

# 環境中射頻電磁波檢測方法

中華民國 106 年 1 月 17 日環署檢字第 1060004676 號公告  
自中華民國 106 年 5 月 15 日生效  
NIEA P203.92B

## 一、方法概要

本方法採用全向性電磁波強度計或天線與頻譜分析儀組成的量測系統，量測或監測環境中射頻電磁波強度（註 1）。

## 二、適用範圍

本方法適用於無線發射設施，包括調幅(AM)廣播電臺、調頻(FM)廣播電臺、無線電視臺及無線通訊基地臺等電磁波發射源周圍環境電磁波強度之量測或監測。

## 三、干擾

- (一) 待測電磁波可能直接或經由連接線對量測儀器內部之電路造成影響。選擇電磁隔離效果良好之量錶，或以高阻線或光纖非金屬導線連接線之全向性電磁波強度計，以降低干擾。
- (二) 量測儀器、人員、天線或感測頭之支撐結構與電纜線，會對待測電磁波產生干擾，量測時人員或儀器應儘量遠離天線或感測頭；人員或儀器亦應避免處於接收天線或感測頭，與受測發射源天線之間。另外，選用非金屬之支撐結構，而量測時電纜線應儘可能保持與電場垂直之方向。量測時，天線或感測頭必須距任何物體 0.2 公尺以上，以避免天線周圍散射體之干擾。

## 四、儀器與設備

- (一) 全向性電磁波強度計，應具備之功能及規格：
  1. 涵蓋被測電磁波頻率之頻寬。
  2. 三軸全向性之量測。
  3. 功率密度( $\text{mW}/\text{cm}^2$ )、電場強度( $\text{V}/\text{m}$ )與磁場強度( $\text{A}/\text{m}$ )等單位之顯示。
  4. 電池狀態之顯示。
  5. 量測之動態範圍，最高值須高於任一被測訊號所對應之「限制時變電場、磁場及電磁波曝露指引」（以下稱曝露指引）（註 2）的三倍；最低值則須低於任一被測訊號所對應之曝露指引的十分之一。
  6. 最大值（Maximum Hold）與平均值量測顯示模式功能。

7. 均方根值(Root-mean-square, RMS)量測功能。
8. 反應時間(Response time)：1 秒以下。
9. 量錶解析度須小於量測頻率所對應之曝露指引的十分之一。

#### (二) 頻譜分析儀系統

1. 天線與頻譜分析儀之工作頻率須涵蓋被測電磁波之頻率。
2. 動態量測範圍，最高值須高於任一被測訊號所對應之曝露指引的三倍；最低值則須低於任一被測訊號所對應之曝露指引的十分之一。
3. 非金屬材料製成支撐結構之天線。

#### (三) 監測儀器

1. 監測頻段涵蓋國內各類廣播及無線通訊應用頻段（約 526.5 kHz 至 5.8 GHz）。
2. 數據單位：V/m、mW/cm<sup>2</sup> 或 W/m<sup>2</sup>。
3. 電磁波強度監測範圍至少涵蓋 0.5 V/m 至 87 V/m。
4. 監測模式應具均方根（RMS）值及最大值。
5. 應具備定時持續量取電磁波值並能自動儲存之功能。

### 五、 測量方法

#### (一) 量測前注意事項

1. 紀錄欲測電臺或基地臺基本特性，包含種類、發射功率、頻率、發射天線型式、方向與數目等。
2. 以全向性電磁波強度計偵測欲量測之區域，以瞭解現場的電磁波強度狀況，避免人員誤入過強的場強區域內。尤其是在接近電臺或基地臺的天線時，更應謹慎。
3. 量測時，由距發射天線最遠的量測點，往天線方向移動進行量測。人員不可在高於曝露指引之環境進行量測，必要時可降低發射功率，再依量測結果估算全功率時之電磁波強度。亦應避免靠近電臺或基地臺之電力設備，以防發生電擊。
4. 安裝心律調節器之人員不得執行量測工作。
5. 不可接觸工作中之調幅廣播電臺等的發射天線，亦須避免接觸電臺或基地臺附近之金屬導體。

