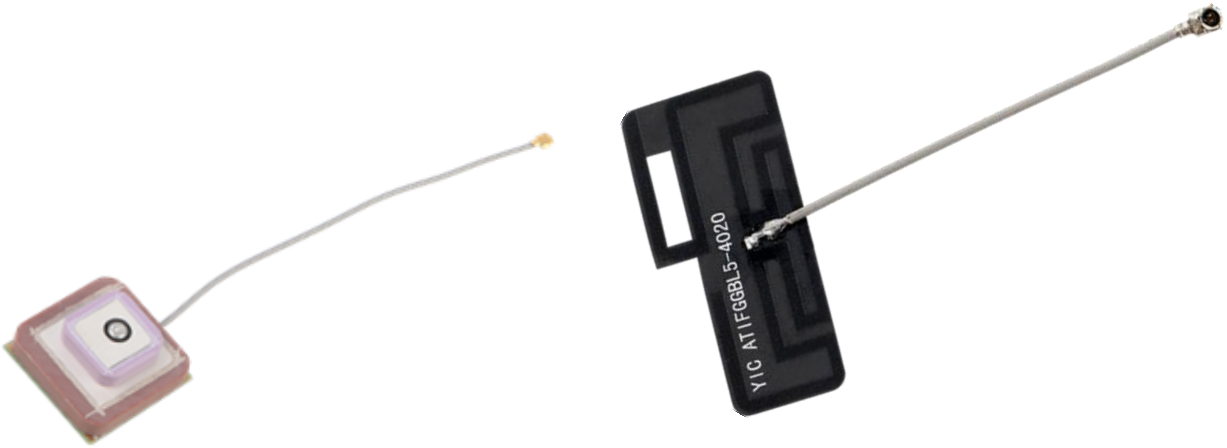
YIC



天線(RF Antennas)介紹與應用

RF Antennas Introduction And Application

www.yic.com.tw

Directory

1. Product Information 3
1.1 Antenna 概述 3
1.2 天線如何傳播 3
1.3 天線的分類 5
1.4 天線的極化 6
1.5 天線的規格 9
1.6 天線的調整 (ATPGGBL52580A) 18
2. 天線的應用 21
2.1. RFID : (射頻辨識系統) 21
2.2. NFC : (近場通訊) 23
2.3. GPS 天線應用(導航) 24
3. YIC 天線用料推薦: 27

1. Product Information

1.1 Antenna 概述

天線是一種用來發射或接收無線電波(RF)的設備。它將訊號以電磁波的方式向外輻射出去或將信號耦合進來。所以天線是無線電通訊系統中的必需組件。凡指通訊、雷達、導航、廣播、電視等無線電設備，都是透過無線電波來傳遞訊息的，因此都需要有無線電波的輻射和接收。可見天線在通訊有多重要。

1.2 天線如何傳播

天線，實質上是一個電磁波的能量轉換器。 發射天線將高頻電壓、電流轉換成無線電波，而收信天線則是將電波轉換成高頻電壓和電流。 天線本身就是一個導體，導線上有交變電流流動時，就會產生向空間傳播的交變電場和交變磁場，向空間傳播交變電磁場就是電磁波的輻射。 但是能否得到顯著輻射，或者說能否成為性能良好的天線，則與導體的形狀和尺寸有關。

如圖 1-a 所示，若兩導線的距離很近，電場被束縛在兩導線之間，因而輻射很微弱；將兩導線張開，如圖 1-b 所示，電場就散播在周圍空間 ，因而輻射增強；將兩導線完全張開，如圖 1-c 所示，電場將充滿周圍全部空間，輻射最強。

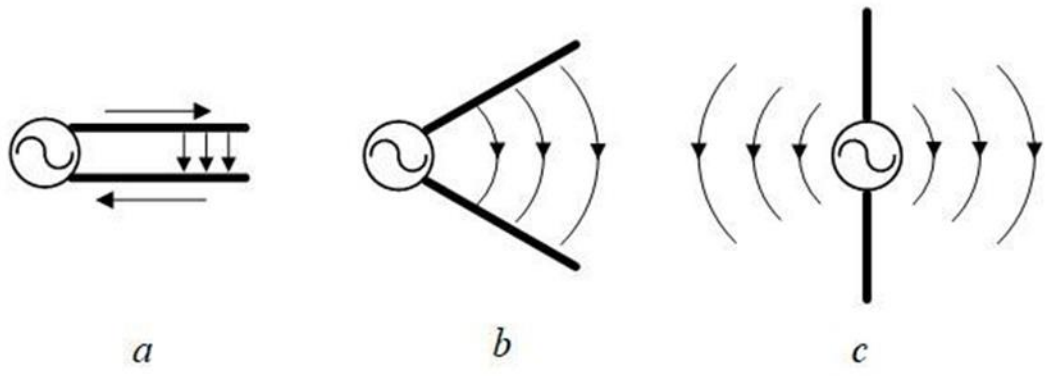
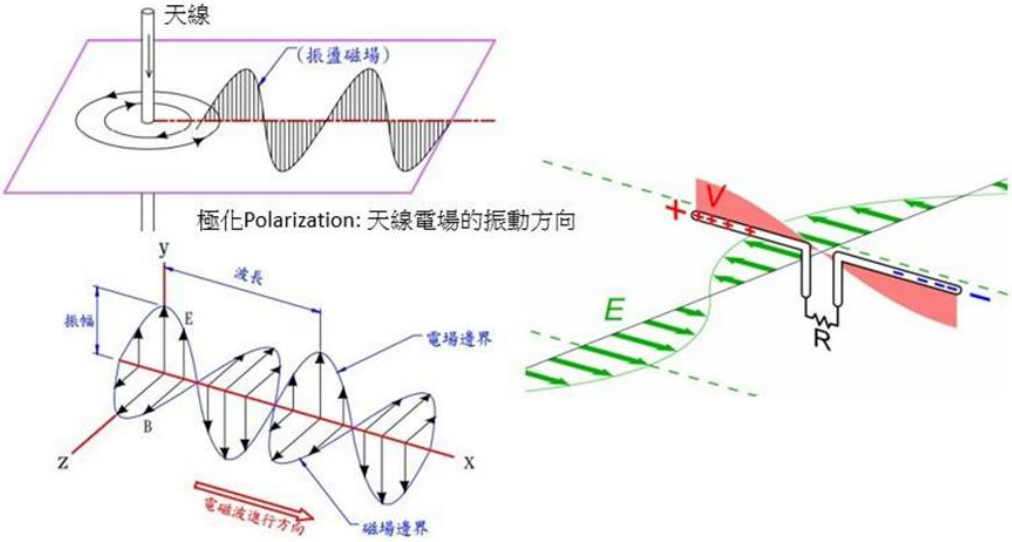


圖 1 天線輻射原理示意圖



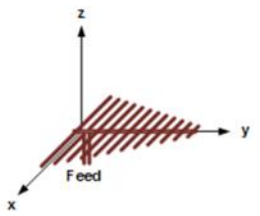
這裡必須說明，當導線的長度 L 遠小於波長 λ 時，輻射很微弱；導線的長度 L 增大到可與波長相比擬時，導線上的電流將大大增加，因而就能形成較強的輻射。

