

专题九：移动通信天线进展

天线常用仿真软件

- 第6章手机天线
- 第9章新型天线



A sunset scene with silhouettes of people on a cliff. The sky is filled with colorful clouds in shades of orange, pink, and purple. The sun is a bright white circle in the upper right corner. In the foreground, the dark silhouettes of several people are visible as they stand on a rocky ledge, looking out over the vast landscape.

Progress in Mobile Communication Antennas

移动通信天线进展

内 容 提 要

I . Base Station Antennas

基站天线

II . Mobile Terminal Antennas

移动终端天线

III . Smart Antennas in Mobile
Communications

移动通信中的智能天线



I. Base Station Antennas

基站天线

1. 高增益
2. 方向图赋形
3. 多频段
4. 分集接收

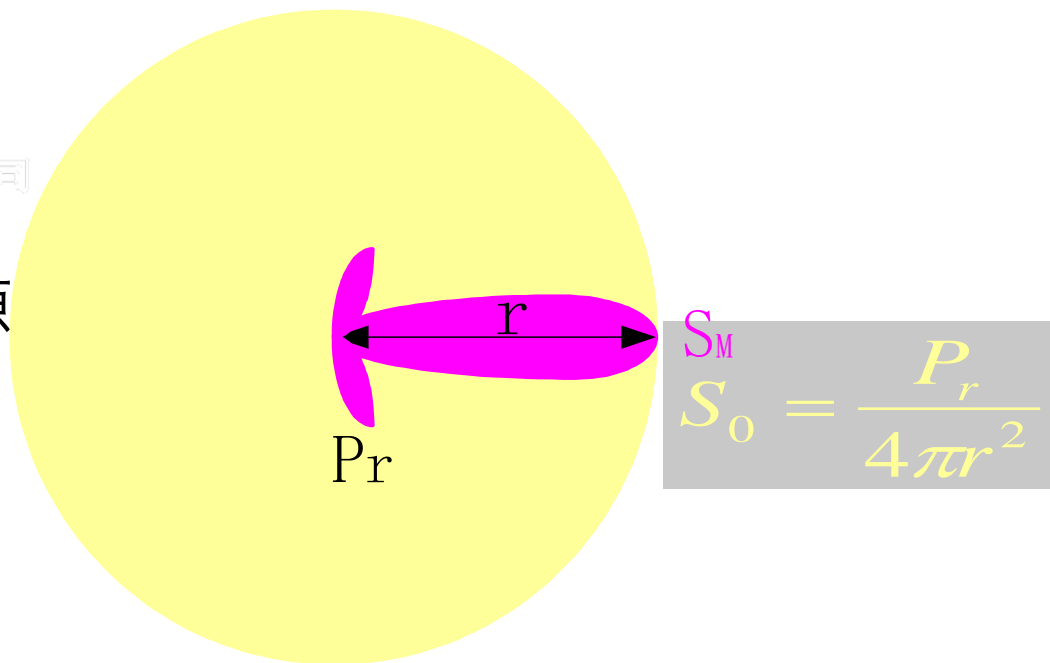


1. 高增益

- 天线增益

$$G \approx D = \frac{S_M}{S_0} \quad P_r, r \text{ 相同}$$

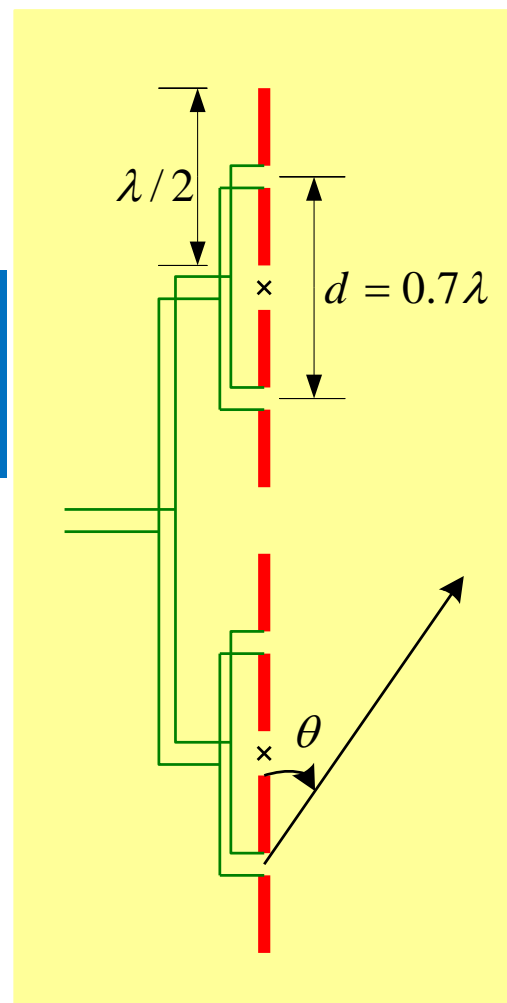
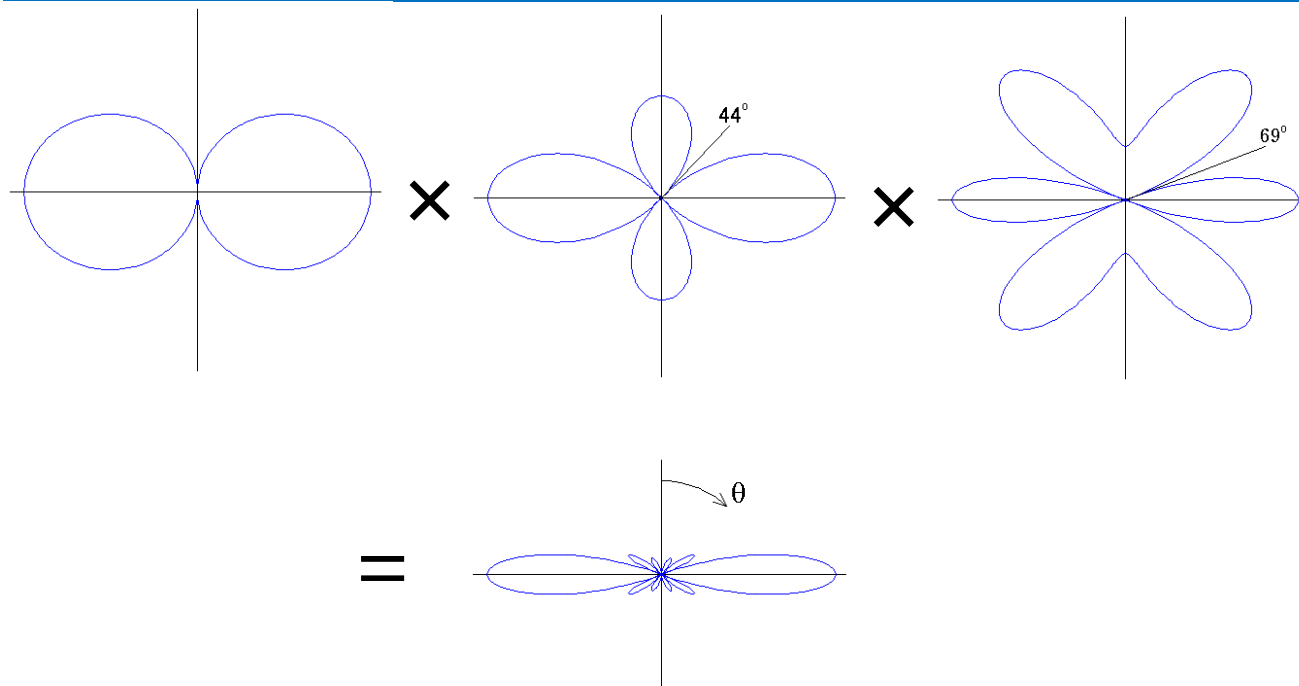
- 方向性增益D的提高源自减小向非信号方向的辐射。
- 因水平面需要全向辐射，故只有压窄垂直面波瓣。



a. 双导线馈电：

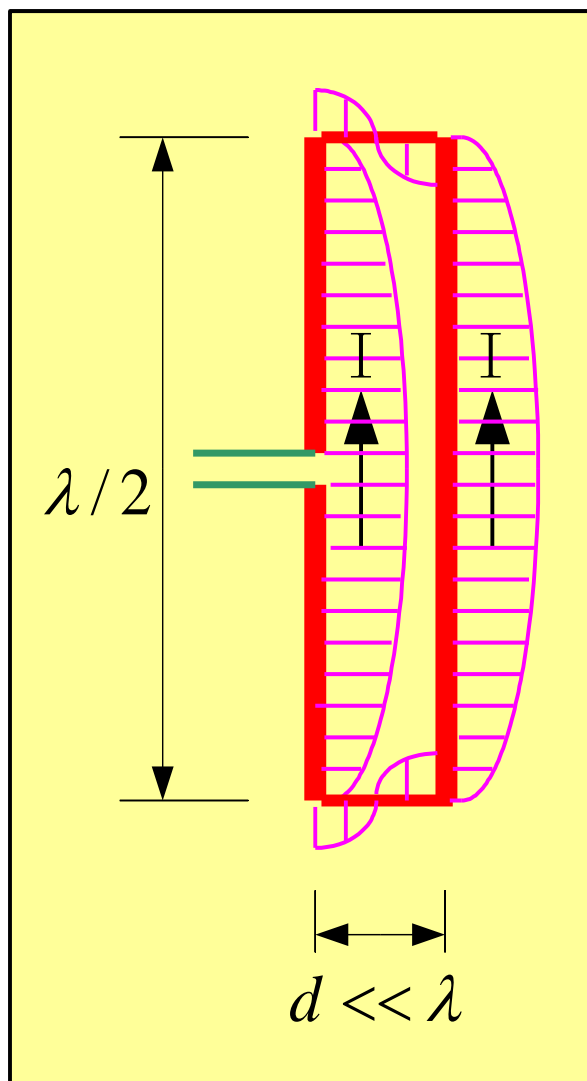
- 方向图

$$F(\theta) = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta} \bullet 2\cos\left(\frac{kd}{2}\cos\theta\right) \bullet 2\cos\left(\frac{2kd}{2}\cos\theta\right)$$