#### (二) 量測位置

## 1. 調幅廣播電台

### (1) 量測區域範圍

- a. 調幅廣播電台區域量測範圍以天線位置為中心之圓形區域，且一般民眾可達之處。
- b. 若電台在天線外圍以圍牆隔離而限制一般民眾進入之區域，則量測區域之最小半徑為圍牆外距牆面 0.2 公尺的位置。當未設圍牆或其他障礙物時，量測區域之最小半徑為一般民眾可達最接近天線處。
- c. 量測區域之最大半徑定為發射訊號之  $1/4$  波長，約在 45 公尺至 150 公尺之範圍；若同一電台有不同工作頻率時，取頻率最低訊號之  $1/4$  波長為量測區域之最大半徑。

### (2) 量測點

- a. 在量測區域的圓形區域內選擇四條正交軸線為量測線，如圖一所示，於每一量測線上劃出等間隔的量測點，自最小量測半徑至最大量測半徑區域內定出 5 點，即每量測點間距離約為  $1/16$  波長。
- b. 若因電台之現場環境因素，使得人員實際可達之最遠距離小於  $1/4$  波長時，則在最小量測半徑與最遠可達距離間等距取 5 點進行量測。

## 2. 調頻廣播電台、無線電視台

### (1) 量測區域範圍

- a. 若該調頻電台所或無線電視台之天線為等向性時，依五(二) 1. 選定量測區域範圍。若使用方向性天線，其量測區域範圍之選定，則以天線位置為中心之一扇形區域，且一般民眾可達之處。
- b. 以發射天線最大增益的  $-3$  dB 張角(半功率波束寬)，為扇形區域的張角，如圖二所示。
- c. 量測區域之最小半徑為民眾可達最接近天線處(當未設圍牆或其他障礙物時)。量測區域之最大半徑為 50 公尺。
- d. 若是電台兼具發射水平極化與垂直極化之訊號，且天線在不同極化其場型不同時，則必須分別依水平極化與垂直極化的最大增益方向與半功率波束寬，選定水平極化與垂直極化兩個扇形量測區域。

## (2) 量測點

- a. 選定量測區域後，在扇形區域中以天線最大增益方向為中央量測線，於中央量測線兩側扇形區域內再各取一量測線，以此三條軸線為量測線 (倘若該電臺使用等向性天線，依調幅廣播電臺量測線選定規定，取四條正交線)，於每一量測線上劃出等間隔之量測點，自最小量測半徑至最大量測半徑區域內定出 5 點為量測點。
  - b. 若因現場環境因素，導致量測人員實際可達之最遠距離小於 50 公尺時，則在最小量測半徑與最遠可達距離間等距取 5 點進行量測。
3. 無線通訊基地臺：包括 2G ( GSM )、3G ( W-CDMA, CDMA2000 )、4G 與 Wi-MAX 等通訊系統基地臺。

### (1) 室外行動電話基地臺 (包括鐵塔型)

#### a. 量測區域範圍

- (a) 若使用天線為方向性天線，量測區域範圍以天線位置為中心之前方扇形區域，其張角視其發射天線特性而定，取其發射天線最大增益的 -3 dB 張角，最大半徑為 20 公尺 (水平距離)，且民眾可以活動之範圍為量測區域，如圖三所示。
- (b) 若使用天線為等向性，則以天線為圓心，取最大半徑 20 公尺 (水平距離) 之圓形區域內，且民眾可活動範圍為量測區域。

#### b. 量測點

- (a) 量測區域面積小於 20 平方公尺時，以每邊長約一公尺為單位，定出方格線，在每一方格線交點上(無障礙物且人員可達處)進行量測。
- (b) 量測區域面積為 20 至 100 平方公尺時，以每邊長約二公尺為單位，定出方格線，在每一方格線交點上(無障礙物且人員可達處)進行量測。
- (c) 量測區域面積大於 100 平方公尺時，以每邊長約三公尺為單位，定出方格線，在每一方格線交點上(無障礙物且人員可達處)進行量測。(註3)

