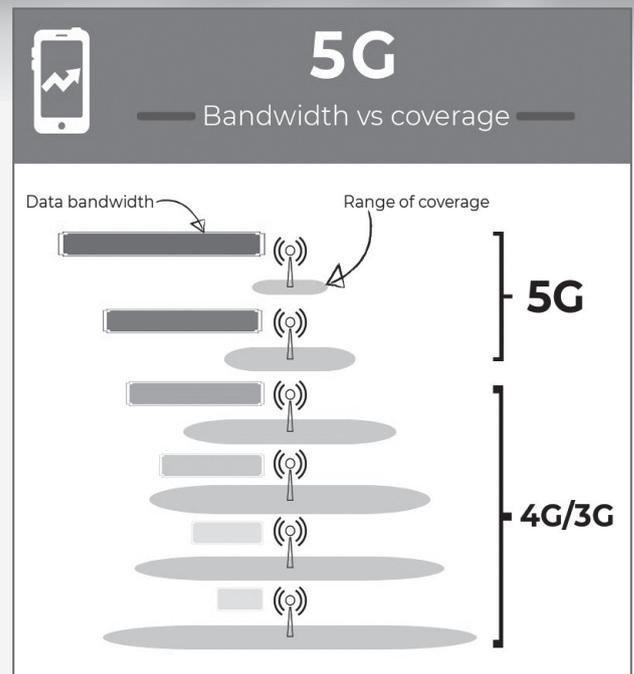


簡述5G世代的三大優勢 高速率、低延遲和大容量

總會諮詢顧問 廖建利

瓦特改良了蒸汽機，把人類帶入蒸氣時代；法拉第發明了發電機，把人類帶入了電氣時代。現在的我們處於電腦運算時代和物聯網時代。如果幾百年後我們再回頭去看的話，無論現在那一種新技術的誕生，是誰能夠把人類帶入更高層次的未來呢？其實無論是蒸汽機、發電機還是科技電腦，它們的背後都是牛頓、麥克斯韋、法拉第、愛因斯坦這些偉大的科學家所開拓出來的理論，在這些理論支持下，新的技術層出不窮，而這些技術又可用在工業、農業、運輸等等各個領域，我們通稱為通用技術，如果站在現在的視角，去看未來的通用技術，那應該是5G、AI和雲端運算相結合的技術，這種技術一定能夠將人類帶入更加輝煌燦爛的未來。

然而這些技術的5G便是本篇簡略的主題，那5G相比於其他的優勢，總結來說大概有三種，那就是高速率、低延遲和大容量。

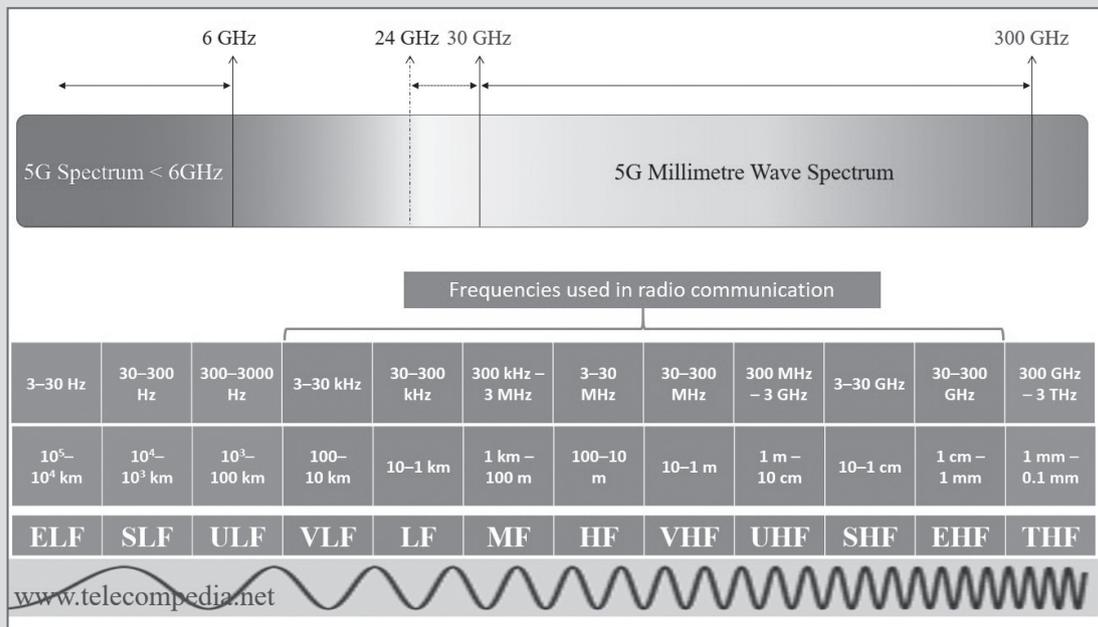


我們都知道5G的速度快，那麼它到底有多快呢？我們把它和現在已經很快的4G來做個比較，4G我們知道網路已經很快了，它可以達到100Mbps/秒，那麼這個速度已經可以滿足我們通常使用的要求了，但是如果場景背後更複雜一點，比如說像4K、8K的高解畫素

