

通訊技術--什麼是 TDMA，FDMA，CDMA

邱茂清

暨南大學電機工程系

mcchiu@ncnu.edu.tw

<http://www.ncnu.edu.tw/~mcchiu>

在通訊技術領域會碰到眾多使用者同時要透過同一媒介進行通訊的情況，而 [TDMA](#)，[FDMA](#)，及 [CDMA](#) 技術是為了要解決這些問題而發展出來的。例如目前的行動電話系統是將所有地域劃分成多個小區域，而每個區域置放一個基地台。在這個基地台電波的涵蓋範圍，容許很多使用者同時與基地台進行無線之通訊。而這種同時溝通之技術稱為多重存取技術(multiple-access technique)。這種技術亦普遍的應用於目前的網路系統，例如很多部電腦要透過同一線路(可以是電線或光纖)進行通訊，很明顯的，如果每個電腦都不管別的電腦而各送各的訊號，則收到的訊號會全部重疊而無法分辨訊號之來源。因此必須要有這方面的技術來處理這些複雜的溝通。

我常常喜歡用人們以聲音溝通的例子來解釋這些多重存取技術。原因是聲音的傳播與無線電波、光線或電子在線路的傳播物理意義上是一樣的。當一個人要與另外一個人以聲音溝通時，經由該人的喉嚨發聲而將音波傳到空氣中，另外一人收到聲音後便可加以辨別其意義。但是當多人要同時溝通時，空氣中的音波會變的很吵雜，以致於讓聽者無法分辨聲音從何處而來及它所代表的意義。因此最好的方法是制定一套發言的標準，使得每個人要發表的意思可清楚的傳達。這些技術事實上只用於數位傳輸，也就是要把代表 0 或 1 的訊號傳送給其他接收者。但是為了舉例方便，我們不侷限於使用數位傳輸來解釋這些技術。以下就各項技術作進一步說明：



CDMA 行動電話

一、 **TDMA 技術**：英文全寫是 [Time-Division Multiple Access](http://www.zdwebopedia.com/TERM/T/TDMA.html)(<http://www.zdwebopedia.com/TERM/T/TDMA.html>)，中文翻譯成**分時多工存取**。以聲音溝通為例，顧名思義，TDMA 技術是將每個發言者發言的時間錯開。也就是同一時間只能有一個人發言，如此發言者的聲音便不會受到干擾，並可清楚的傳達。以行動電話系統比喻為一般的開會場合。行動電話基地台可以比喻為主席，而行動電話使用者比喻為參與開會者。當很多人同時要發言時，主席可分派每個人發言之順序及時間，而每個發言人依分配之時間進行發言，如此便可避免開會常有的吵雜情況。當然在使用行動電話時，使用者並不會有分時發言的感覺，原因是這種分時切換的頻率很快，而且聲音經由數位壓縮後，只要很短的時間就可將代表某一時段的聲音訊號傳送出去，而其他的時間則分配給其他的使用者。此項技術被應用於目前之 [GSM](http://www.gsmdata.com/)(<http://www.gsmdata.com/>)行動電話系統及部分之衛星通訊系統。

二、 FDMA 技術：英文全寫是 [Frequency-Division Multiple Access](http://csd.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Hall/fdma.htm)(<http://csd.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Hall/fdma.htm>)，中文翻譯為**分頻多工存取**。以收音機為例，很多電台要同時將訊號以無線電廣播，因此在空間上所有訊號是混在一起的。但利用分頻技術，每個電台使用之廣播頻率是分開來的，例如 ICRT 使用 100.1Mhz 而警廣使用 105.1Mhz，因此在收音機上便可利用濾波器(filter)調整而將某個你想聽的電台代表的一段頻率取出並濾掉其他之頻率，此訊號再加以解調產生聲音訊號。真正的 FDMA 技術是將每個發送端的數位訊號調變到不同的頻率，而接收端則將欲接收訊號以濾波器濾出，再還原為數位訊號。類似技術被採用於舊式的行動電話系統(AMPS 系統)，但是由於其系統真正的通訊量不佳，因此漸被淘汰。

三、 CDMA 技術：英文全寫是 [Code-Division Multiple Access](http://www.ee.mtu.edu/courses/ee465/groupe/index.html)(<http://www.ee.mtu.edu/courses/ee465/groupe/index.html>)，中文翻譯為**分碼多工存取**。為了簡化討論起見，我們以電腦為例。在過去，每架電腦都送出 0 和 1，現在不同了，在 CDMA 技術下，每架電腦送 1 和 0 的 code (碼) 不一樣。我們假設有兩架電腦 A 和 B，我們可將 A 和 B 有關 1 與 0 的碼規定如下：



	1	0
A	(+1, +1)	(-1, -1)
B	(+1, -1)	(-1, +1)

讀者可看出一個基本的規則，那就是有關 1 的兩個向量(+1, +1), (+1, -1)的內乘積是

$$\begin{pmatrix} +1 & +1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +1 \\ -1 \end{pmatrix} = 1 - 1 = 0$$

這是 CDMA 的一個基本要求。一旦有了這個基本要求，接收機收到訊號時，就可以分辨出一架電腦究竟發出的是 1 還是 0 了。假設 A 發出 1，而 B 發出 0，即 A 發出的是(+1, +1)而 B 發出的是(-1, +1)，兩個向量和

$$\begin{pmatrix} +1 & +1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1 & +1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 2 \end{pmatrix}$$

接收機因此收到(0, 2)。我們將(0, 2)和 A, B 有關 1 的兩個向量(+1, +1), (+1, -1)作內乘積，如果結果>0，我們說之發出的是 1，如果<0，我們說之發出是 0。

$$\begin{pmatrix} 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +1 \\ +1 \end{pmatrix} = 2 > 0 \quad (\text{A 發出了 1})$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +1 \\ -1 \end{pmatrix} = -2 < 0 \quad (\text{B 發出了 0})$$

再舉一個例子好了。A 發出 0，B 也發出 0。兩個向量和是 $(-1, -1) + (-1, +1) = (-2, 0)$ 。

$$\begin{pmatrix} -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +1 \\ +1 \end{pmatrix} = -2 < 0 \quad (\text{A 發出了 0})$$

$$\begin{pmatrix} -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} +1 \\ -1 \end{pmatrix} = -2 < 0 \quad (\text{B 發出了 0})$$

CDMA 的原理就是如此，真正系統使用之碼向量必須夠長，以容許更多的使用者同時使用。該技術已被採用於新一代之無線通訊系統，如寬頻 [W-CDMA](http://www.symbionics.com/services/technology/W-CDMA/W-CDMA.htm)(<http://www.symbionics.com/services/technology/W-CDMA/W-CDMA.htm>) 或 [cdma-2000](http://www.itu.int/imt/2-radio-dev/)(<http://www.itu.int/imt/2-radio-dev/>)等協定。