双导线馈电的共轴天线阵原理图

• 折合振子



二振子波腹电流均为 I ，故辐射功率为：

$$P_r = (1/2)(2I)^2 \times 73.1$$

其输入功率为：

$$P_{in} = (1/2)I^2 R_{in}$$

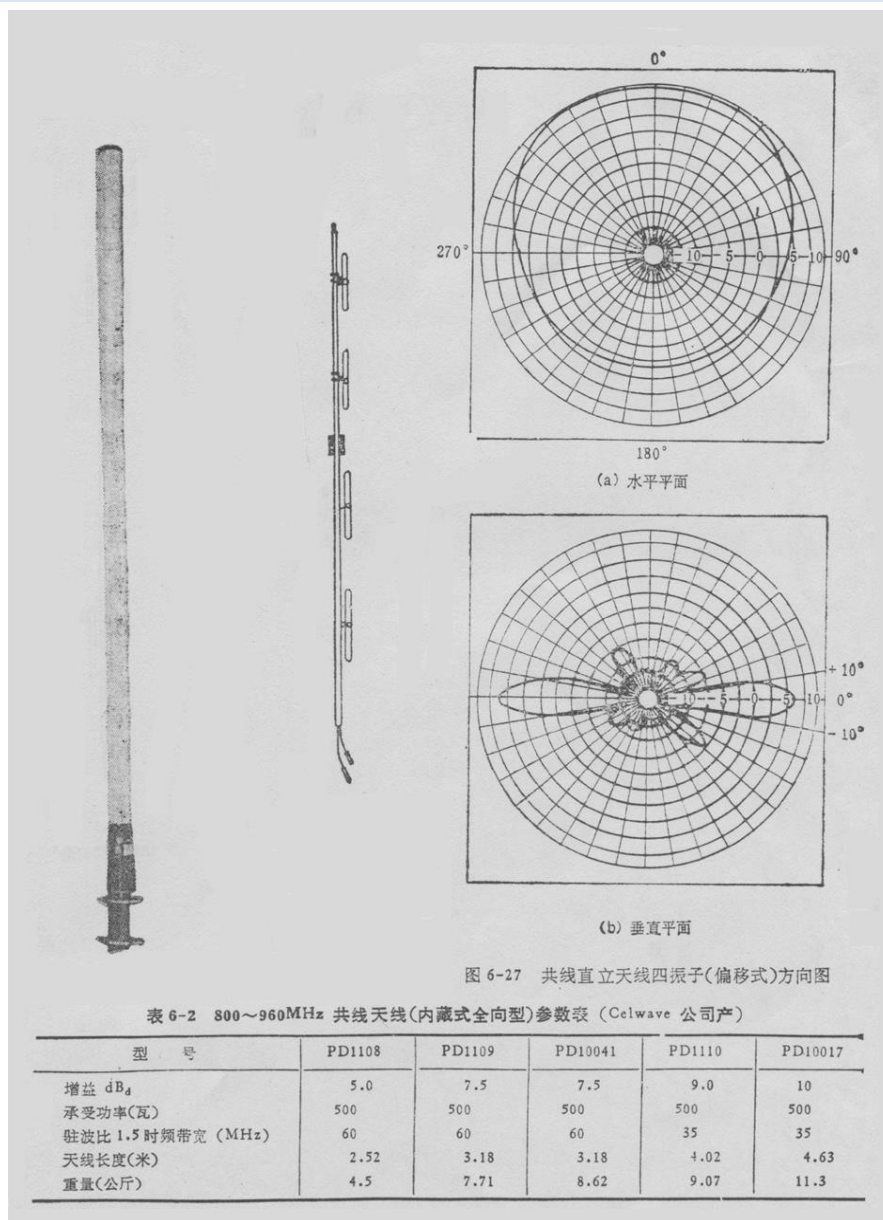
不计天线损耗，则 $P_r = P_{in}$ ，得

$$R_{in} = 4 \times 73.1 = 292.47 \Omega$$

便可与 $Z_c = 300 \Omega$ 双导线直接相接（相匹配）

专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

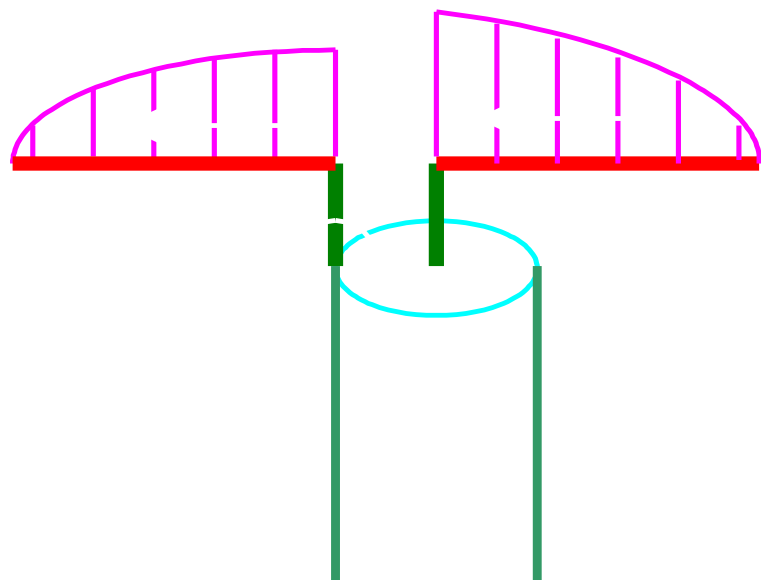
• 共线天线



b. 同轴线馈电：

- 平衡变换器 (balun 巴伦)

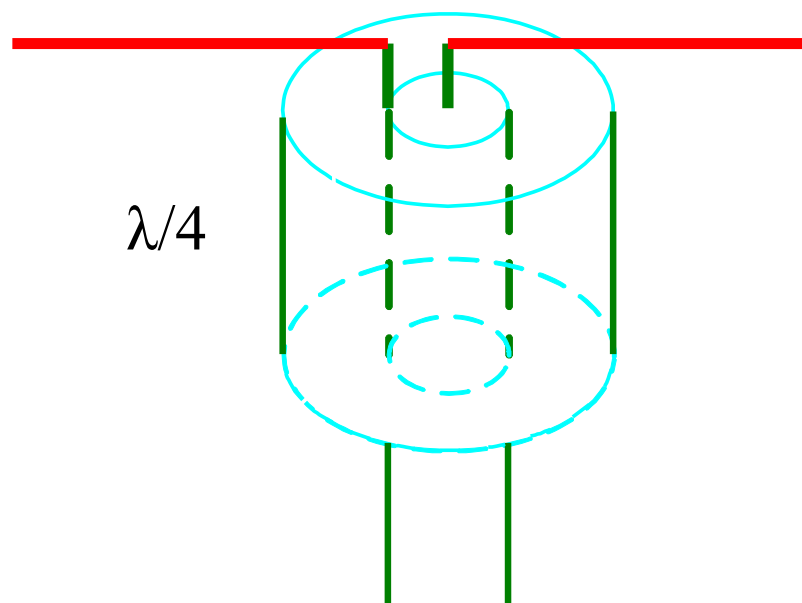
问题：



$$I_1 = I_2, \text{ 但 } I_2 = I_3 + I_4$$

$$\therefore I_3 \neq I_1$$

改进（一例）：

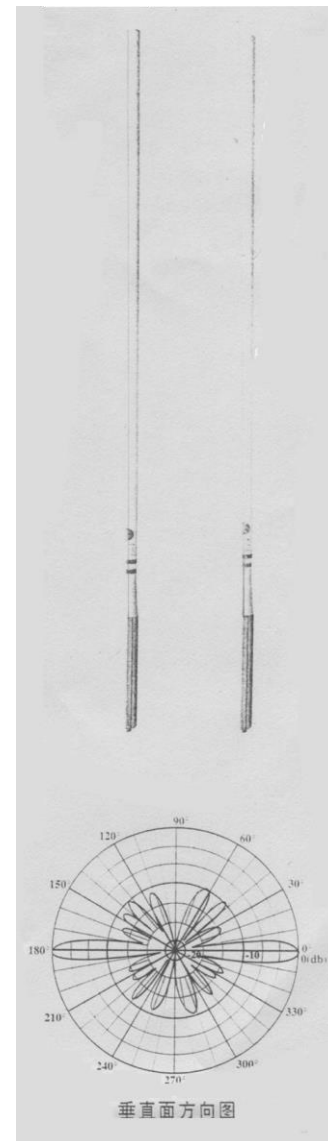
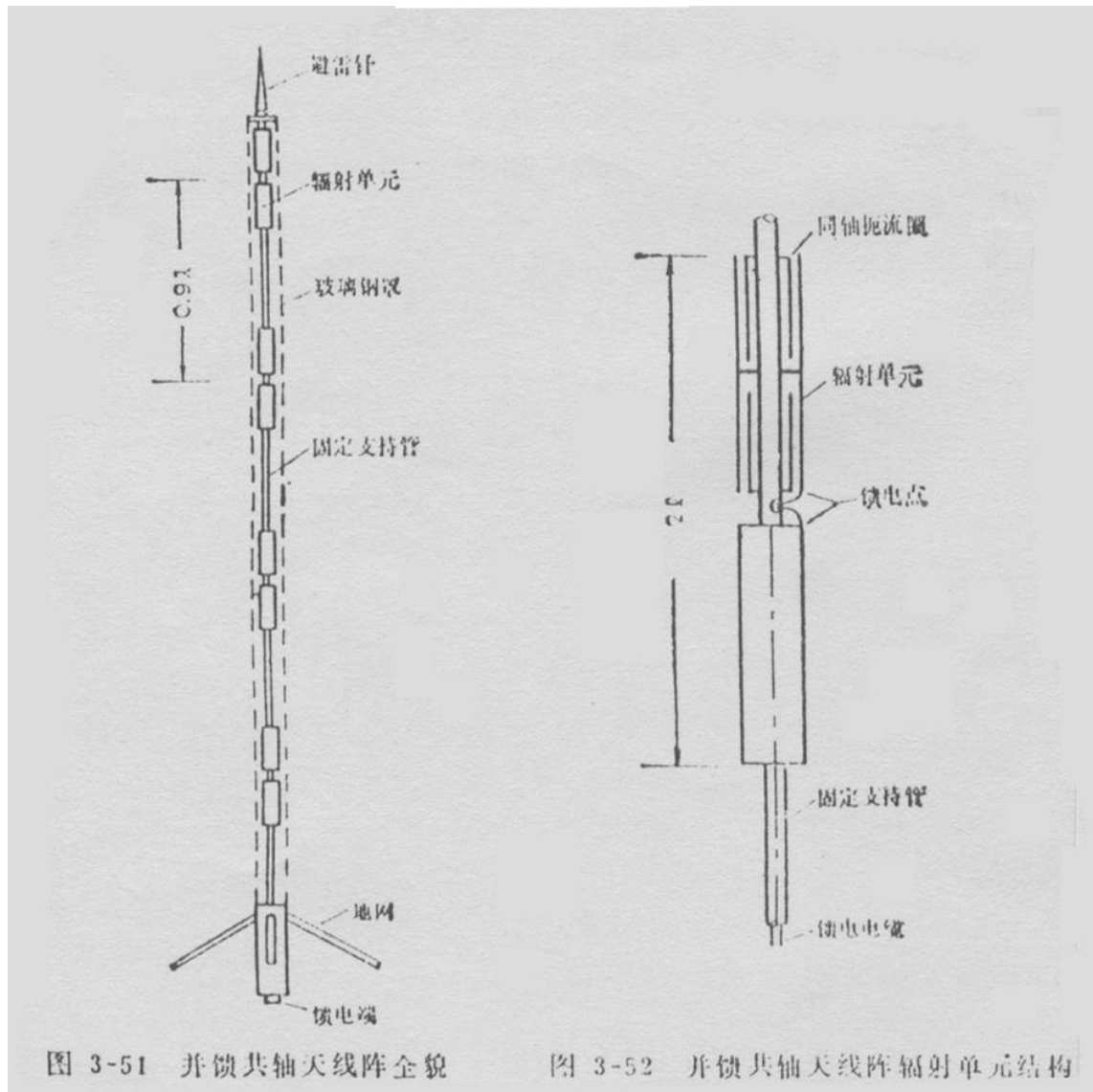