的流量，他便傳輸不了，比如AR、VR的數據流量他傳輸不了，那以後要有自動駕駛汽車，自動駕駛車一天的數據傳輸量有4000G，他也傳輸不了，而5G可以在4G的基礎之上再提升一個量級，5G的平均網速可以達到1Gbps，峰值網速可以達到2Gbps，那麼2Gbps跟4G的100Mbps相比，則高了約20倍，5G的速度大約可以達到4G的20倍。在國外有人用5G和4G做了相對比，也證實了這個結果確實有那麼快。為什麼5G可以達到4G的20倍呢？除了一些新的技術應用外，5G信號和4G信號的物理特性不同，這也是它們速率不同的一個原因，我們首先說明一個公式，信息論有一位奠基者名字叫做香農(Shannon)，香農被稱為是“信息論之父”。人們通常將香農於1948年10月發表於《貝爾

系統技術學報》上的論文《A Mathematical Theory of Communication》(通信的數學理論)作為現代信息論研究的開端。計算最大信息傳送速率C公式”： $C=W \log_2(1+S/N)$ 。式中：B是信道帶寬(赫茲)，S是信道內所傳信號的平均功率(瓦)，N是信道內部的高斯噪聲功率(瓦)。顯然，信道容量與信道帶寬成正比，同時還取決於系統信噪比以及編碼技術種類。香農定理指出，如果信息源的信息速率R小於或者等於信道容量C，那麼，在理論上存在一種方法可使信息源的輸出能夠以任意小的差錯概率通過信道傳輸。該定理還指出：如果 $R>C$ ，則沒有任何辦法傳遞這樣的信息，或者說傳遞這樣的二進制信息的差錯率為1/2。

香農(Shannon)理論指出，如果信息源的



信息速率R小於或者等於信道容量C，那麼，在理論上存在一種方法可使信息源的輸出能夠以任意小的差錯概率通過信道傳輸。

該定理還指出：如果 $R>C$ ，則沒有任何辦

法傳遞這樣的信息，或者說傳遞這樣的二進制信息的差錯率為1/2。

可以嚴格地證明；在被高斯白噪聲干擾的

信道中，傳送的最大信息速率C由下述公式確定：

$$C = W \times \log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right) (\text{bit/s})$$

該式通常稱為香農公式。C是數據速率的極限值，單位bit/s；W為信道帶寬，單位Hz；S是信號功率（瓦），N是噪聲功率（瓦）。

香農公式中的S/N是為信號與噪聲的功率之比，為無量綱單位。如：S/N=1000（即，信號功率是噪聲功率的1000倍）

但是，當討論信噪比時，常以分貝（dB）為單位。公式如下：

$$\text{SNR}(\text{信噪比,單位為db}) = 10 \log \frac{S}{N}$$

換算一下：

$$\frac{S}{N} = 10 \frac{\text{SNR}}{10}$$

公式表明，信道帶寬限制了比特率的增加，信道容量還取決於系統信噪比以及編碼技術種類。

在 $C=W \log_2(1+S/N)$ 公式中，C就是每秒傳輸多少bps，就是速率的極限，最多只能傳輸這麼多，你再怎麼編碼，再怎麼調整你的設備，你的速率根本不可能超過這個值，它是個極限。然後是W，W就是頻段的寬度，什麼叫頻段寬度呢？比如說我們傳輸電磁波信號，從900M到1000M，這有100M的頻段可以給我們傳輸，那這頻率的寬度就是100M，當我們要從1GHz的頻率到2GHz頻率之間，那麼我則有1GHz的頻寬，頻寬越大，我的速率極限就越大。第三個就是S，這個S就是信號功率，平均信號功率，而N就叫做噪聲功率，這個傳輸信號的時候一定會有噪聲，比如說原子間的布朗運動，這也會產生白噪聲，那麼S/N就叫信噪比，信噪比

越高，那麼你的傳輸速率的極限就越大，所以在信噪比一定的情況下，如果你能夠讓這個電磁波的頻段越寬，它佔有更寬的帶寬，那麼它的這個傳輸速率的極限就會更大一些，那麼5G的頻寬就比原來的2G、3G、4G都要來的寬。

再來我們探討低延遲，當我們把5G和4G做一個比較，4G端對端的延遲大約是幾十毫秒到一百毫秒，這樣一個量級，那麼在玩遊戲的時間，比如真三國大戰時，砍殺的這延遲往往就是取決於勝敗的一個關鍵因素，那麼當你在工業生產，或自動駕駛無人機時，這些領域造成的延遲，往往可能造成事故。又比如說自動駕駛汽車，在120公里每小時的速度運動下，你卻只有50毫秒的延遲(0.05秒)，而這就代表著車子多往前推進了1.7米，重大事故就發生了。那麼5G又分為二種，第一個是sub-6，sub-6 5G的空間延遲在1毫秒，如果以120公里時速往前行駛，它的延遲只會造成3.3厘米(3.3公分)的誤差，那麼如果你用的是毫米波的5G那就更誇張了，它的空間延遲在0.1毫秒以下。所以他的應用非常廣泛，比如說在工業上，現在的工業機器人都要用有線網路進行資訊傳輸，因為有線網路容量大，而且延遲又低，那現在使用5G的毫米波技術，就可以替代有線網路，替代光纖，實現極低延遲的通訊，例如遠端醫療，目前較知名的就是達芬奇機器人，遠端醫療就是醫生透過操作控制台去完成手術的作業，進行圖像放大，遠端(方)控制手術平台的操作，在台北的醫生可以給屏東的病人做手術，如果在加上AI人工智慧，在進行幾萬次的學習模擬，這機器便可以不用醫生，自己給病人做手術了。

再來我們說到5G的第三個特點就是大容