透過與諧振電路對比可以看出，收信天線對某一頻率諧振時，這個頻率的電磁波能使天線產生較大的感應電流而使接收機能從眾多的信號中很容易就「發現」它；發射天線對某一頻率諧振時，發射機能讓天線中的電流達到最大，當然訊號也就能最有效地發射出去。和 RLC 諧振迴路一樣，當天線發生諧振時，它等效為一個純電阻。這個電阻包含了天線的輻射電阻和損耗電阻兩個部分。根據歐姆定律可以推斷，當電流一定的時候，輻射電阻越大，發射效率越高。輻射電阻的大小取決於天線的結構形式。損耗電阻是有害的，因此需要選擇導電性能好、表面積盡可能大的材料製作天線，以獲得最小的損耗電阻。諧振時天線的電阻也就是天線的特性阻抗，這是使用天線時必須了解的重要參數。

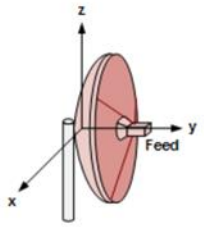
1.3 天線的分類

天線種類繁多，依照不同的分類方法都可以給出不同的類型。

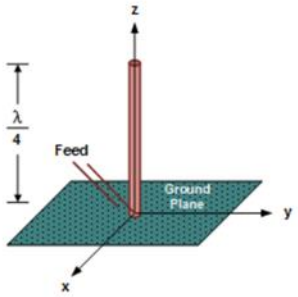
- 依工作性質可分為發射天線和接收天線。
- 依用途可分為通訊天線、廣播天線、電視天線、雷達天線、GPS 天線等。
- 依方向性可分為全向天線(Omni-directional)和定(指)向天線(directional), 例如 Patch 天線、和八木（Yagi）天線。
- 依工作波長可分為超長波天線、長波天線、中波天線、短波天線、超短波天線、微波天線等。
- 依維數來分可以分成兩種：一維天線和二維天線。
- 天線依使用場合的差異可以分為：手持天線、車用天線、基地天線等。



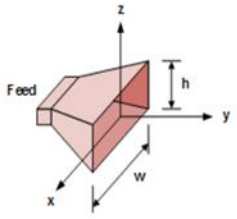
Yagi—Uda antenna



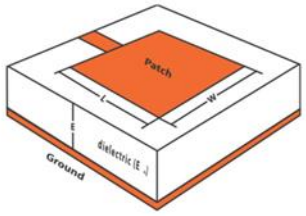
Dish antenna



monopole antenna



horn antenna



microstrip patch antenna

1.4 天線的極化

對於電磁波而言，其極化狀態的定義是藉由觀測空間中一個固定位置，其瞬間電場向量（instantaneous electric field vector）隨時間變動的關係。瞬間電場向量在隨時間變動時，其向量頂點所繪製出的圖形，如圖 2.1，亦即可以表示電磁波的極化狀態。

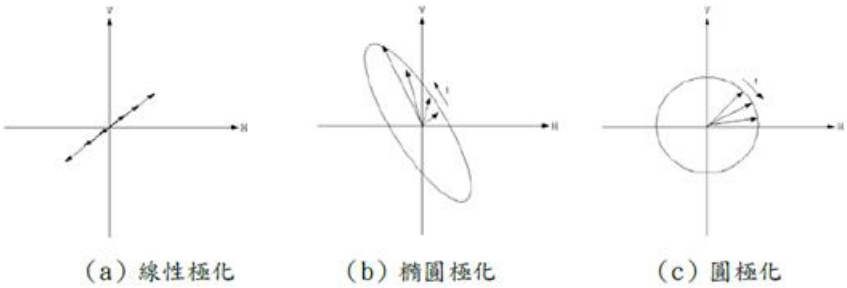


圖 2-1、不同極化狀態其瞬間電場向量隨時間變動的關係

1.4.1 線性極化

當電場向量的頂點隨時間變化時，在平面上所繪製出的圖形為一直線時，此電磁波可以定義為線性極化（Linear polarized），如圖 2.1（a）所示。通常會用一個平面來定義線性極化，通常是以地球表面作為基準面。對於水平極化（horizontally polarized）的電磁波來說，其電場向量振盪的方向即為平行地球表面（horizontally），反之若電磁波被定義為垂直極化（vertically polarized）時，其電磁波就只有垂直地球表面的成分。空間中任意的電磁波都可以被分解成兩個相互正交的線性極化，若這兩個正交的線性極化有相同的相位變化，合成在空間中的電磁波亦為一線性極化， 如圖 2.1（a）所示。

1.4.2 橢圓極化

當空間中兩個正交的線性極化並非同相位（in phase）時，合成的電場向量便會依時間的變動而往某一特定的方向旋轉，而振幅亦有週期性的變化，如圖2.1（b）所示。在這個情形下，電場向量的頂點依時間變動將會描繪出一個橢圓形，而橢圓形的形狀會依著空間中的兩個正交線性極化向量的振幅以及相位差所決定。軸比（axial ratio）即是依照橢圓形的長短軸比來決定，定義如下：

$$|R| = \frac{major\ axis\ \text{length}}{\text{minor axis length}}\ ,\ \mathrm{R} = 20\log|\mathrm{R}|\ \mathrm{dB}$$

軸比（axial ratio）常常是用來決定電磁波的極化狀態，例如當軸比為1 時，可以得知空間中的電磁場為圓極化形式，若當軸比為零或無線大時，即可得知空間中的電磁場為線性極化形式。

1.4.3 圓極化

當空間中兩個正交向量有相同振幅大小並相差90 度相位時，此時的極化狀態即為圓極化。圓極化又可以依照電場向量頂點隨時間變化的軌跡，分成左手圓極化（Left-Hand Circular Polarization，LHCP）及右手圓極化（Right-Hand Circular Polarization，RHCP）。就觀察者而言，若電磁波傳撥傳撥方向為迎向觀測者，並且電場向量頂點隨時間變化的軌跡為逆時針旋轉時，此時即定義此電磁波的極化狀態為右手圓極化（RHCP）。反之，若以相同的觀測位置而言，電場向量頂點隨時間變化的軌跡為順時針旋轉時，此時即定義此電磁波的極化狀態為左手圓極化（LHCP）。

數學推導如下。在平面前觀察電場向量頂點變化的軌跡，並假設電場為下式：

$$\begin{aligned}\vec{E} &= E_{0x}e^{-jkz}\hat{a}_x + E_{0y}e^{-jkz} * e^{j\phi}\hat{a}_y \\ &= E_{0x}\cos(wt-kz)\hat{a}_x + E_{0y}\cos(wt-kz+\phi)\hat{a}_y\end{aligned}$$