$$Z_1 = jZ_c \tan(\pi/2) \rightarrow$$

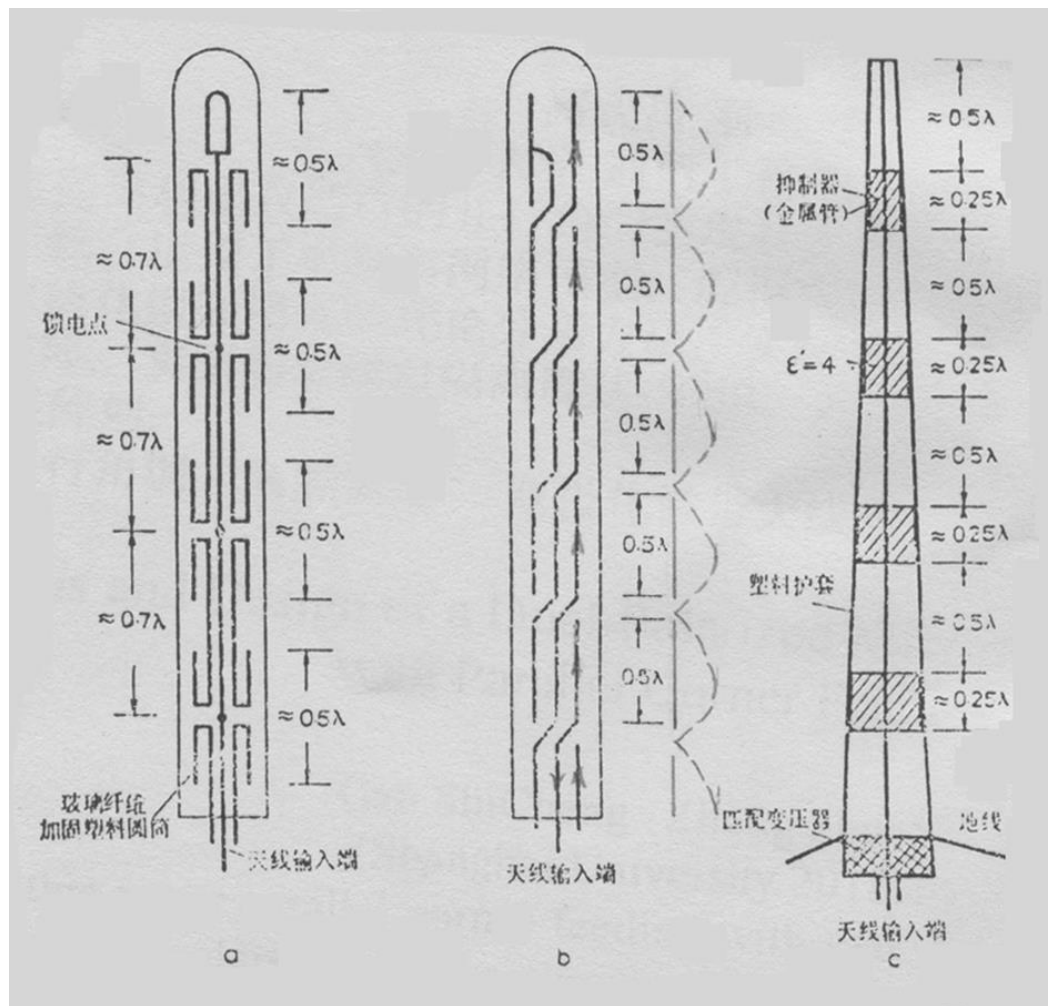
$$\therefore I_4 \rightarrow 0$$

专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

• 并馈共轴天线阵



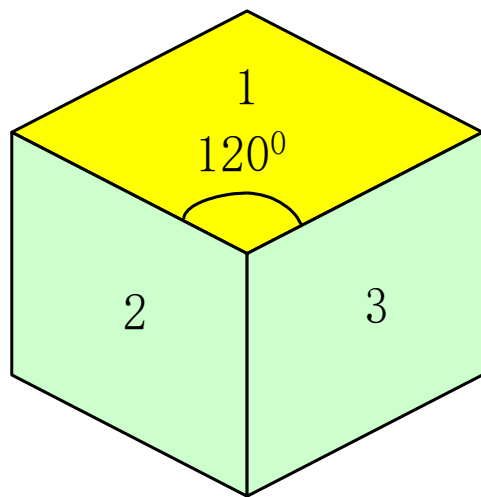
• 高增益全向天线



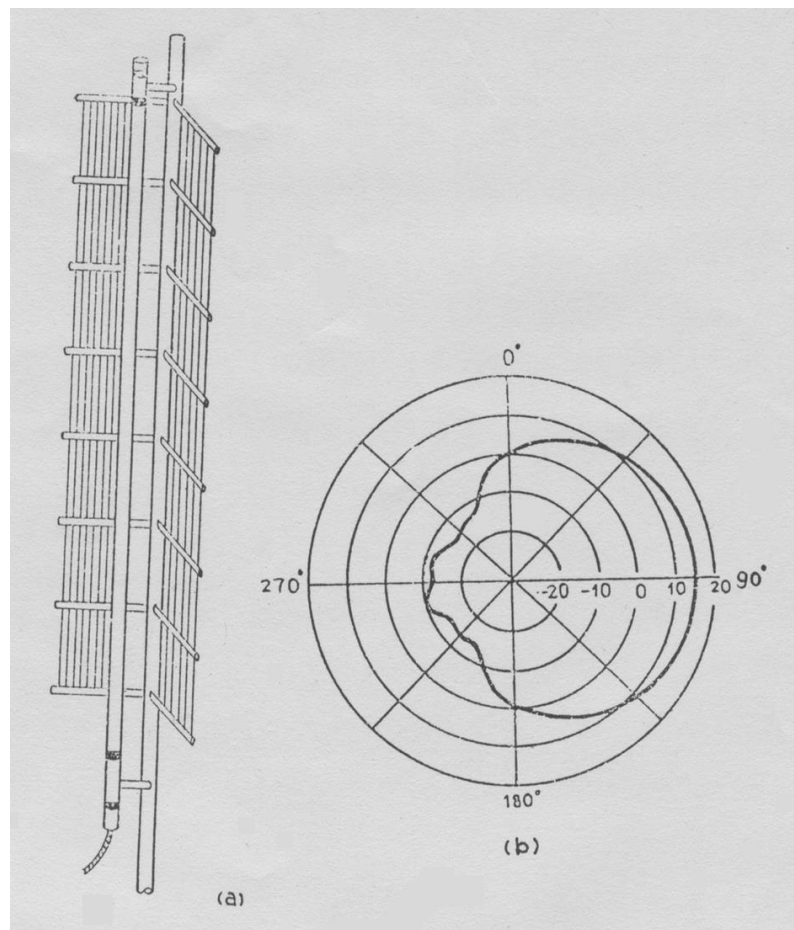
2. 方向图赋形

a. 水平面赋形:

- 角反射器天线



采用扇形化小区，每
一天线形成 120° 扇形
波束，则天线增益提
高，从而增大信号干
扰比S/I。

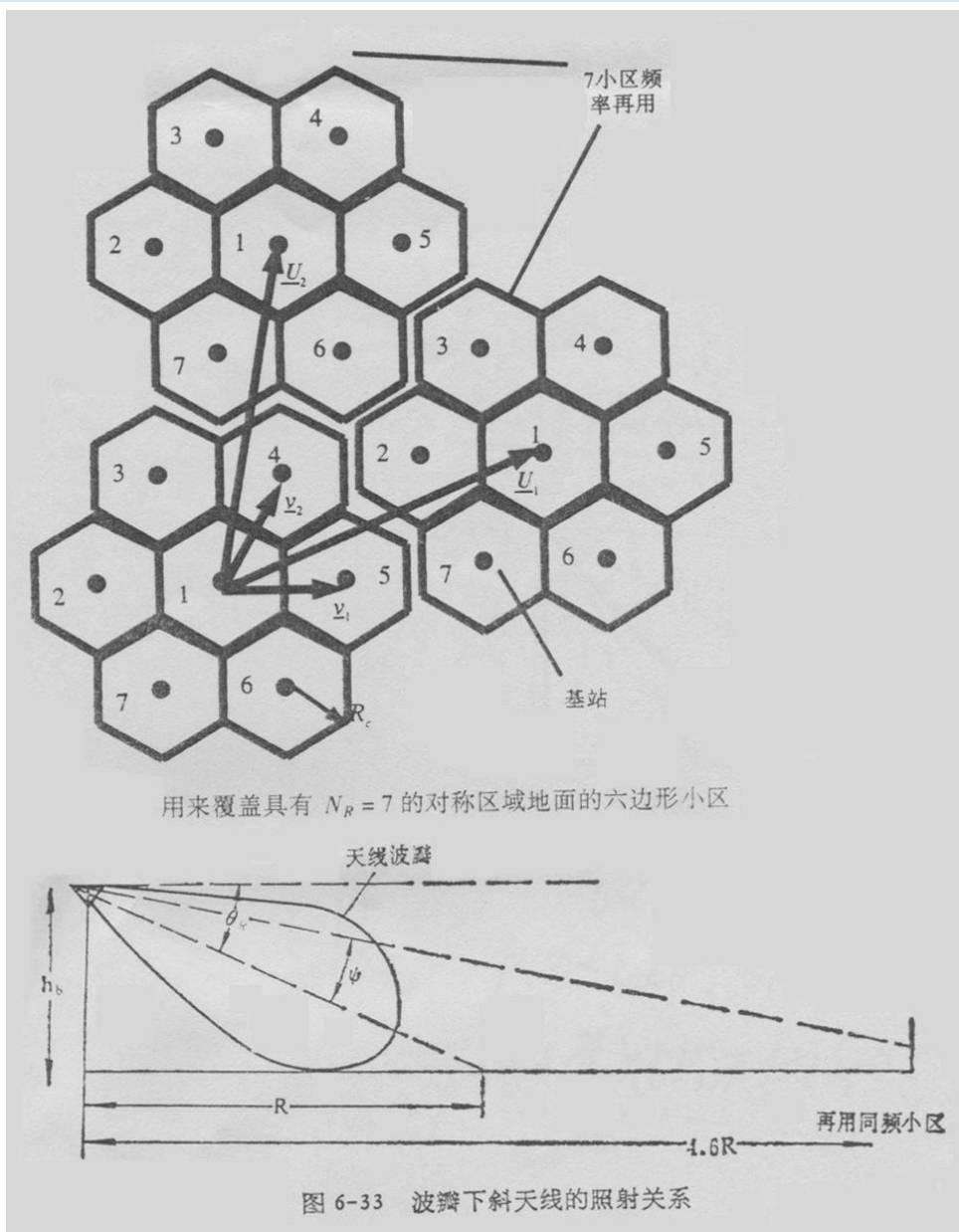


900MHz高增益方向性天线

b. 垂直面赋形：

- 波瓣下斜

如果天线较高（150米以上）同时垂直平面的波束又较窄（即天线增益较大）时，则可使共信道的信干比得到约3dB左右的好处（即同频干扰减弱约3dB）。



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

3. 多频段

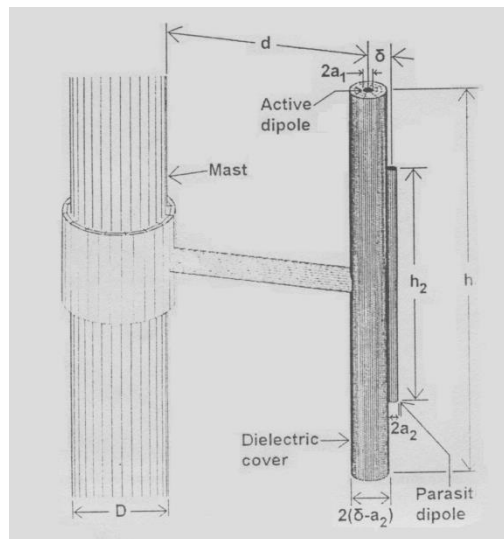


Figure 7a. The radiation pattern of the base-station antenna in the horizontal plane for 1800 MHz.

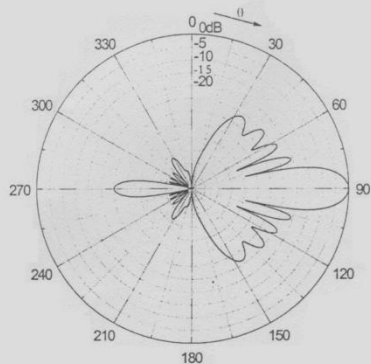


Figure 7b. The radiation pattern of the base-station antenna in the vertical plane for 1800 MHz.

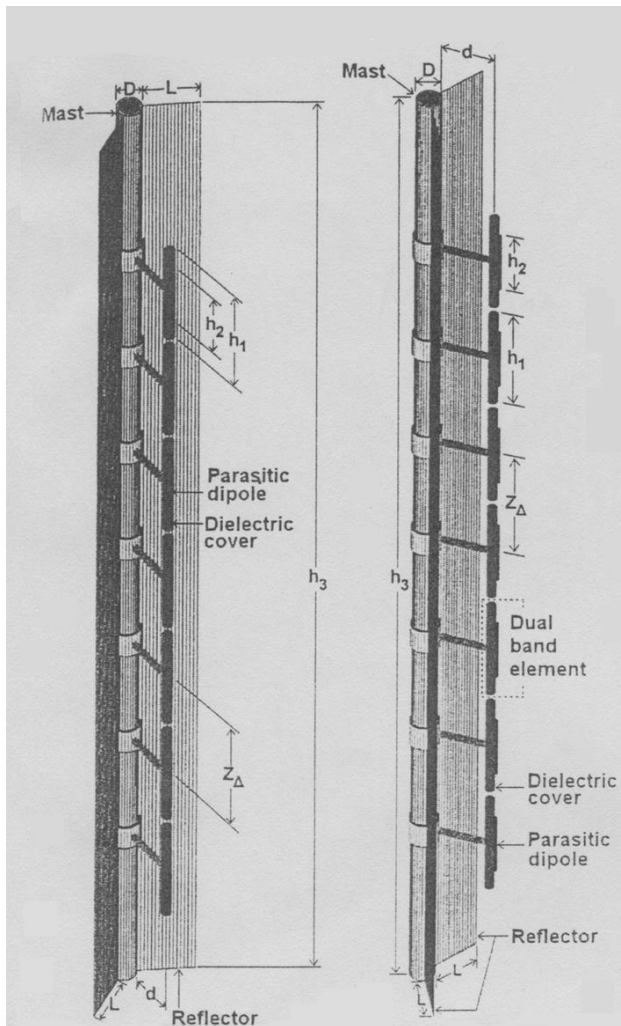


Figure 6b. The radiation pattern of the base-station antenna in the vertical plane for 900 MHz.

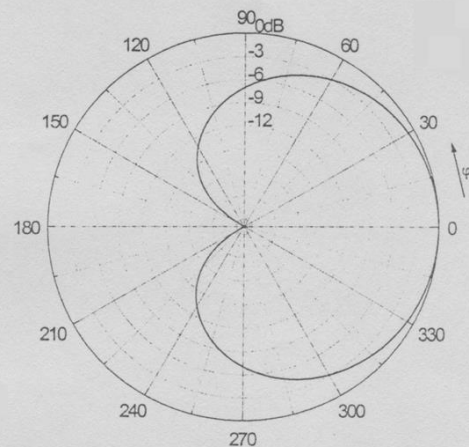
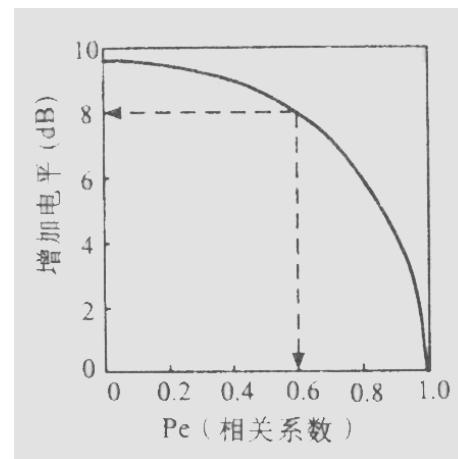
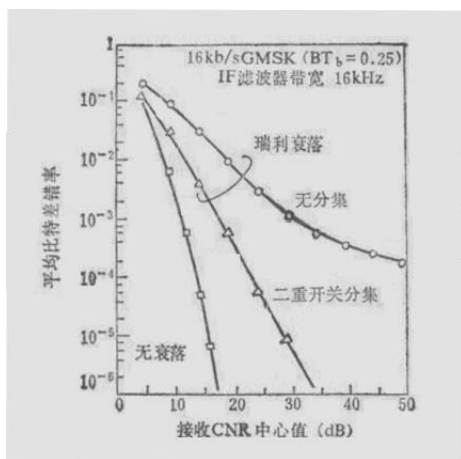


Figure 7a. The radiation pattern of the base-station antenna in the horizontal plane for 1800 MHz.

4. 分集接收

a. 空间分集:

利用相隔一定距离的两个（多个）天线分别接收，适当合并，减小信号衰落的影响。



瑞利衰落中GMSK有无分集时误码性能

误码率 10^{-3} :