### (2) 室內行動電話基地臺

#### a. 量測區域範圍

- (a) 若天線架設於室內牆面或柱子上時，依室外基地臺之量測方法進行選定。
- (b) 若天線架設在室內天花板上時，在其正下方前後左右約  $75^\circ$  之圓形區域，且區域內民眾可以活動範圍為量測區域。

b. 量測點

- (a) 架設於室內牆面或柱子上的天線，依室外基地臺之量測方法選定量測點。
- (b) 架設在室內天花板上的天線，在圓形區域內選擇兩個正交軸線為量測線，如圖四所示，距離地板高度 2 公尺為量測高度，在每一條量測線上進行連續的移動掃瞄量測。

4. 無線區域網路 (Wi-Fi) 系統

(1) 量測區域範圍

- a. 使用方向性天線，在天線前方半徑 2 公尺（水平距離）的半圓形區域內，且民眾可以活動範圍為量測區域。
- b. 使用等向性天線，在天線正下方，以前後左右各  $75^\circ$  之圓形區域內，且民眾可以活動範圍為量測區域。
- c. 使用等向性天線，其天線非正下方（天線架於牆壁邊或牆面上），以天線為圓心，取最大半徑 2 公尺（水平距離）之圓形區域內，且民眾可活動範圍為量測區域。

(2) 量測點

- a. 使用方向性天線，在其正前方取一條 2 公尺長的中心量測線，並在中心量測線左右約  $30^\circ$  再取兩條量測線，以距離地板高度 2 公尺為量測高度，在每一量測線上進行連續的移動掃瞄量測。
- b. 使用等向性天線，以在圓形區域內選擇兩個正交軸線為量測線，以距離地板高度 2 公尺為量測高度，在每一量測線上進行連續的移動掃瞄量測。

5. 自動監測儀器

- (1) 為有效接收來自環境各類電磁波訊號，宜選擇處於較高樓層或四周未緊鄰其他較高建築物的頂樓區域進行安裝。
- (2) 架設應避免靠近各項電力設施以防發生電擊。其位置離建物牆壁或其他建物附屬物體間的水平間隔須大於 1 公尺。

(3) 特定場所。

### (三) 儀器設定

#### 1. 全向性電磁波強度計

- (1) 全向性電磁波強度計使用電池，須先確認電池仍在正常工作狀況。
- (2) 進行全向性電磁波強度計歸零。
- (3) 選定適當的顯示單位。
- (4) 選定適當的頻率範圍。

#### 2. 頻譜分析儀

- (1) 依待測訊號頻率，選擇適當並已知天線因子與電纜線的損耗之天線，並以電纜線連接天線與頻譜分析儀，連接時必須確定接頭穩固沒有鬆動。
- (2) 參考表一與表二選擇適當之解析頻寬 (Resolution Bandwidth, RBW) 及視訊頻寬 (Video Bandwidth, VBW)。

#### 3. 自動監測儀器

- (1) 確認設備之電池或電源狀況為正常。
- (2) 設定並確認設備內部之時間。
- (3) 量測模式設定為均方根值或最大值；如以均方根值模式應設定平均時間為 6 分鐘。
- (4) 設定監測設備自動定期回傳數據之時間間隔。
- (5) 設定監測時間，建議每一監測位置監測期間至少持續 30 天。

### (四) 量測步驟

1. 先以全向性電磁波強度計為量測儀器，在同一量測點上進行三軸向的場強量測，以其量測結果再判斷是否使用頻譜分析儀系統。當無法確定主要的待測發射源，比如在住家或辦公室裡時，無法確定訊號來源；或者因量測點所在訊號強度過低，以全向性電磁波強度計無法測得有效讀值，須使用頻譜分析儀系統進行量測。
2. 亦可直接使用頻譜分析儀系統，而不須先以全向性電磁波強度計進行量測。頻譜分析儀系統使用時機如下述。