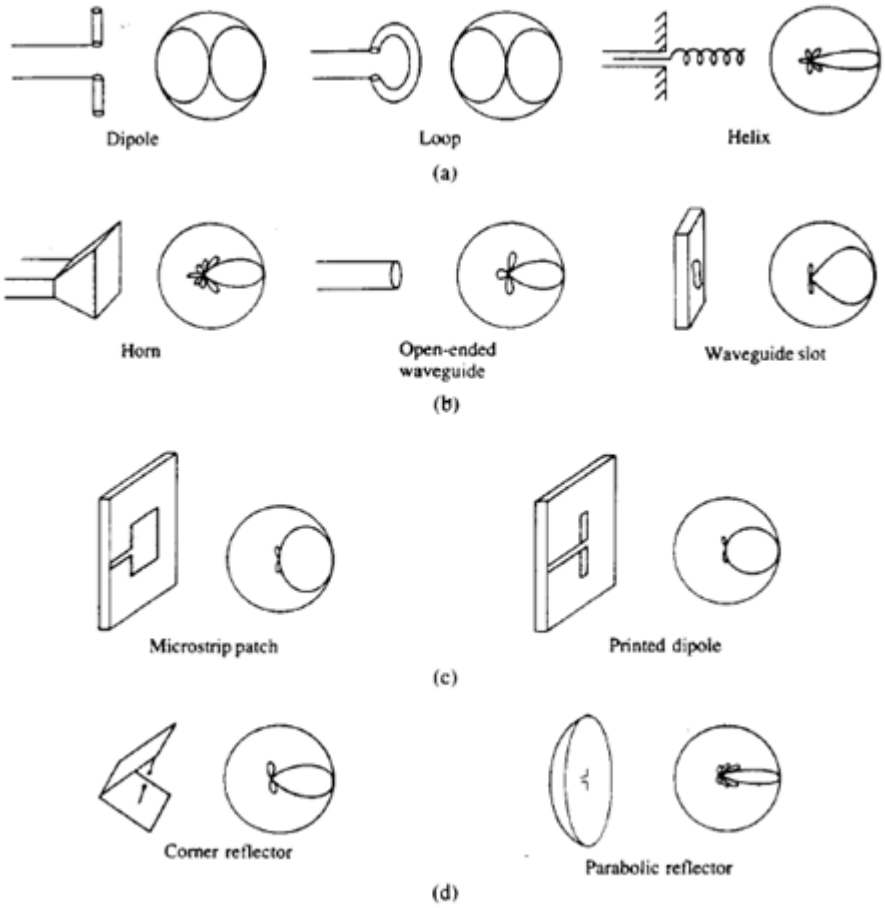
觀察 z=0 的平面：

$$\vec{E}(z=0) = E_{0x}\cos(wt)\hat{a}_x + E_{0y}\cos(wt+\phi)\hat{a}_y$$

當空間中兩個正交向量有相同振幅大小並相差 90 度相位，亦即$E_{0x}=E_{0y}$並且假設$\varphi = 90^\circ$，此時在 z=0 的平面前觀察電場為：

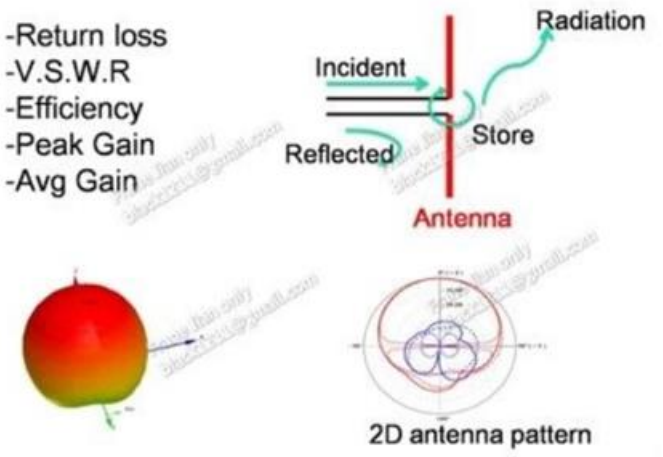
$$\vec{E}(z=0) = E_0 \cos(wt)\hat{a}_x + E_0 \cos(wt+90)\hat{a}_y$$
$$= E_0 \cos(wt)\hat{a}_x - E_0 \sin(wt)\hat{a}_y$$

此時z=0 的平面前觀察電場向量頂點變化的軌跡即為圖2.1（c）所示，為一左手圓極化，反之若 $\varphi = -90^\circ$ 時，電場向量頂點變化的軌跡為一右手圓極化。



各種天線極化

1.5 天線的規格



1.5.1 天線功率:

- 天線的功率以毫瓦（mW）是 1/1000 瓦（0.001 Watts）為基本單位。
- 室內 WiFi 無線網路，一般是 30~100mW(最大的 100mW，可傳達 1 哩遠)。
- 戶外點對點的基地台 AP(Access Point),則可能超過 100mW，如 Mesh Network。
- 手機則是相對基地台的位置做調整，GSM900 最大 2W，GSM1800 最大 1W。

1.1.2 天線增益 Gain :(db / dBm / dBi / dBd / dBic / dBdl / dBdc) :

(1) dB 是比值,不是單位

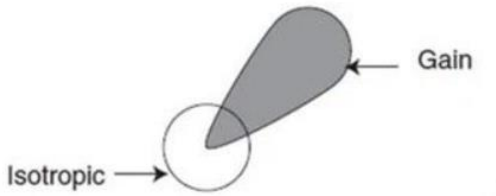
(2) dBm = 10 log10 (P mW / 1mW)

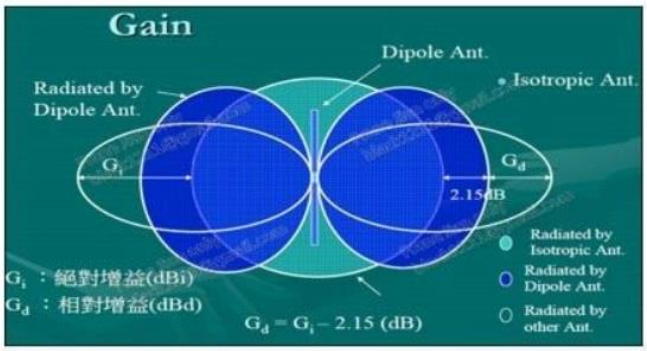
(3) dBi : 絕對增益=相對增益+2.15dB

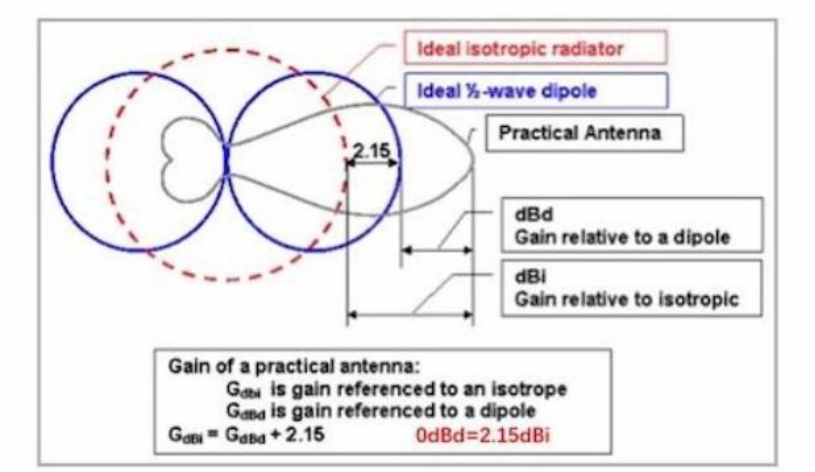
是給天線用的 gain/loss, 是相較於等向天線(isotropicantenna)的量測值(天線絕對增益)。

(4) dBd : 相對增益

是相較於偶極天線(dipoleantenna)的測量值(天線相對增益),與絕對增益相差 2.15dB。







(5) dBic ： 代表相對於全向天線之圓極化天線的增益(relative to isotropic antenna with circular polarization)

(6) dBdl ： 代表相對於偶極天線之線性極化天線的增益(relative to dipole antenna with linear polarization)

(7) dBdc ：代表相對於偶極天線之圓極化天線的增益 (relative to dipole antenna with circular polarization)。

1.5.3 電壓駐波比 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio):