无分集 $C/N = 30\text{dB}$

开关分集 $C/N = 18\text{dB}$

\therefore 改善: 12dB

选用的分集方案产生的电平提升

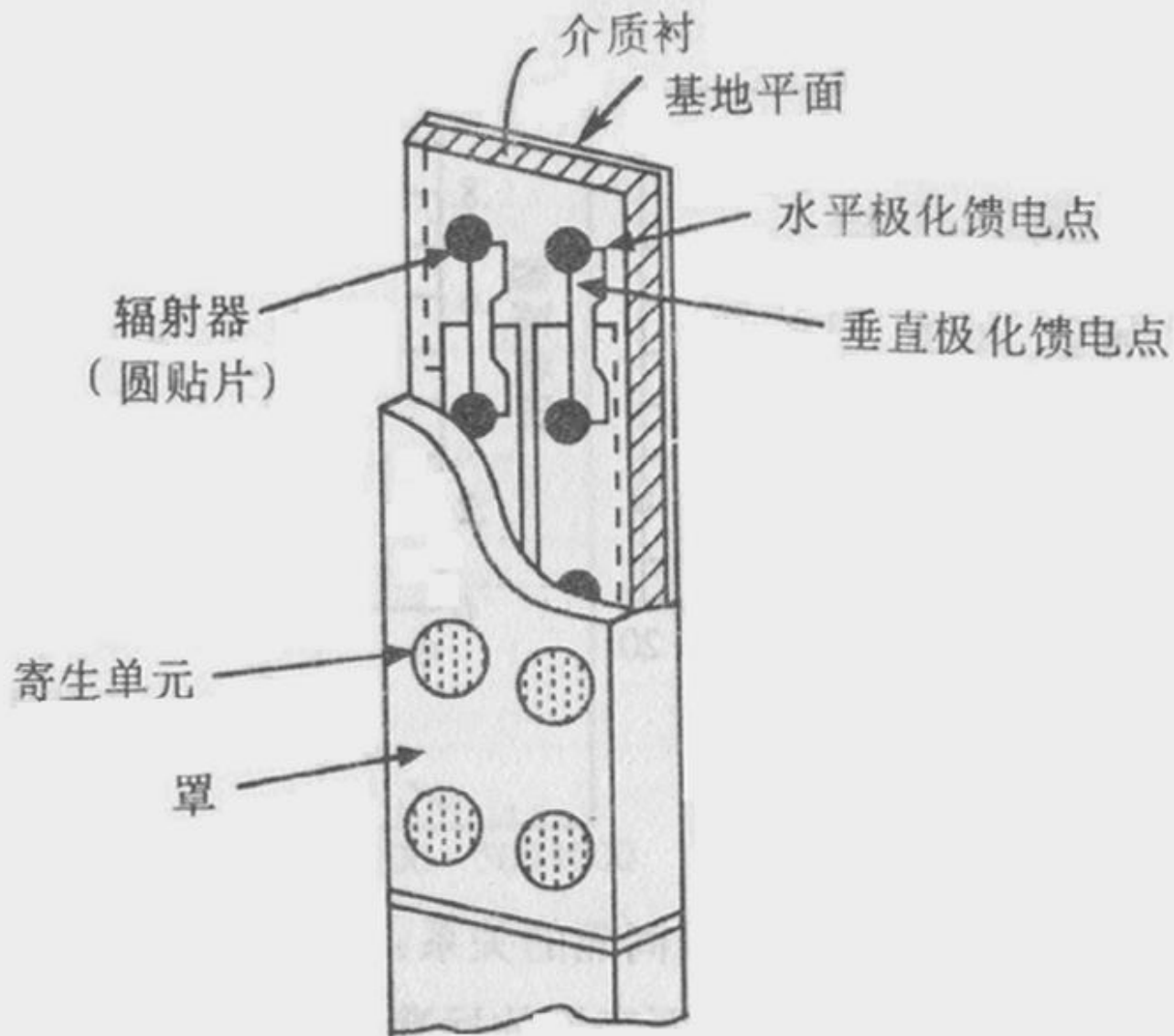
当相关系数达0.6

C/N 改善8dB

一般改善: 约10dB

b. 极化分集：

极化分集
微带贴片天线
(60°扇形波束)



II. Mobile Terminal Antennas

移动终端天线



移动通信终端

- 蓝牙设备(Bluetooth)
- 移动电话
- 无线LAN卡
- 无绳电话
- RFID卡



基本特点

- 天线位于人体附近
- 安装在设备内
- 使用位置不固定

便携式无线通信设备对天线要求

- 体积小、重量轻、主面的辐射方向图应是准全向的；
- 带宽要尽可能宽、人体（手）对天线的影响要尽可能小、人体对天线的电磁能量的比吸收率(SAR)应尽可能小；
- 希望能将天线集成到便携通信设备的印制电路板或塑料外壳上。

专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件



"Before"



"Now"

手机天线主要技术指标

- 频率
- 增益
- 阻抗
- 驻波比
- 吸收率



手机天线结构与形式

➤ 外置式：

$\frac{1}{4}$ 波长鞭状、 $\frac{1}{4}$ 波长伸缩式、螺旋

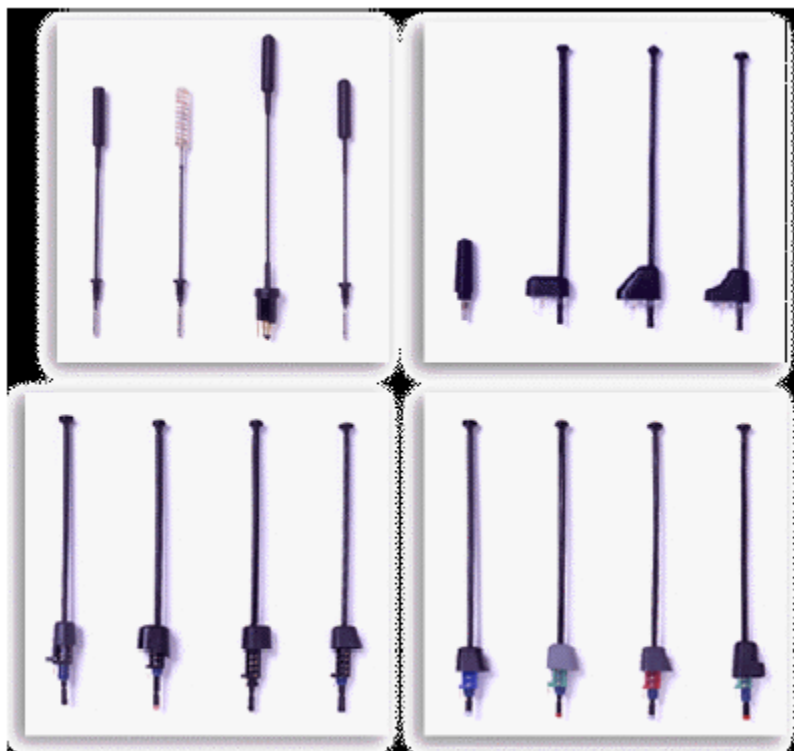
➤ 内藏式：

微带缝隙、微带贴片、介质、
背腔式、铁氧体式

外置手机天线



各种外置手机天线



各种外置手机天线

Dual- & Tri-Bands
Retractable (High Gain)



First high performance 10mm dual-bands
antenna



Dual- & Tri-Bands
Retractable



Dual- & Tri-Bands
Stubbies



Wireless LAN Dipoles



单极天线和螺旋天线

- 不能集成到印制电路板或设备外壳上，增加总尺寸(尤其是伸缩式)；
- 易于折断和弯曲；
- 天线比吸收率（SAR值）高，不易屏蔽，人体对天线的性能影响较大；
- 仅有一种极化特性，在人体附近场性能较差。

专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

- 螺旋天线加工不易达到精确控制和重复性，需要匹配电路，使成本和损耗都增加；
- 可伸缩的外装式天线还存在天线可伸缩次数的物理极限；
- 伸缩天线在处于某一中间位置时，天线在电气上并未与电话机相连；
- 伸缩天线外装式天线通常要求一个内装分集天线来解决衰减问题；
- 外装式天线通过隔离接收与发射频段来取消双工器



外置式线天线的评价

- 移动通信基站发射天线都是采用垂直极化，当手机垂直放于自由空间中时可从其水平面上得到最高的接收灵敏度，于是可用来评价手机天线的性能。
- 通常外置式手机辐射方向图也通过同时测量有无人体和大脑影响的效应。考虑到人体效应，天线的效率约为10%，也就是说，当手机天线靠近人体使用时的整个效率会大大降低。

专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

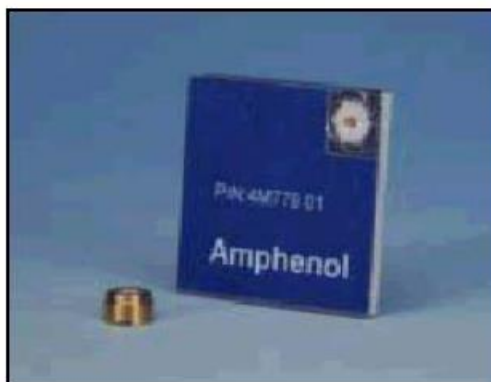
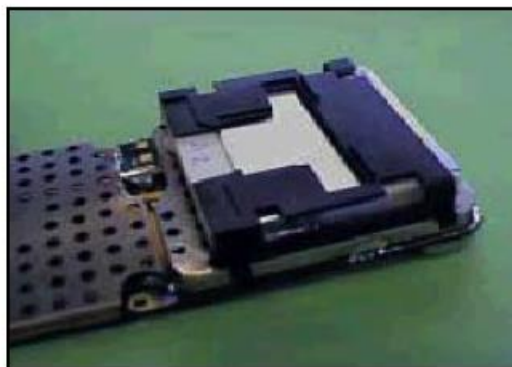
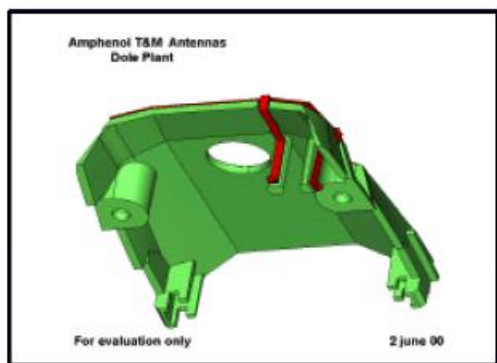
- 能量的损耗主要是由于人脑和手对电磁波的吸收，以及天线在人体附近所引起的失配；
- 要精确测量这两个因素所造成的功率损耗比很困难，通常是采用测量天线在自由空间的回波损耗和在人体旁回波损耗的比值；
- 天线在人体旁失配所引起的功率损耗为总功率损耗的20%；
- 在人体附近有近80%总功率损耗是被人手和大脑所吸收掉。



内置手机天线

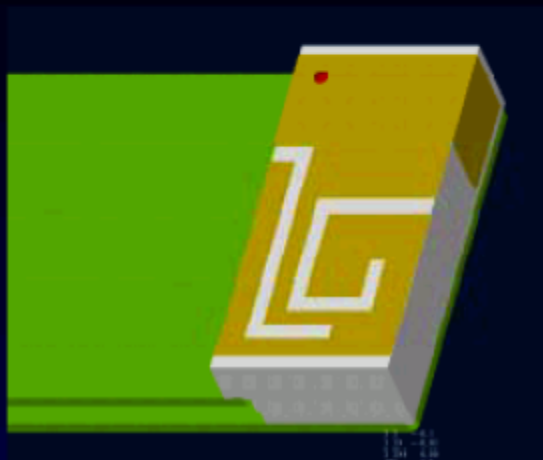


Build-in Antennas

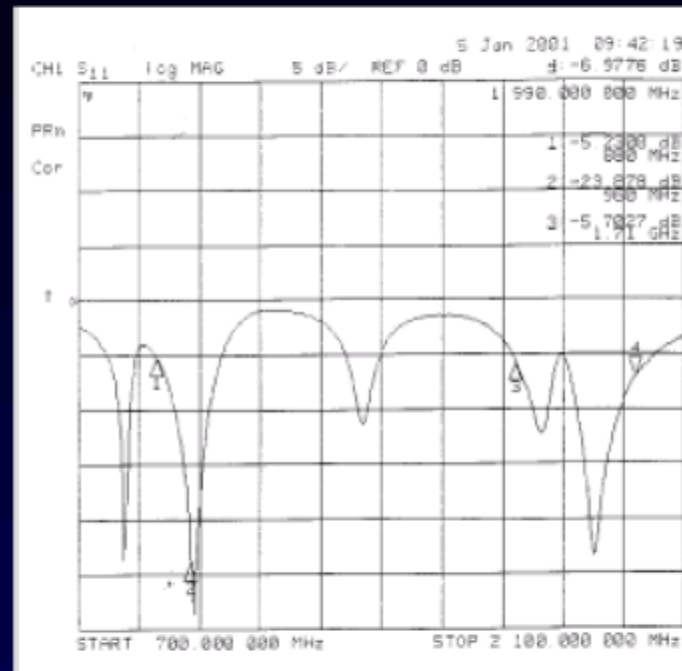


Planar Inverted-F Antenna Design

Tri Band (GSM/DCS/PCS)



