips-lifi/(檢索日期：2021.06.12)
- (四) 〈Linux 網路滲透如何使用 Aircrack-ng 系列工具進行 WPA/WPA2 的監聽和破解〉，《ITread》，<https://www.itread01.com/content/1549495819.html> (檢索日期：2021.06.23)
- (五) 〈什麼是機器學習〉，《思愛普公司》，<https://sap.com/taiwan/insights/what-is-machine-learning.html>(檢索日期：2021 年 6 月 11 日)
- (六) 〈aswaaq 適地性行銷〉，《Interact》，<https://www.interact-lighting.com/zh-tw/case-studies/aswaaq>(檢索日期：2021 年 6 月 11 日)
- (七) 〈適地性行銷-media market〉，《Interact》，<https://www.interact-lighting.com/zh-tw/case-studies/mediamarkt> (檢索日期：2021 年 6 月 11 日)
- (八) 〈車對車互連與無線通訊〉，《宸曜科技》，<https://www.neousys-tech.com/tw/discover/fanless-in-vehicle-pc/vehicle-to-vehicle-communication>(檢索日期：2021.6.11)
- (九) 徐志偉、嚴育岱、蘇子翔，〈探索車聯網技術於 5G 關鍵應用〉，《工業技術研究院》，<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messages/contents.aspx?&MmmID=654304432061644411&CatID=654313611231473607&MSID=1035145375763347041>(檢索日期：2021.6.11)

外文部分

一、期刊論文

- (一) 2021/6/25. Eun Tae Won et al, "IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)", IEEE 802.15(2008)。
- (二) 2021/6/23. Moh. Khalid Hasan et al, "Optical Camera Communication in Vehicular", IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, (2021)
- (三) 2021/6/23. Puxi Lin et al, "Real-time visible light positioning supporting fast moving speed", Optics Express Vol. 28, No.10(2020)

- (四) 2021/6/23. Weijie Liu and Zhengyuan Xu, “Some practical constraints and solutions for optical camera communication”, Phil. Trans. R. Soc. A 378(2020)。
- (五) 2021/6/23. Agon Memedi et al, “Vehicular Visible Light Communications: A Survey”, IEEE Communications Surveys & Tutorials Vol.23 No.1(2021)
- (六) 2021/6/23. Mr. Prashant T Rayrikar et al, “Wi-Fi Technology Vs Li-Fi Technology”, International Research Journal of Engineering and Technology Volume:03 Issue:05 (2016)

二、網際網路

- (一) 2021/5/21. Lori Lewis, “Infographic: What Happens In An Internet Minute 2021” , <https://www.allaccess.com/merge/archive/32972/infographic-what-happens-in-an-internet-minute>
- (二) 2021/6/22. Raymond, “Best Compatible USB Wireless Adapter for Backtrack 5 , Kali Linux and Aircrack-ng” , <https://www.raymond.ccblogbest-compatible-usb-wireless-adapter-for-backtrack-5-and-aircrack-ng>
- (三) 2021/6/13. Oxford Instruments, “How to choose a Rolling shutter and Global shutter camera mode” , <https://andor.oxinst.com/learning/view/article/rolling-and-global-shutter>



筆者簡介



姓名：張翔瑋

級職：上尉教官

學歷：陸軍官校資訊系104年班

陸軍通信電子資訊訓練中心軍官正規班107年班

經歷：排長、組長、營通信官、教官

電子信箱：

軍用：army104008602@army.mil.tw

民用：winterdom.pcs09g@nctu.edu.tw