- 駐波

一般傳輸線上的電磁波是由行波(向前傳輸的波)和反射波構成。

入射波與反射波合成後,當形成峰谷(絕對值最大)與節點(零點)位置不變,只隨週期大小變化的波稱為駐波。

傳輸線內的電波一旦形成駐波,則無法傳送電波。

形成駐波的波長,正好是天線產生或接收的電磁波的波長。

- 駐波比公式

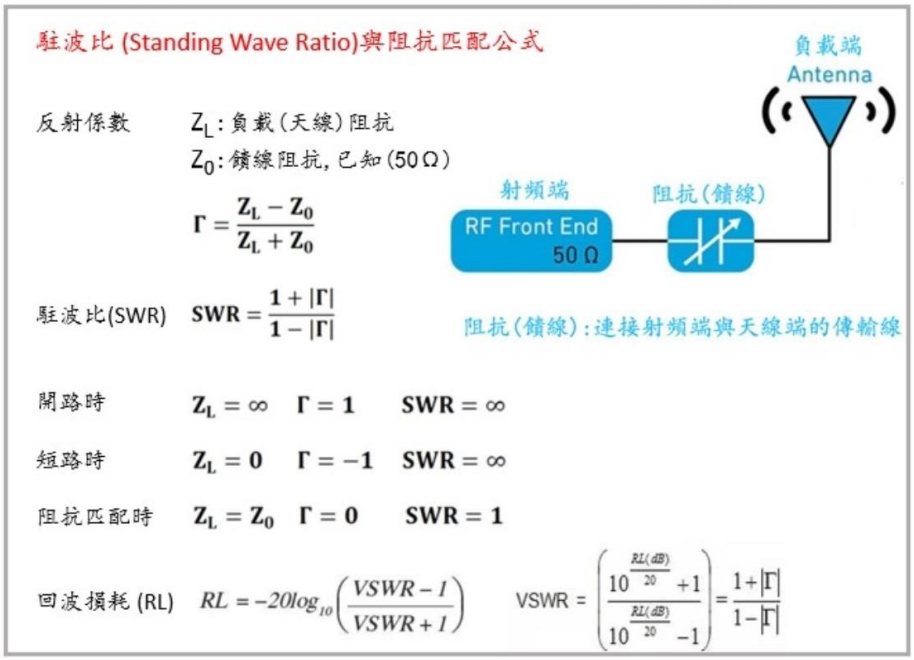
指駐波波腹電壓與 波谷電壓幅度之比，又稱為駐波系數、駐波比。

- 反射係數

衡量反射大小的量稱為反射係數，常用Γ表示，為了討論簡單，我們假設負載阻抗為純電阻。反射係數Γ定義為：反射電壓波比入射電壓波。

在匹配狀態下，高頻電磁能量全部流入負載，不存在反射。這時，沿傳輸線各個位置上的電壓振幅相等，不存在駐波，稱為「行波狀態」。

而在失配時，由於存在反射波，反射波與正向波的疊加結果，就會線上上的各個點的振幅，存在有規律的起伏，稱為「駐波狀態」。



1.5.4 阻抗匹配 (Impedance Matching):

信號端(射頻端)與負載端(天線)之間，需要「阻抗匹配完全」的目的

- 防止產生駐波現象

如果負載和信號源阻抗不匹配，會產生反向波部分信號就會反射回信號源，這時前向波和反向波組在一起就形成了駐波(信號停滯無法傳送)。因此，駐波比為 1 時，表示未產生駐波，代表阻抗匹配完全也 ！

- 天線阻抗匹配調整:(smith chart)

一種用於電子工程的圖表，工程師可以用它解決傳輸線和阻抗匹配電路的相關問題。史密斯圖可以將射頻電路的多種參數顯示在圖像上。

史密斯圖是對二維直角坐標系的複平面的數學變換。阻抗實部（電阻）為正的數映射在圓圖之內，阻抗實部（電阻）為負的數映射在圓圖之外。通常人們所關注的是圓圖之內的區域，不考慮電阻為負數的情況。該數學變換的公式為

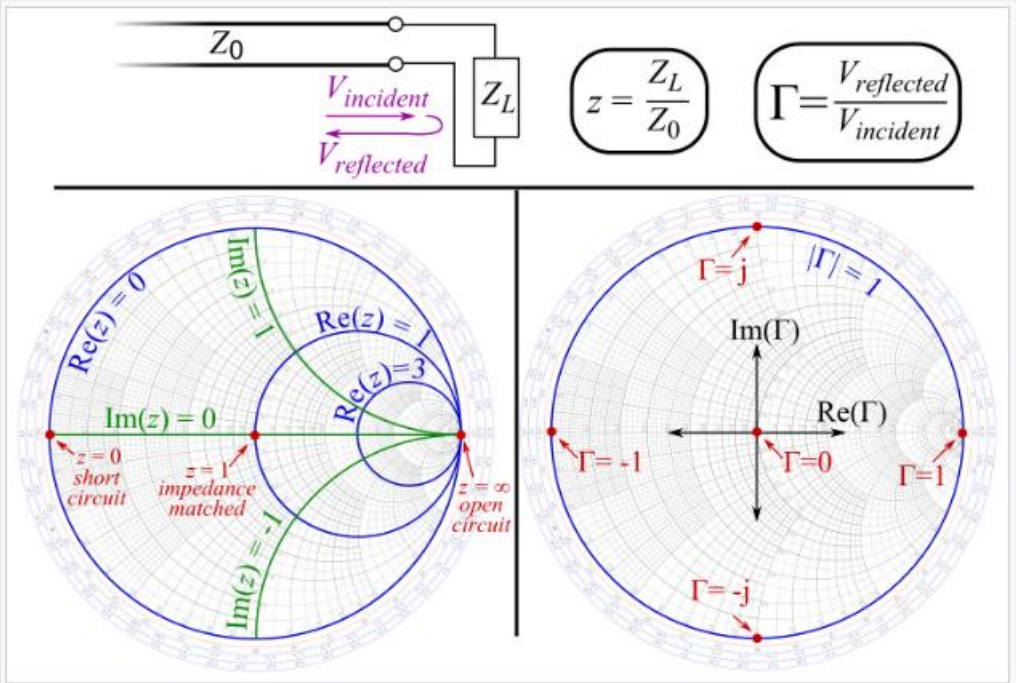
$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{z-1}{z+1}$$

其中

$$z = \frac{Z_L}{Z_0}$$

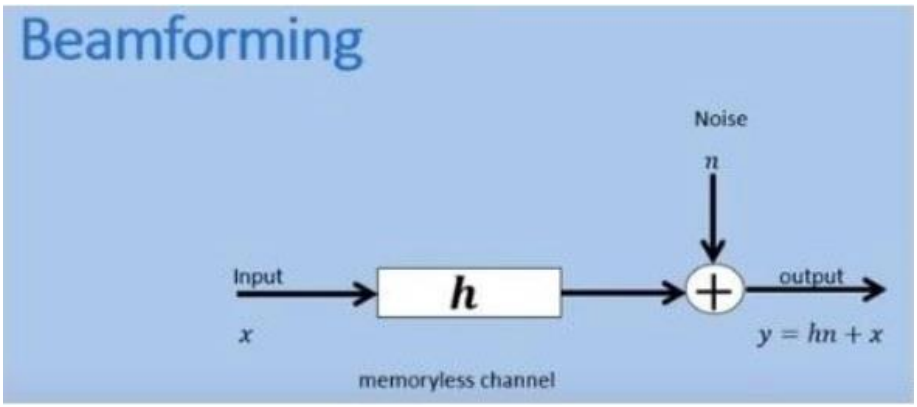
Γ代表其線路的反射係數，即S 參數裡的 S_{11}。Z_L是電路的負載阻抗值。Z_0是參考阻抗（又稱系統阻抗），一般選擇要研究的傳輸線的特性阻抗值，通常為 50Ω。z 是歸一化阻抗。換言之，我們將一電路的負載阻抗 Z_L 與參考阻抗 Z_0 相除，使歸一化阻抗為 1，位於圖表的原點。使用歸一化阻抗的優點是，同一張史密斯圖適用於特性阻抗不同的各種系統。