30 mm x 20 mm x 9 mm



Patent Pending

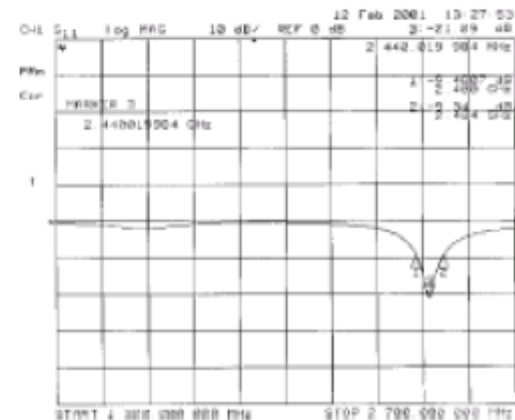
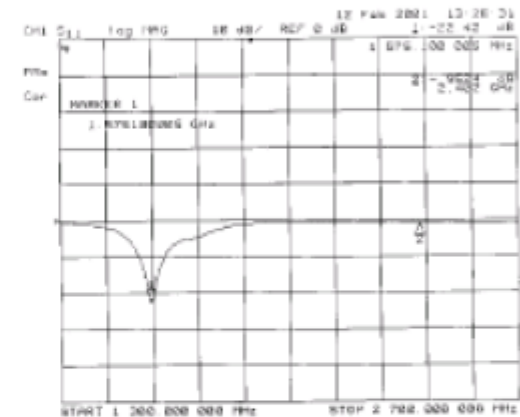
$G(\text{GSM}) = 0.5 \text{ dBi}$

$G(\text{DCS, PCS}) = 1.5 \text{ dBi}$

Planar Inverted-F Design Dual-Band (GPS/BT)



30 mm x 12 mm x 7 mm



内置集成微带天线的特点

- 内置微带天线可集成到印制电路板和外壳上，在手机内部，不额外增加设备尺寸；
- 内置微带天线有机械刚性，不易被损坏；
- 采用屏蔽技术来屏蔽天线，SAR值非常小；
- 天线受人体的影响相对要小；
- 微带天线的输入阻抗容易做到 $50\ \Omega$ ，不需要匹配电路或非平衡转换器，容易实现批量生产，重复性好；



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

- 微带天线通过耦合方式馈电，在隔离接收与发射频段方面也相当简便，可以消除双工器；
- 若采用E场和H场元件分集技术，则不必附加独立的分集天线；
- 设计参数通过最优化手段实现体积小、成本低，并能增加带宽，
- 同时提高对垂直和水平极化波的接收灵敏度，实现更好的全向辐射特性；
- 容易设计出双频段的内置集成微带天线。



结论

- 减小人体和天线相互作用影响，微带天线是内置天线应用的最佳选择。

内置集成微带天线的设计

- 零位等效面短路可以将传统的半波长微带天线尺寸减少50%，采用局部短路可进一步减小已缩短的 $1/4$ 波长天线的尺寸
- 缩短接地面尺寸可减小天线尺寸，改善天线的全向辐射特性，也可降低天线邻近人体效应。但是减小接地面同时会降低天线的效率，需采用其他电路结构，如双C型贴片微带天线
- 增加厚度或采用平面 / 非平面层状无源器件可改善微带天线带宽，但会使天线尺寸增大。驱动单元和天线无源单元的长和宽通常在一个半波长到 $1/4$ 波长范围内。

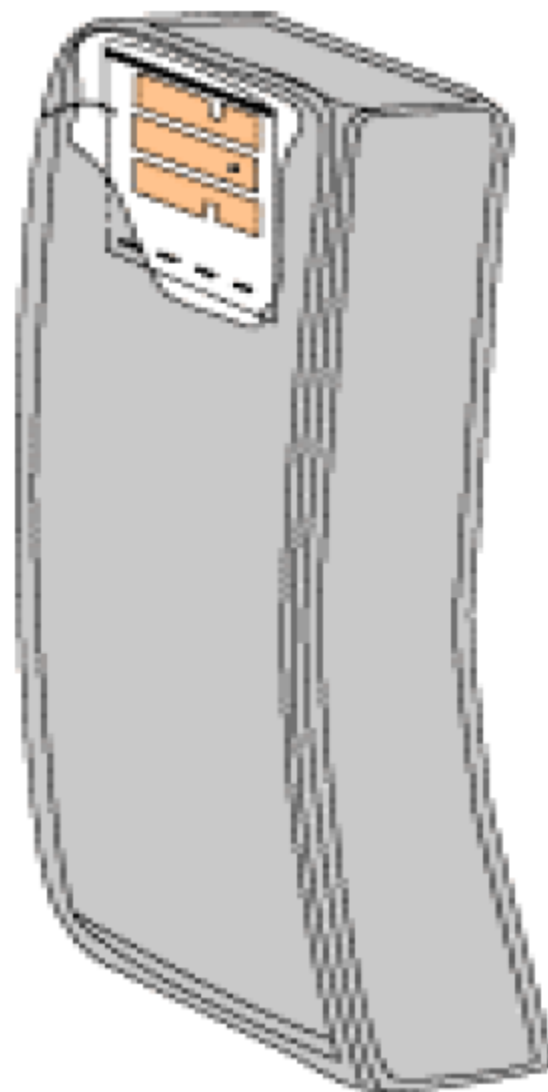
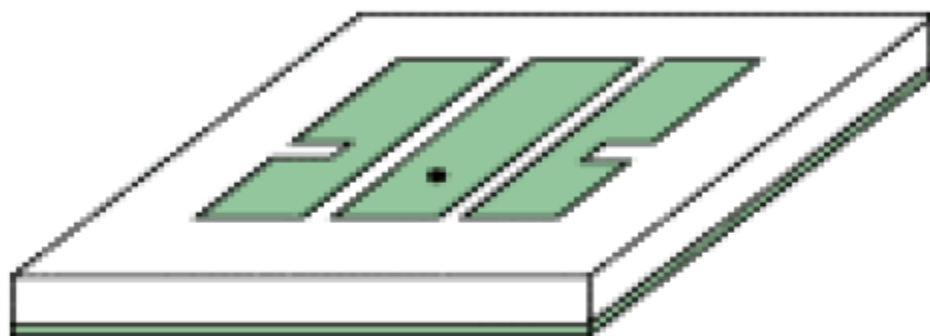


内置集成微带天线的设计实例

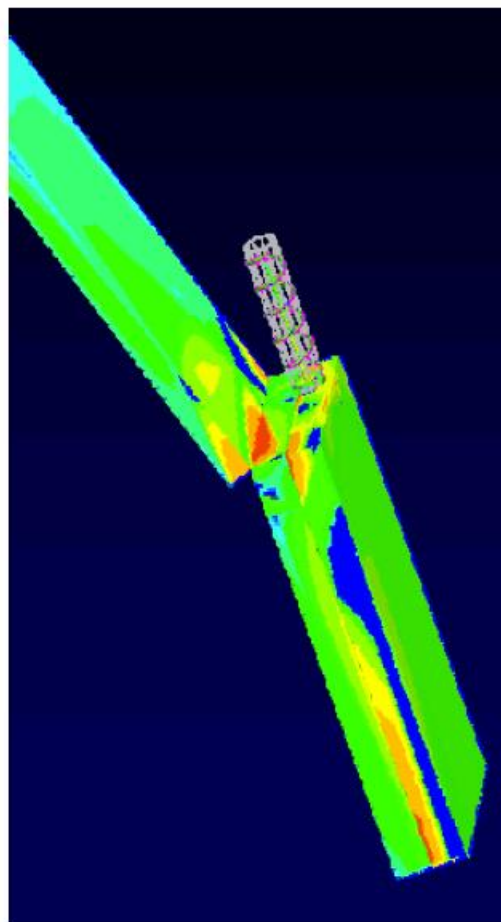
- 内装的小型宽带微带天线结构是将窄小的驱动单元与几何形状不同的平面层状无源器件相结合。通过对这种天线的几何结构的配置和组合进行设计和最优化，可将其装置手机内部
- 这种天线的电介质常数为6，内置天线尺寸 $15 \times 15 \times 1.5(\text{mm})$ ，驱动单元为带三角形孔径的C型贴片，无源单元是带矩形孔径的C型贴片



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件



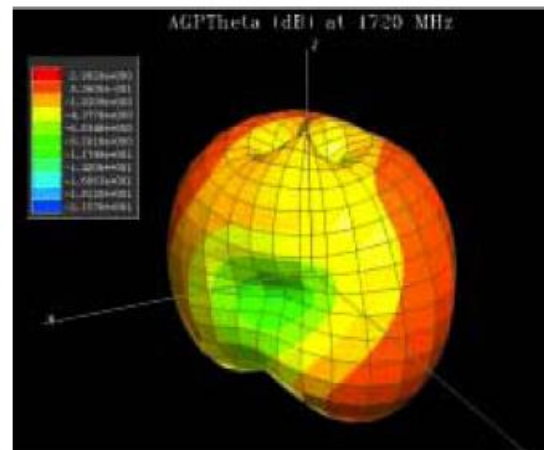
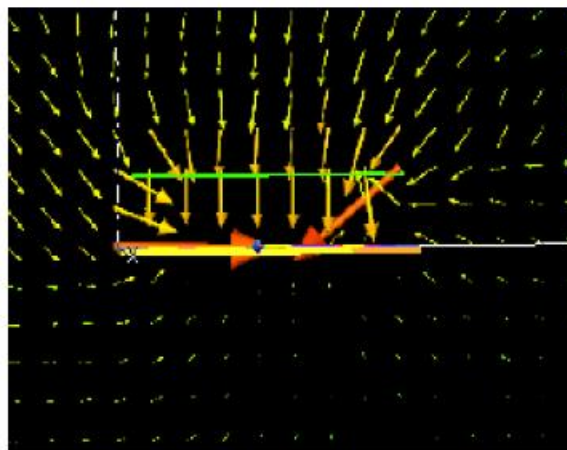
专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件