- (1) 當無法確定主要的待測發射源，比如在住家或辦公室裡時，無法確定訊號來源；或者因量測點所在訊號強度過低，以全向性電磁波強度計無法測得有效讀值，須使用頻譜分析儀系統進行量測。
  - (2) 以全向性電磁波強度計進行量測所得結果大於「曝露指引」限值。
3. 在量測時，必須由距發射天線最遠的量測點開始，往天線方向移動逐點進行量測，以避免危及量測人員與儀器的安全。
  4. 在量測時，電磁波強度計之感測頭或天線皆必須距離任何物體(如金屬物體或牆面等)0.2公尺以上。
5. 調幅廣播電臺
    - (1) 由全向性電磁波強度計為量測儀器，以最大值量測模式，於每一量測點進行距地面高度0.2至2公尺之連續掃描，掃描時間應大於10秒，記錄量測之最大值。
    - (2) 須使用電場感測頭及磁場感測頭，對電場及磁場分別進行量測。
    - (3) 對任一量測點之量測結果，若最大值高於曝露指引限值，則須在此量測點上找出最大值發生位置，並於該位置持續量測6分鐘，取其6分鐘平均值，判斷該值是否超出曝露指引限值。
    - (4) 若全向性電磁波強度計6分鐘平均值之量測結果仍高於曝露指引限值，應以頻譜分析儀系統在此量測點上進行三軸向的場強量測，取其6分鐘最大值，並以三軸量測結果取其均方根值(註4)，以確認超出曝露指引限值之輻射電磁波是否由該發射電臺所產生。
      - a. 若確定為被測發射電臺所產生，則仍以全向性電磁波強度計6分鐘平均值為量測結果。
      - b. 若超過曝露指引限值之原因是存在其他訊號所造成，須以頻譜分析儀系統量測並計算曝露比(方式詳六、(四))。
    - (5) 其他位置量測(註3)。
  6. 調頻廣播電臺、無線電視臺
    - (1) 全向性電磁波強度計為儀器，以最大值量測模式，於每一量測點距地面高度0.2至2公尺位置連續掃描，掃描時間應大於10秒，記錄量測之最大值。

- (2) 任一量測點最大值若高於曝露指引限值時，找出最大值發生位置後，並於該位置持續量測 6 分鐘，取其 6 分鐘平均值。
  - (3) 若以全向性電磁波強度計 6 分鐘平均值之量測結果仍高於曝露指引限值，應以頻譜分析儀系統在此量測點上進行三軸向的場強量測，取其 6 分鐘最大值，並以三軸量測結果取其均方根值，以確認超出曝露指引限值的電磁波是否均由該發射電臺所產生。
    - a. 若確定為被測發射電臺所產生，則仍以全向性電磁波強度計 6 分鐘平均值為量測結果。
    - b. 若超過曝露指引限值之原因是存在其他訊號所造成，須以頻譜分析儀系統量測並計算曝露比（方式詳六、（四））。
  - (4) 其他位置量測（註 3）。
7. 室外行動電話基地臺：同五、（四）6。
  8. 室內行動電話基地臺：以距離地板高度 2 公尺為量測高度，在每一量測線上進行連續的移動掃瞄，記錄量測之最大值，若量測之最大值超出曝露指引限值，則量測步驟同五、（四）、6。
  9. 無線區域網路系統：同五、（四）8。
10. 頻譜分析儀系統量測
    - (1) 除依照儀器使用手冊操作，仍依規定進行儀器設定，包括解析頻寬、視訊頻寬以及偵測模式(Detection Mode)。依據待測訊號的頻寬以及頻譜分析儀解析頻寬的關係，分為下列兩種設定方式。
      - a. 窄頻訊號
        - (a) 電台或基地台所發射的訊號，頻寬小於頻譜分析儀所能設定的解析頻寬，則稱為窄頻訊號。
        - (b) 宜設定頻譜分析儀解析頻寬大於訊號頻寬，惟也不能太寬以免涵蓋相鄰的訊號，而造成量測誤差。建議的解析頻寬設定如表一。進行窄頻訊號量測時，偵測模式設為峰值(Peak)。
      - b. 寬頻訊號
        - (a) 電台或基地台所發射的訊號，頻寬大於頻譜分析儀所能設定的解析頻寬，則稱為寬頻訊號。