圖表中的圓形線代表阻抗的實數值，即電阻值，中間的橫線與向上和向下散出的線則代表阻抗的虛數值，即由電容或電感在高頻下所產生的電抗，當中向上的是正數，為感性負載，向下的是負數，為容性負載。圖表最中間的點（1+j0）代表參考阻抗，即一個已阻抗匹配的電阻數值（$Z_L = Z_0$），同時其反射係數的值會是零。圖表的邊緣代表其反射係數的長度是 1，即 100%反射。在圖邊的數字代表反射係數的角度（0-180 度）和波長（由零至半個波長）。



史密斯圖的基本使用方法。電磁波順著特性阻抗為Z_0的傳輸線前進，並在末端遇到以一阻抗為Z_L的負載（其歸一化阻抗為$z=Z_L/Z_0$）。此時信號會產生反射，其反射係數為Γ。史密斯圖上的任何一點同時表示阻抗值z（左圖）和對應的反射係數Γ（右圖）。兩者的關係式為$z=(1+\Gamma)/(1-\Gamma)$。

1.5.5 波束 (Beamforming)



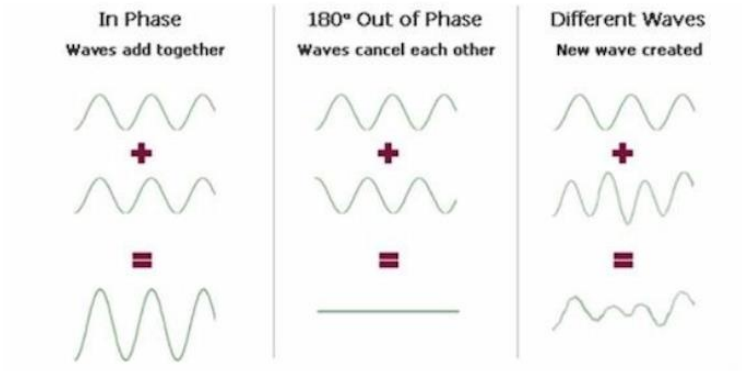
- In Phase 與 Out Phase

訊號的振幅在正負值之間來回振動，

當兩個訊號的振動方向相同(In Phase)時，會產生相互增強。

當兩個訊號的振動方向相反(Out Phase)時，訊號的相位差恰好是 180°

則會產生相互抵消，則結果是完全的沒訊號。



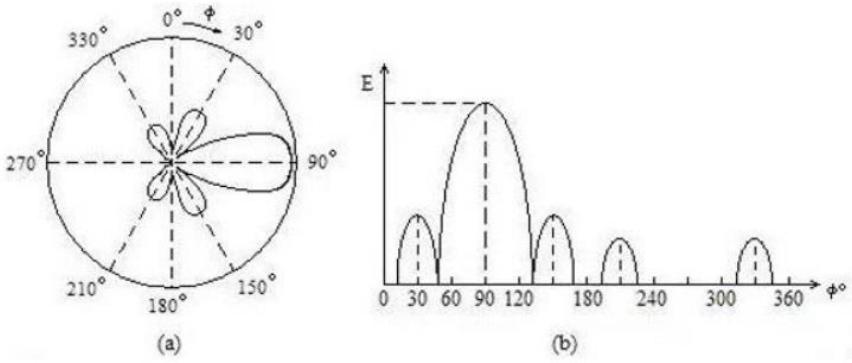
只有同相位角的訊號會被相加(反向位角訊號被沖銷)形成最強的波束主瓣,這就是陣列天線的基本原理

- 天線方向圖又稱輻射方向圖（radiation pattern）：

  把天線輻射的電磁場強度在空間的分布，通過數學函數圖形表達出來的圖形。

  最大輻射波束通常稱為主瓣(main beam)。

  主瓣旁邊的幾個小的波束叫旁瓣(side beam)。



(a)極座標表示　　(a)直角座標表示

- 波束寬度 (Beamwidth)

波束寬度為天線提供了角分辨率的度量。最常見的是，波束寬度由半功率波束寬度 (HPBW) 或主瓣的零點到零點間距 (FNBW) 定義。為了找到 HPBW，我們從峰值向下移動 3 dB 並測量角距離，如圖

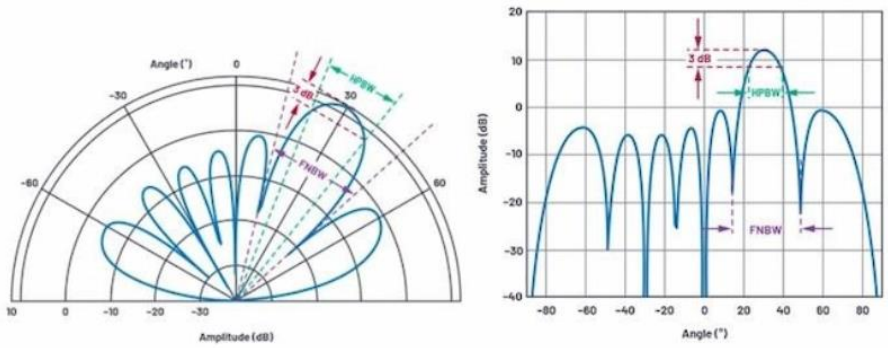


圖 N = 8，d = λ/2，θ = 30°的極座標天線方向性繪圖

1.5.6 有效全向輻射功率: EIRP (Euquivalent Isotropically Radiated Power)

理想狀態下等於發射器的發射功率乘以天線的增益。

$$EIRP = P_T * G_a$$

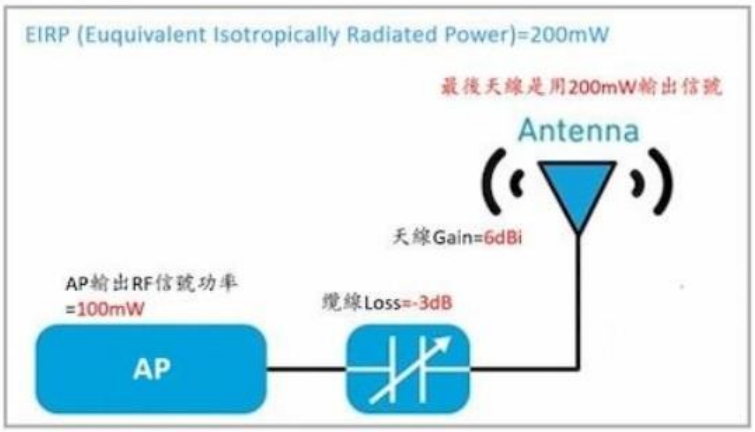
其中 P_T 表示發射器的發射功率，G_a 表示天線的增益。

當以對數方式計算，並考慮饋線損失時則可表示為：

$$EIRP = P_T - L_c + G_a$$

單位為 dBW，L_c 表示饋線上的損失

- 舉例來說從基地台(Access Point)輸出 100mW 功率的 RF 信號，經過纜線連接產生 3dB 的衰減，但經過 RF 天線卻又提供 6dBi 的增益，所以實際上 100mW 可以獲得(-3dB+6dBi) = 3dB 的信號增益，因此天線端的輸出大約是 200mW(3dB 約放大一倍)。