Electromagnetic modeling

- IE3D Zeeland (Planar structures)
- NEC2 LLNL (Wires only)
- HFSS Ansoft (Full 3D)
- FD-TD Internally developed SAR

Calculations



小型化宽频带内置式天线

■ 需要解决：

带宽

效率

面积

■ 天线形式

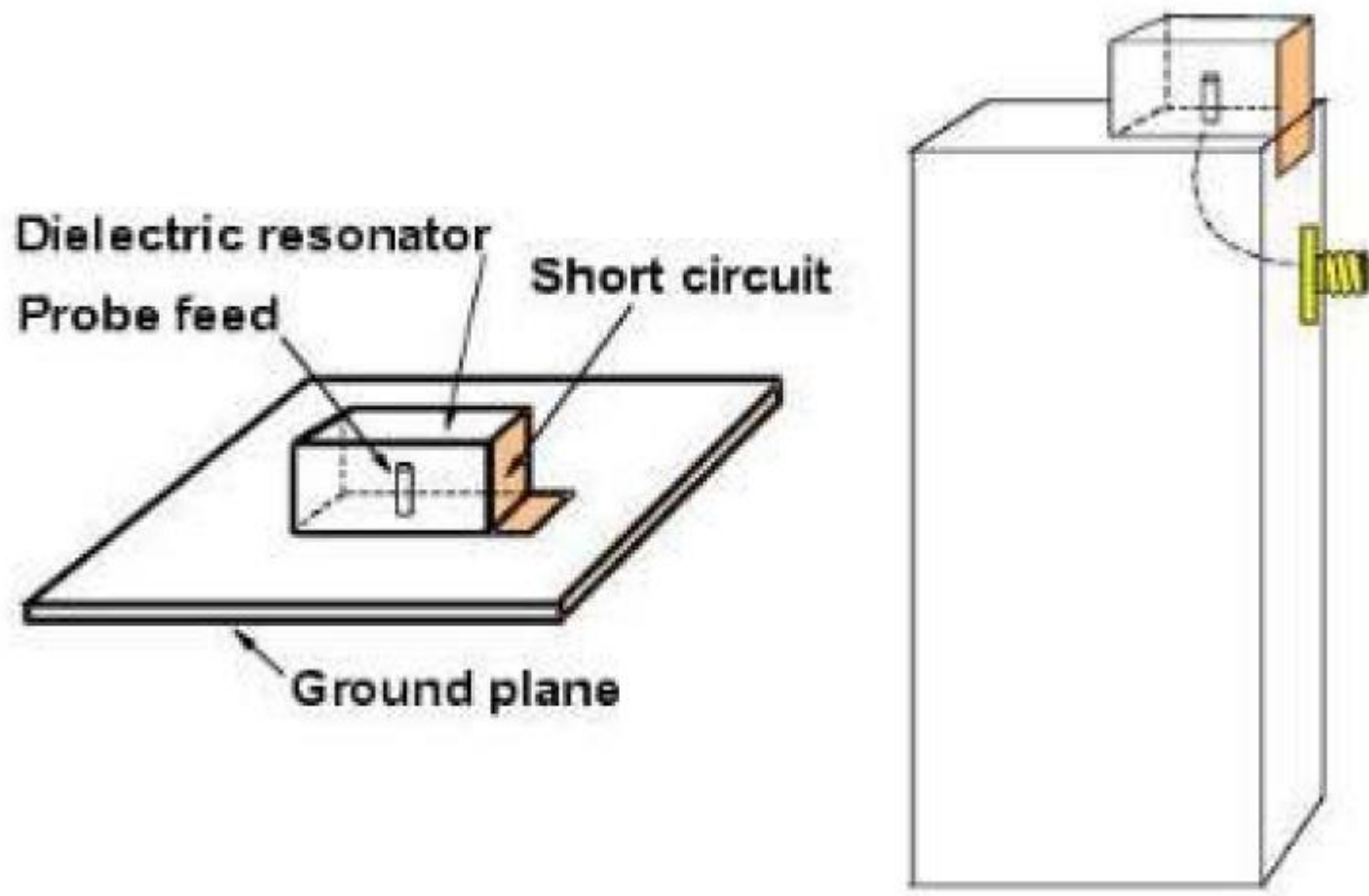
PIFA

DRA

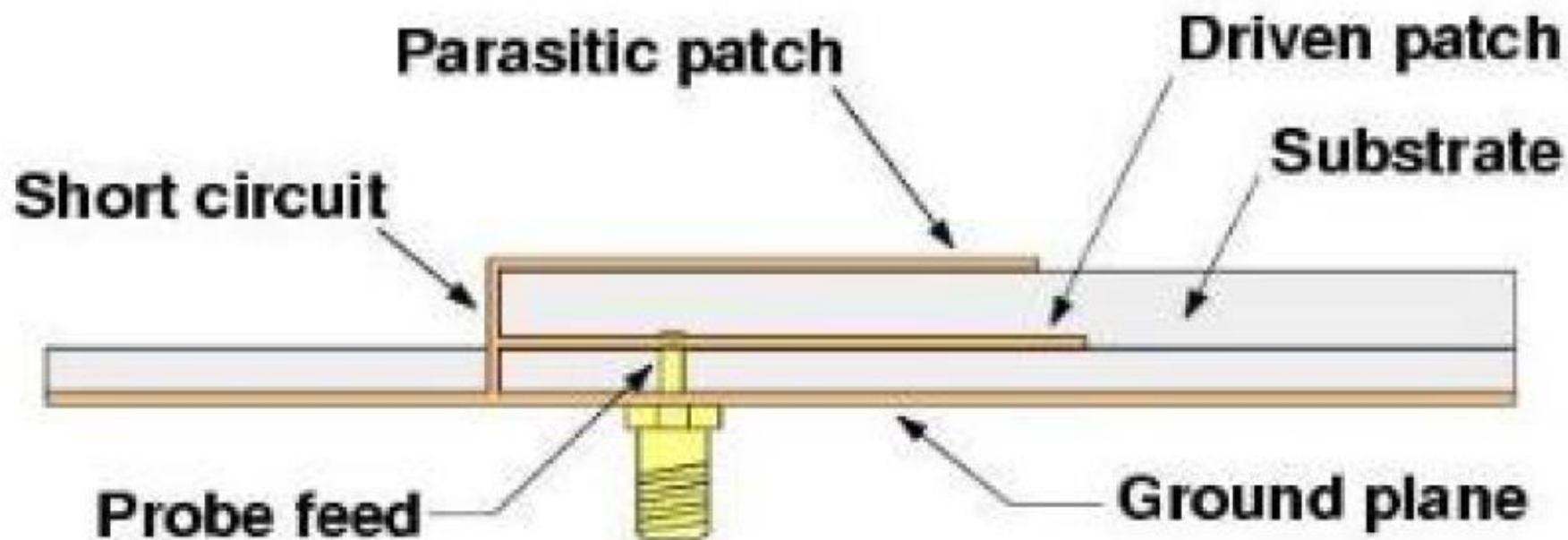
Dielectric Chip Antenna



Half-Volume dielectric resonator antenna

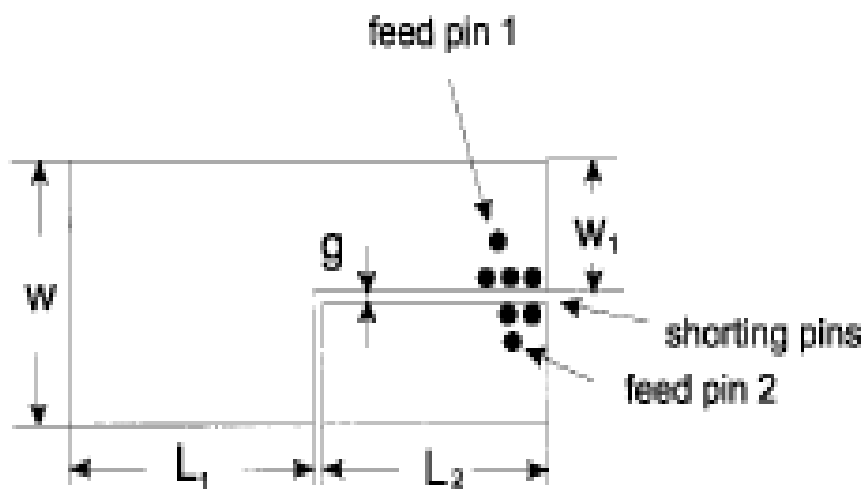


Dual resonant stacked shorted patch antenna

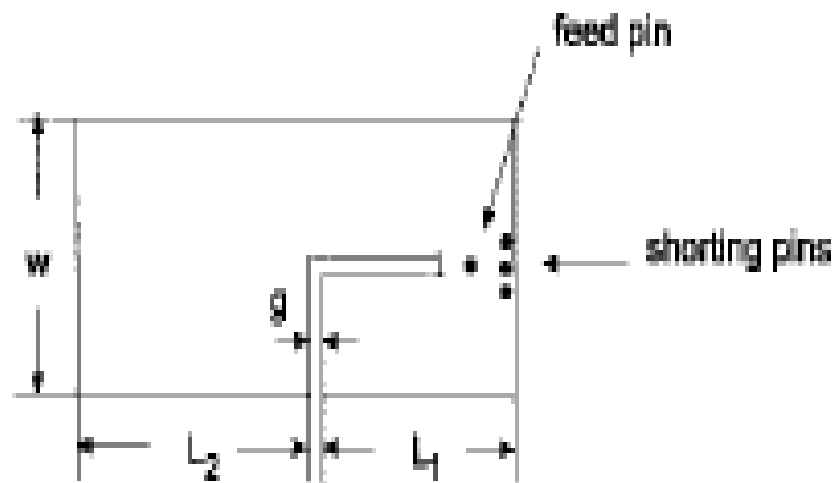


专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

贴片单元也可以位于同一介质基片上形成单层结构



双频双馈微带天线



双频单馈微带天线

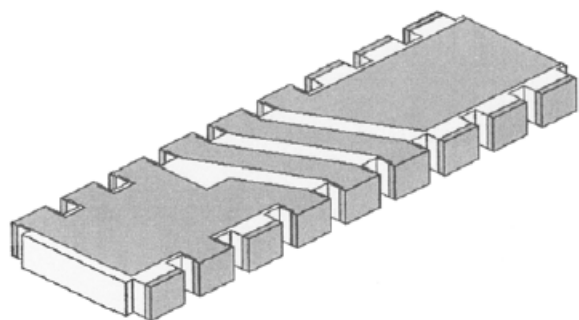
Small sized antenna for wireless applications