- (b) 頻譜分析儀採用通道功率(Channel Power)的量測模式，將設定頻寬內的訊號功率加總，因此若設定通道功率的頻寬涵蓋訊號的頻寬，則可以直接量測寬頻訊號。
  - (c) 來自不同發射源的窄頻訊號，也可以利用通道功率將所有訊號加總，而不必逐一量測每一個訊號。比如一次量測所有的調頻訊號，或是在基地台共站的情況下，也可以利用通道功率的量測模式，快速量測來自不同系統的訊號之總電磁波強度。在使用通道功率的情況下，偵測模式設為平均值(Average/RMS Average)，視訊頻寬須要大於解析頻寬3到10倍，建議的設定如表二。
- (2) 以天線進行初步掃瞄，找出最大值發生的地點，再於該點上對各發射頻率進行三軸向的場強量測。
  - (3) 取其6分鐘平均值，並以三軸量測結果取其和方根值，依據六、結果處理所列公式計算曝露比。

## 六、 結果處理

- (一) 量測結果紀錄內容至少需包括量測地點、量測時溫溼度、量測人員、發射頻率、各頻率相對應之曝露指引限值、量測儀器廠牌型號序號、量測位置與發射源相對位置圖示等。
- (二) 監測數據需以時間序列呈現或適當分析軟體處理，以利瞭解電磁波變化情況。
- (三) 當使用頻譜分析儀系統量測時，每一訊號皆須進行三軸量測並取其和方根值，每一訊號皆計算其電場強度或磁場強度或功率密度值，再視需要以下列公式計算曝露比 ( Exposure Ratio, ER)。
- (四) 若在遠場，則僅須以電場強度、磁場強度或功率密度擇一計算曝露比，若在近場(如調幅廣播電臺等)，則須分別計算電場強度與磁場強度的曝露比，並擇其最大值代表。曝露比計算方式:

$$ER = \text{MAX} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{E_i^2}{EL_i^2}, \sum_{i=1}^n \frac{H_i^2}{HL_i^2} \right]$$

or

$$ER = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{PL_i}$$

其中

$E_i$ : 第*i*個訊號之電場強度量測結果

$H_i$ : 第*i*個訊號之磁場強度量測結果

$P_i$ : 第*i*個訊號之電磁波功率密度量測結果

$EL_i$ : 第*i*個訊號相對應之電場強度曝露指引限值

$HL_i$ : 第*i*個訊號相對應之磁場強度曝露指引限值

$PL_i$ : *i*個訊號相對應之功率密度曝露指引限值

#### (五) 電場強度

以天線及頻譜分析儀進行量測時，依下式計算電場強度：

$$E_0(\text{dB}_{\mu\text{V/m}}) = P(\text{dBm}) + 107(\text{dB}) + \text{AF}(\text{dB}_{1/\text{m}}) + \text{CL}(\text{dB})$$

其中  $E_0$ ：電場強度

$P$ ：頻譜分析儀測得功率讀值

107(dB)：電壓值(dB $\mu$ V)與功率值(dBm)在 50 歐姆阻抗系統中的轉換係數

AF：天線因子

CL：電纜線損耗(Cable Loss)

#### (六) 磁場強度

以環形天線及頻譜分析儀進行量測時，依下式計算磁場強度：

$$H(\text{dB}_{\text{A/m}}) = P(\text{dBm}) - 13(\text{dB}) + \text{AF}_H(\text{dB}_{\text{S/m}}) + \text{CL}(\text{dB})$$