如果要以更精確的公式表示，亦即：

Δ P = 10 x log(Pf/Pi)

→ 3 dB = 10 x log(Pf/100)

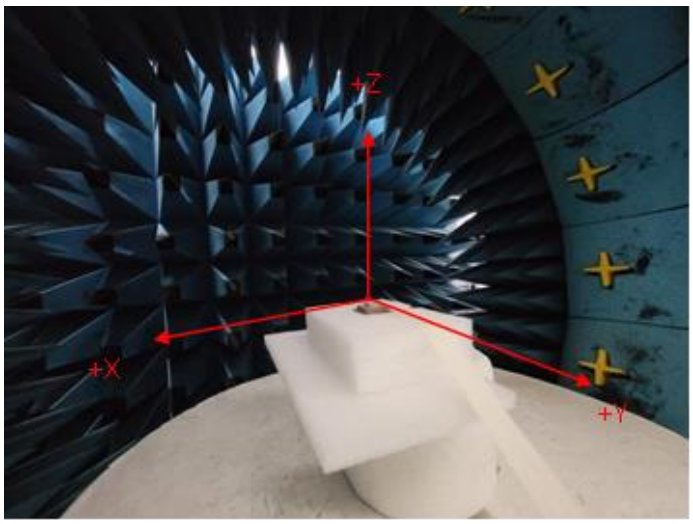
→ Pf/100 = 10^0.3

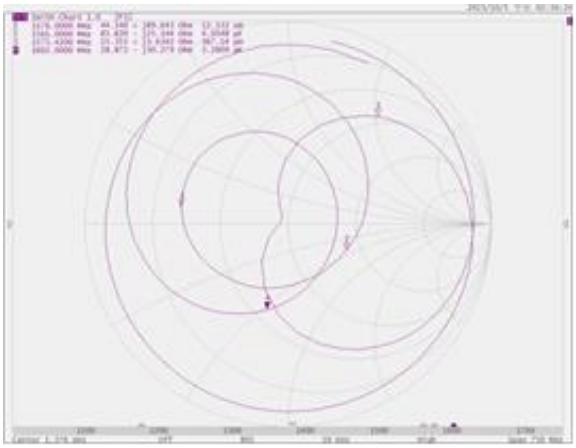
→ Pf ≒ 200

這個 200mW 信號就叫 EIRP (Euquivalent Isotropically Radiated Power).

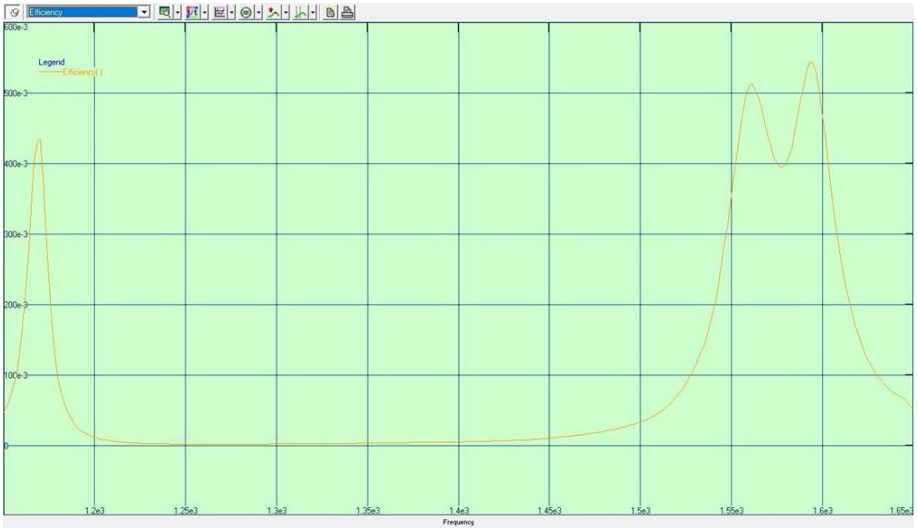
1.6 天線的調整 (ATPGGBL52580A)

一隻好的天線需要不斷 tuning，諧振出最大功率使其向外輻射。YIC 提供客製化天線的服務。下圖為天線調整前後比較:



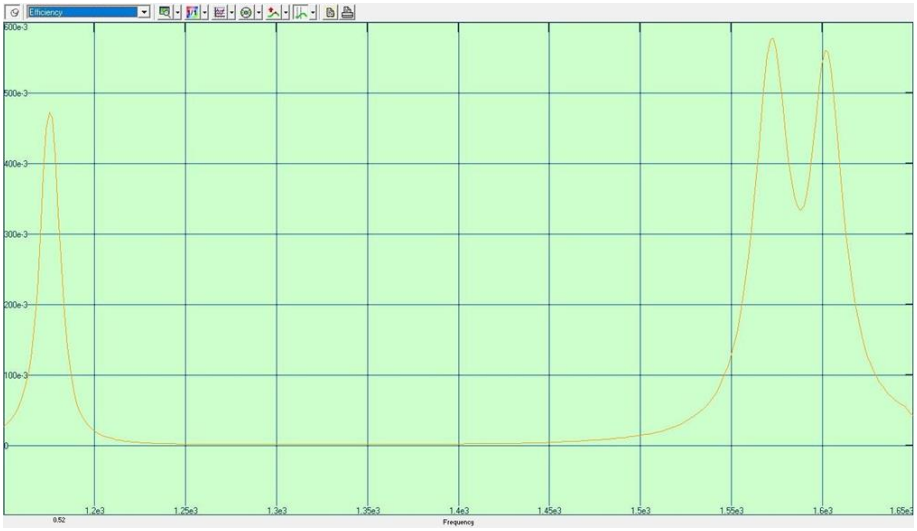


Before:(Efficiency)



Frequency	1176MHz	1561MHz	1575MHz	1602MHz
(Unit：dBic)	19	51	40	42

After: (Efficiency)



Frequency	1176MHz	1561MHz	1575MHz	1602MHz
(Unit：dBic)	46	30	55	56

Before:(Peak Gain)

