

What's fun in EE

臺大電機系科普系列

生活在都市的通信多工技術

賴以威／臺大電機系 2004 級系友

我熱愛運動，在沒有活動空間的捷運裡也不得閒，拼命滑動手指上網。

然而訊號不良，怎麼也連不上網，「上網吃到飽」的電信方案被嘲諷成「帳單吃到飽」，不僅很恰當，反而讓人覺得不被這麼嘲諷才奇怪吧。

我往行車的相反方向走去，試圖減少都普勒效應，或許可以提升信號品質，奈何依然徒勞，手機開始發熱變成暖暖包，不成材一點，上不了大螢幕的變形金剛大概也就是這樣吧。

沒辦法用手機的我，只好將視線轉向車廂內的乘客。

現在作息不固定，每天搭車的時間都不一樣。以前大學時代，常常可以在車上看到熟面孔：第二節車廂有一位看輕小說的女大學生；石牌站會上來一位在民權西路站就下車的粉領族，每次一上車就開始補妝；星期三會遇到一位外文系的女孩，只要我夠厚臉皮，就能跟在她身後，一路走到普通大樓。

然而就算楚掌握住對方的行程，我從來沒跟捷運上的任何一位陌生人有任何交集。這是生活在都市的代價。

摩肩擦踵生活的都市人，從不輕易開口與陌生人交談，我們好比空氣中數不清的無線電磁波，漫射到各個方向，卻不曾互相干擾。你在講電話時，不會忽然傳來旁邊陌生女孩跟男朋友吵架的內容；你在教室偷偷用手機看漫畫時，也不用擔心老師的手機會不小心顯示出你看到哪一頁了。

能讓眾多使用者能同時傳輸訊號，彼此不受干擾的無線通信技術，無線通訊中稱之為 multiple access（多工技術）。這些多工技術利用了不同的時間、不同的頻帶，讓不同的使用者能同時通信，就好比成千上萬的都市人，在不同時間、不同地點生活，不受彼此干擾的活在這座城市裡。

分時多工（time-division multiple access, TDMA）：

早上七點的捷運是低頭念書，或睡到嘴巴微開的高中生；八點是玩手機的上班族跟抱著原文書趕九點課的大學生；九點多是準備去大醫院回診的阿公阿嬤，十點

多是換好制服，還沒別上名牌的專櫃小姐；接近中午，捷運空蕩蕩的，只剩下穿著西裝的業務低頭整理資料。下午四點，一切又從學生輪迴起。

不同的時間給不同的人使用，捷運是分時多工的最佳例子。

醫生看病人是分時多工、去飲料站排隊買飲料也是分時多工。

分頻多工 (frequency-division multiple access, FDMA) :

我常覺得台灣大學外圍有一層隔絕噪音的隱形防護罩，從公館的正門走進來沒幾步，外面馬路的喧鬧聲便消失得無影無蹤，雖然學校裡還是很吵，但那是屬於學生的、青春的聲音：社團展覽的叫賣，等等要不要翹課的討論、巧遇朋友的招呼、躲避忽然跳下腳踏車的緊急剎車。

先前有人做過研究，發現人們在都市生活時，步伐會比在鄉下生活時要快上許多。甚至，光拿信義區跟北投區比（扣掉北投賣紅茶的不算，他們生意好到每次封裝杯口都得用衝刺的），兩個地方很明顯走路的速度就不同。信義區是上班族，中山區是文青，大安區是天龍國，北投區是觀光客。

不同的區域（頻帶）給不同人使用，就是分頻多工。

分碼多工 (code-division multiple access, CDMA) :

我們每天總會遇到些尷尬的時候。好比男生有時候得跟一堆男生一起面向同一個方向，面無表情瞪著牆上磁磚的接縫，彷彿要瞪出個洞來似的（真的瞪出洞來看到女廁，那還得了）。又或著去補習班時，趕在電梯關上門的最後一刻衝進去，邊請裡面的人稍微挪一下，邊低頭擺出「抱歉抱歉，不過大家應該都能理解我的苦衷吧」的表情，這也很尷尬。

在這種時間、空間都與眾多陌生人共用的情況下，我們感覺不舒服，但依然能保有個人獨立性，不用與人交談，這一切都是歸功於

「我跟你又不認識，我們的生活是正交（註一）的。」

在「分碼多工」中，每位使用者拿著一串密碼，好比陌生人不知道你的球鞋是找了三間店才找到的限量款、T-shirt 是跟死黨一起買兩件打折的、手錶是十五歲一直帶到現在的生日禮物、書包上的徽章是一年前分手的她留下的紀念品。「分碼多工」中，對使用者來說，其他人手中的密碼是一串任意組成的亂數，不具有任何意義，如同對電梯裡的其他乘客來說，你身上的一切，都不會引起他的注意。

但對你而言，身上的每件東西都是寶物。

也只有當了解你生活的人，才會一見面就說

「吼，你還背這個包包？你當你在拍陳奕迅『你的背包』MV 噢。」

握有同一組密碼的人才能交談，這就是分碼多工。

通信技術，原理其實也沒那麼難對吧。

註一：正交是指 A 與 B 的關係如同直角三角形夾直角的兩邊，表示 A 與 B 彼此垂直，沒有任何投影分量。簡單來講，正交的意思就是 A 與 B 一點關係都沒有。拖很久想分手的情侶檔如果真的決定再分手炫耀自己知識時，不妨這樣說

「我們之間已經正交了。」

缺點是要是他聽不懂，你得重新解釋。但要是他聽得懂，你可能會意外發現原來另一半這麼有涵養，又捨不得分手了。