其中  $H$ ：磁場強度

$P$ ：頻譜分析儀測得功率讀值

-13(dB)：電壓值(dBV)與功率值(dBm)在 50 歐姆阻抗系統中的轉換係數

$\text{AF}_H$ ：環形天線之磁場天線因子

CL：電纜線損耗

#### (七) 電磁波強度單位換算

$$E_0(\text{dB}\mu\text{V/m}) = 20 \times \log E_1(\mu\text{V/m})$$

$$E_2(\text{V/m}) = E_1(\mu\text{V/m}) / 10^6$$

$$P(\text{mW/cm}^2) = [E_2(\text{V/m})]^2 / (10 \times Z_0)$$

$$\doteq [E_2(\text{V/m})]^2 / 3770$$

其中  $E_1$ ：為以  $\mu\text{V}/\text{m}$  單位表示的電場強度值

$E_2$ ：為以  $\text{V}/\text{m}$  單位表示的電場強度值

$P$ ：為以  $\text{mW}/\text{cm}^2$  單位表示的電磁波功率密度值

$Z_0$ ：為自由空間之波阻抗，約等於 377 歐姆

上開公式僅適用於量測點滿足遠場條件時。

## 七、品質管制

儀器設備（全向性電磁波強度計與頻譜分析儀）必須每二年送可追溯至國家量測標準的實驗室進行校正，其允收範圍須小於校正設定值 $\pm 20\%$ 。

## 八、檢驗相關條件註記

（略）

## 九、參考文獻

- （一）IEEE Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields-RF and Microwave, IEEE C95.3, 1991.
- （二）Basic standards to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110 MHz – 40 GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions or the reference levels related to general public exposure to radio frequency electromagnetic fields, when put into service, EN 50400, 2006.
- （三）Basic standards for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations, EN 50492, 2008.
- （四）Measuring Non-Ionizing Electromagnetic Radiation (9 kHz – 300 GHz), ECC/REC/(02)04, Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), 2003.
- （五）行政院環境保護署，電磁波預警措施之研究計畫期末報告，EPA-91-E3S2-02-01，中華民國 99 年。
- （六）行政院環境保護署，非屬原子能游離輻射檢測技術暨室內外長

期環境監測之研究計畫期末報告，EPA-103-U1F1-02-105，中華民國 103 年。

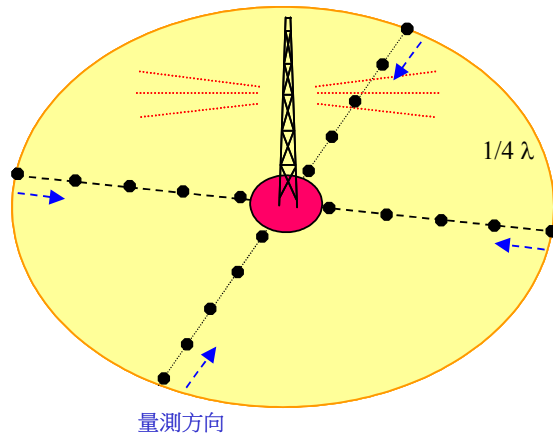
- 註 1：全向性電磁波強度計包含三軸全向性電磁波感測頭以及電磁波強度顯示器（英文亦為 Electromagnetic field strength meter/sensor/probe，RF radiation hazard meter/monitor/survey instrument）。天線與頻譜分析儀組成的量測系統(以下簡稱頻譜分析儀系統)中的頻譜分析儀，亦可為功能符合本方法之量測需求，但名稱不同的儀器(比如接收機)。
- 註 2：曝露指引係指環保署 101 年 11 月公告「限制時變電場、磁場及電磁波曝露指引」。
- 註 3：量測區域內若有民眾的建築，可於建物內依陳情人指定位置進行量測，並於報告中加註說明。
- 註 4：均方根值： $|E| = \sqrt{|E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2}$ ， $|H| = \sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2 + |H_z|^2}$

表一. 窄頻訊號量測儀器設定參考條件

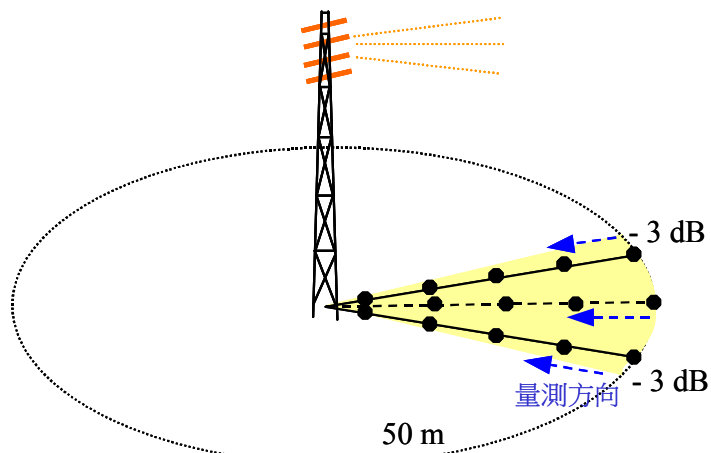
電台或基地台類型	解析頻寬(kHz)	視訊頻寬(kHz)
調幅	10	10
調頻	100	30
2G	200	300