Frequency	1176MHz	1561MHz	1575MHz	1602MHz
(Unit：dBic)	-6.74	-1	-1.89	-4.29

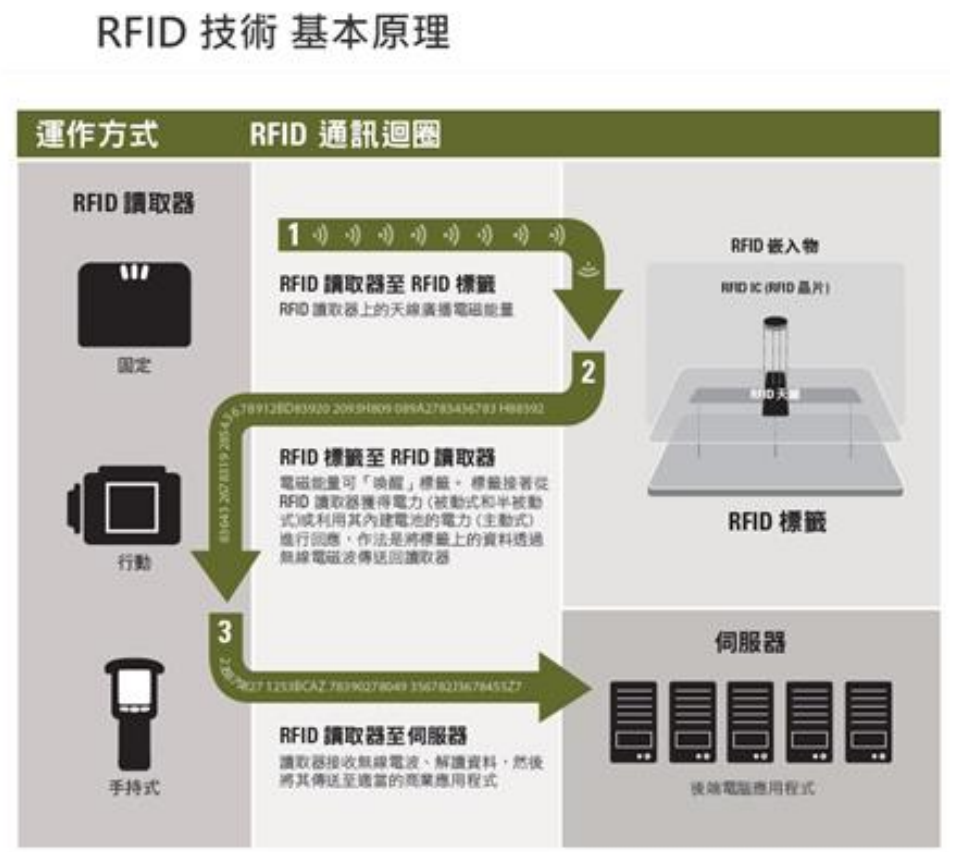
After: (Peak Gain)

Frequency	1176MHz	1561MHz	1575MHz	1602MHz
(Unit：dBic)	-1.43	-3.87	-0.52	-2.6

2. 天線的應用

2.1. RFID : (射頻辨識系統)

RFID 是「Radio Frequency Identification」的縮寫，中文可以稱為「無線射頻識別系統」。 通常是由感應器（Reader）和 RFID 標籤（Tag）所組成的系統，其運作的原理是利用感應器發射無線電波，觸動感應範圍內的 RFID 標籤，藉由電磁感應產生電流，供應 RFID 標籤上的晶片運作並發出電磁波回應感應器。以驅動能量來源區別，RFID 標籤可分為主動式及被動式兩種：被動式的標籤本身沒有電池的裝置，所需電流全靠感應器的無線電波電磁感應產生，所以只有在接收到感應器發出的訊號才會被動的回應感應器；而主動式的標籤內置有電池，可以主動傳送訊號供感應器讀取，訊號傳送範圍也相對的比被動式廣。

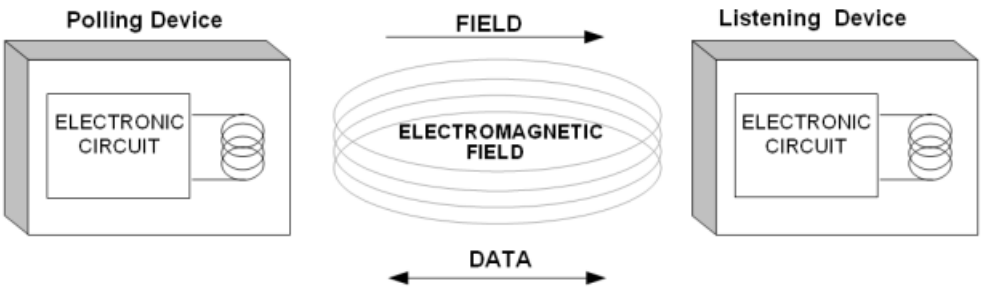


國道上使用的 ETC 收費系統，實際上是電磁波「RFID」技術的應用。其原理是門架上的感應器與車輛上的 E-tag 之間以電磁波傳遞訊號，計算使用過的路程後，再進行費用計算。

ETC
23.3K
收費區
23.3K
建國北路
民權東路
松江路

2.2. NFC : (近場通訊)

NFC 英文全稱 Near Field Communication，即近距離通訊技術。NFC 是脫胎於無線設備間的一種“非接觸式射頻識別”(RFID)及互聯技術，為所有消費性電子產品提供了一個極為便利的通訊方式。
與 RFID 不同的是，NFC 具有雙向連接和識別的特點，工作於 13.56MHz 頻率範圍，作用距離 10 公分左右。



現在大台北地區的民眾幾乎人手一張「悠遊卡」，想繳付車資？只要將「悠遊卡」靠近特定裝置前「感應」一下，即可完成支付。這種在極短距離、固定位置才能進行資訊交流的技術，就是利用感應器傳送電磁波與卡片上藏有特製天線的精密配合來達成。類似的模式，也使用於日漸流行的「電子錢包」上。

2.3. GPS 天線應用(導航)

a.接收天線(GPS Antenna 例如:YIC ATPG1590R1540A)

接收的頻率在L1及L2頻段的1575.42 MHz及1227.60MHz範圍。這些天線都有差分(DGPS)接收功能，可接收差分信號，對定位做更精確的修正。

差分全球定位系統（DGPS）：一種應用於全球定位系統中用以提高民用定位精度的一種技術，概念為在已精確測定位置上配備一台 GPS 接收機作為基準站，並將用戶GPS定位的結果與基準站坐標比較，以修正其GPS定位解，提高其局部範圍內用戶的定位精度。

b.接收信號處理器(Engine Board 例如: YIC51009EBGG-33)

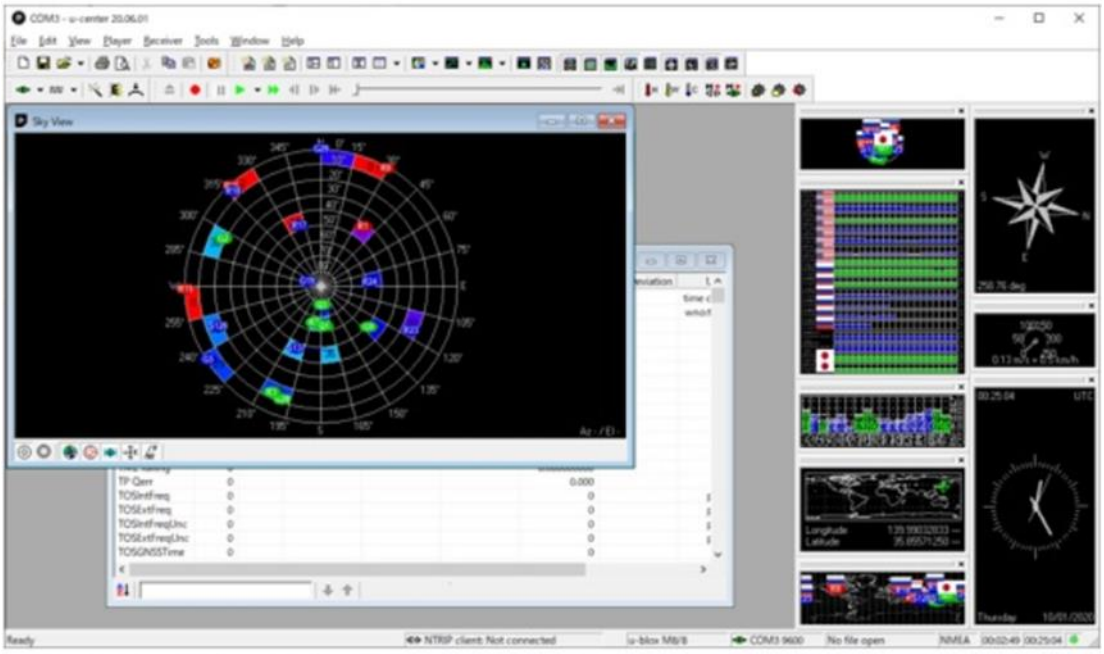
接收信號處理器主要由微處理器，數位類比信號轉換電路，輸出入介面控制電路，記憶體，及相關演算程式所構成。接收信號處理器通常至少可以同步接收處理8至12顆衛星的信號。