表二. 使用通道功率量測模式儀器設定參考條件

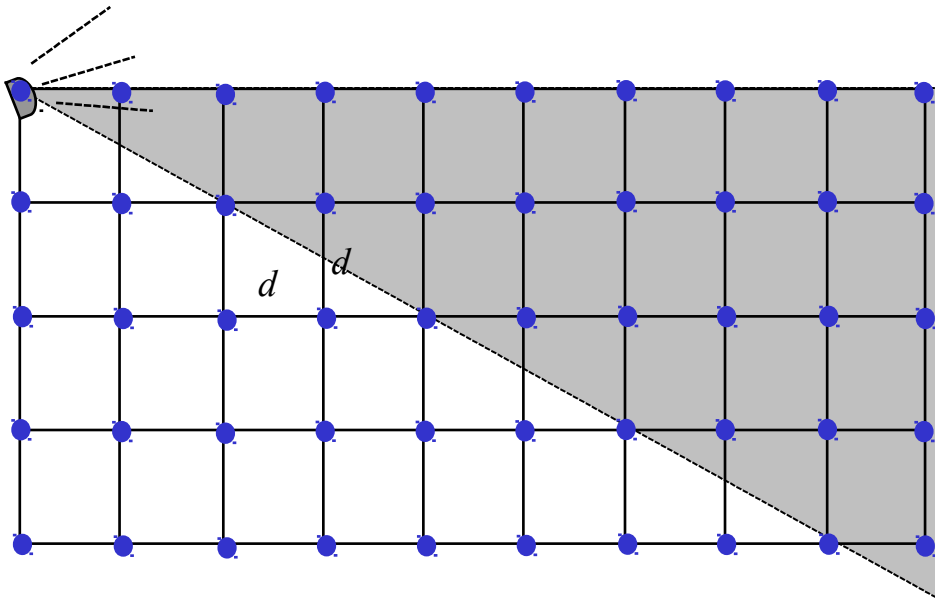
電台或基地台類型	解析頻寬(MHz)	視訊頻寬(MHz)
FM	0.3	3
2G(≐900MHz)	0.3	3
2G(≐1800 MHz)	0.3	3
3G	0.3	3
Wi-Fi	0.3	3
Wi-MAX	0.3	3



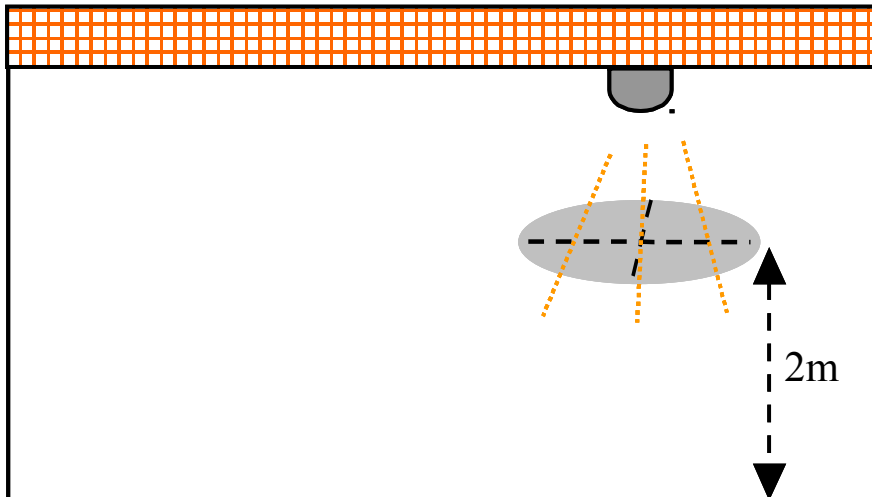
圖一、調幅 (AM) 廣播電臺量測點選擇



圖二、調頻 (FM) 廣播電臺與無線電視臺量測點選擇



圖三、室外行動電話基地臺量測區域範圍選擇



圖四、室內行動電話基地臺量測點選擇