YIC GT-505GGBL5-DR

天線內建有接收模組，背面有一塊磁鐵，繩索長 1.5 米，因此您可以將其固定在汽車或窗戶上。您只需透過 UART 將其連接到電腦即可使用它。

串列輸出（NMEA0183），電源為DC3V至5.5V。

MTK GNSS 接收器串列連接的圖

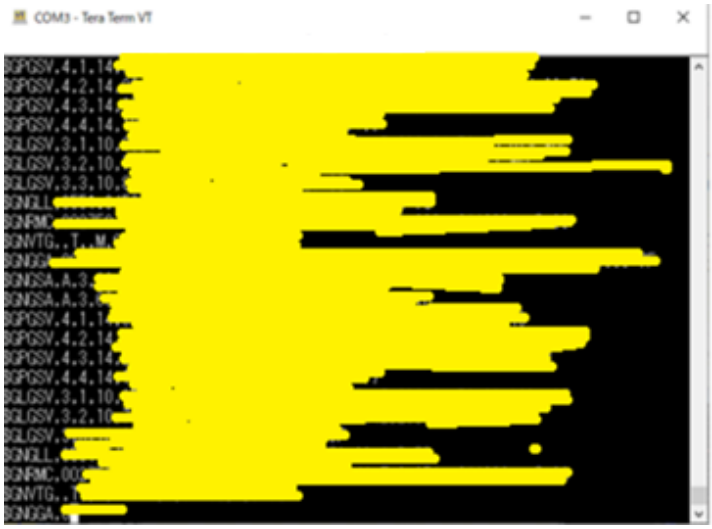


「Power GPS」可從網站免費下載(「U-center」可從 U-blox 網站免費下載)，因此只需連接 GNSS 接收器即可開始顯示。

但該工具顯示的內容較為專業，需要具備 GNSS 的基礎知識。

由於輸出為文字（NMEA0183 格式），因此只需連接 Tera Term 即可顯示接收到的資訊。

此輸出採用通用格式，因此您可以將其輸出為日誌檔案並將其對應到地圖上。

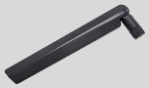


據說這款接收機的誤差高達2m，但即使將接收機放置在固定位置，最多也和MAP一樣有5m左右的誤差。

汽車導航系統利用地圖上的道路資訊來校正位置，因此如果原始資料具有這種精確度，它可能會比汽車導航系統更好。

圖片或文字如有侵權煩請告知!

3. YIC 天線用料推薦:

GPS/GNSS天線	多合一組和天線	5G天線 	4G LTE天線	3G / GSM天線
ATGGBL54138M-SMA-3	ATGGLTE80014M-CD	AT5G-42863-10.0WS	ATLTE-13190-2.0BTC	AT3G-10115-2.0WT
ATGGBL24138M-SMA-3	ATGLTE9030-2.5BM	AT5G-19170-3.0BT	ATLTE-27222-2.0BT	AT3G-13190-2.0BTC
ATGG46015-BP	ATGLTE7220-3.0BM	AT5G-20145-3.0BT	ATLTE-25167-2.0BT	AT3G-19171-2.0BT
ATGGB4336	ATGLTEAF69182-3.5BP		ATLTE-25221-2.0BT	AT3G-25221-2.0BT
ATGG4336	ATGGLTEW80014-CD		ATLTE-13196-3.0BT	AT3G-13196-3.0BT
ATIGGBL52580-100	ATGGLTEW50048-2.0BP		ATLTE-13172-5.0BT	AT3G-13196-3.0BT
ATIGGBL22580-100	ATGGLTEW84018-2.0BP		ATLTE-13240-5.0BT	AT3G-13172-5.0BT
ATIGGBL2L52580-100	ATG3G35095-2.5BA		ATLTE-16192-5.0WT	AT3G-13240-5.0BT
ATIGG2540	ATG3G36096-2.0BM		ATLTE-22229-5.0BT	AT3G-22116-3.0BA
ATIGG1840	ATG3G68055-2.0BP		ATLTE-60214-2.0BM	AT3G-60214-2.0BM
ATIGGB2540	ATG3G7214-2.0BM		ATLTE-83170-2.0BM	AT3G-83170-2.0BM
ATIGB25	ATG3G7520-3.0BM		ATLTE-83170-2.0WM	AT3G-83170-2.0WM
ATIGB18	ATG3G94133-2.0WP		ATLTE-46015-2.5BP	AT3G-30095-2.5BM
ATPGGBL5R2580A	ATGG3GW84018-2.0BP		TLTE-12105-3.0BTC	AT3G-45311-5.0BM
ATPG1590R3560A			ATLTE-19171-2.0BT	AT3G-46015-2.5BP
ATPGD1590R3540A			ATLTE-30300-3.0BM	AT3G-12105-3.0BTC
ATPGD1590R2540A			ATILTE	AT3G-30300-3.0BM
ATPG1590R2540A			ATIFLTE	ATI3G
ATPGGBR2540A			ATIFLTE-3217	ATIF3G
ATPG1568R3560A			ATIFLTE-5717-80	ATIGSM
ATPG1568R2540A				ATIFGSM
ATIFGGBL5-4020				

Wi-Fi和藍芽天線	DAB天線	ISM / RFID天線	SDARS (SIRIUS/XM Radio)天線
ATW6-19170-3.0BT	ATDAB-34280-0BM	AT433M-08060-1.5BT	AT2332.5M-4336-30BTB
AT2458G-255255-10WP	ATDABUF-20113-15.0BM	AT433M-29172-2.0BM	
AT2.4G-09082-2.0BTH		AT433M-30140-2.0BM	
AT2.4G-10109-2.0WT		AT433M-29145-2.5BM	
AT2.4G-13136-3.0WT		ATP868R2540A	
AT2.4G-13190-5.0BTC		ATI868M	
AT2.4G-13191-5.0BTC			
AT2.4G-13195-5.0BT			
AT2.4G-13210-5.0BT			
AT2.4G-13295-7.0WT			
AT2.4G-13394-9.0BT			
AT2.4G-28110-0.6BM			
AT5.8G-13295-7.0WT			
AT2458G-10087-2.0BT			
AT2458G-12157-2.0BT			
AT2458G-60218-2.0BM			
ATI2.4G2540-1.37-150			
TI2.4G2540-MMCX			
ATI2458G-4717-55			
ATI2.4G			
ATI5.8G			
ATI2458G			
ATIF2.4G			
ATIF5.8G			
ATIF2458G-3010			