新型SMD陶质天线

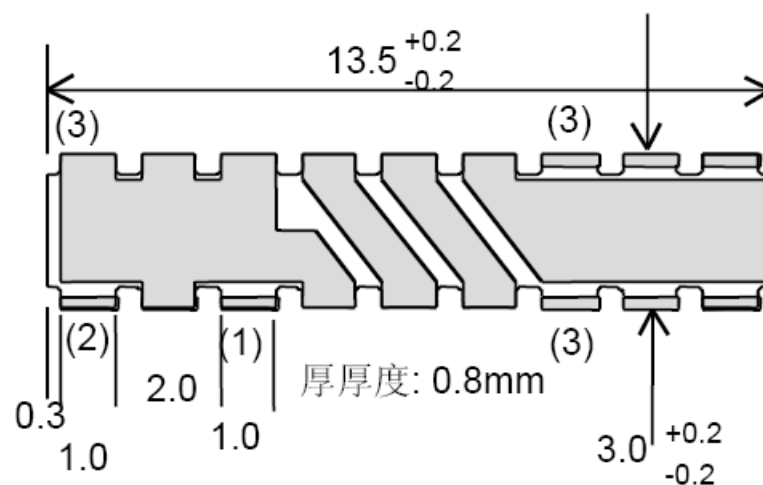
AHD1403-244ST01

规格图



规格

单位:mm



- (1) 出\入端脚
- (2) 地线
- (3) 固定电极

AHD1403-244ST



● 特性：

- 全向辐射模式
- 小尺寸
- 宽频带

● 用途

- 蓝牙(bluetooth)
 - PC
 - PDA
 - PC 卡
- 移动电话
- 无线LAN 卡(IEEE802.11b)
- 无绳电话

➤ 减小对人体的影响

- 比吸收率SAR (Specific Absorption Rate)

- 人体组织单位体积吸收功率：
- 人体组织单位质量吸收功率(SAR)：

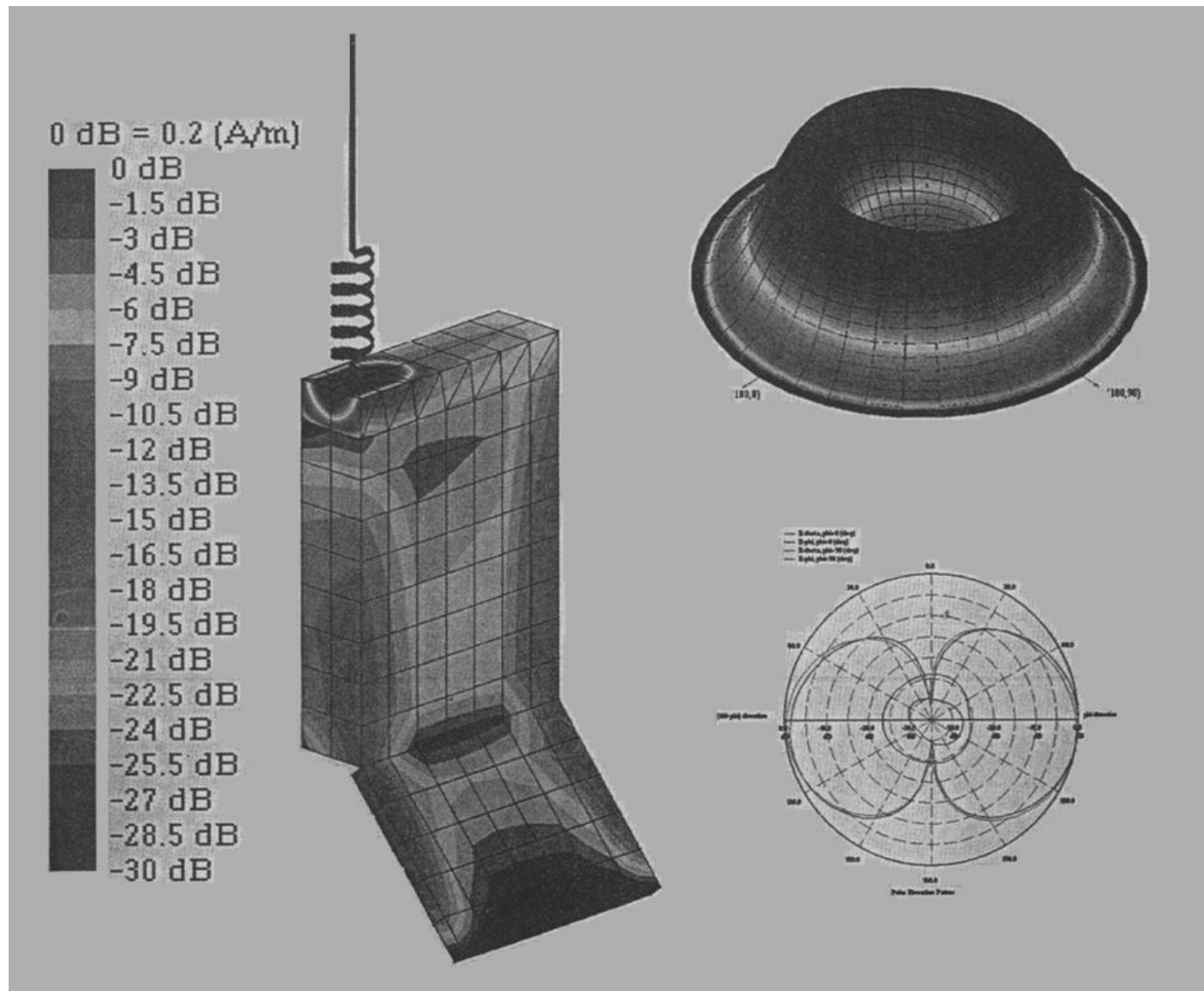
— 人体组织密度
(kg/m^3)

美国国家标准学会标准ANSI C95.1 1982

	平均值	峰值	平均时间
受控照射	0.4mW/g	8mW/g	6分钟
非受控照射	0.08mW/g	1.6mW/g	30分钟

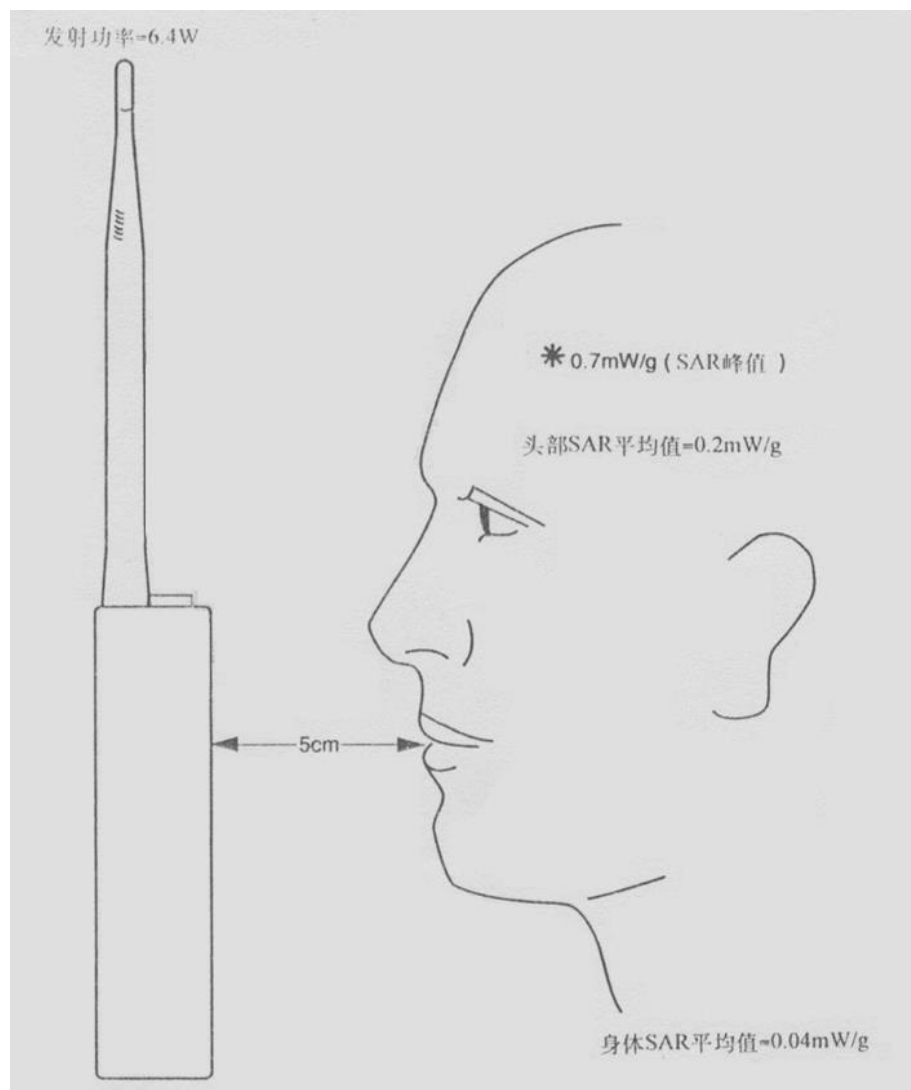
专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

手机天线近场和远场分布图



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

900 MHz手持机使用者头部的SAR电平（套筒天线）



III. Smart Antennas in Mobile Communication 移动通信中的智能天线

1. 智能天线原理
2. 智能天线的典型结构
3. 智能天线用于移动通信的优点
4. 智能天线研究热点
5. 目前尚未解决的问题



1. 智能天线原理

- 智能天线:具有测向和波束形成能力的天线阵列.
- 智能天线的基本思想:天线以高增益窄波束动态地跟踪期望用户,使波束最大方向对准期望用户,而使零陷指向干扰方向。



智能天线原理图

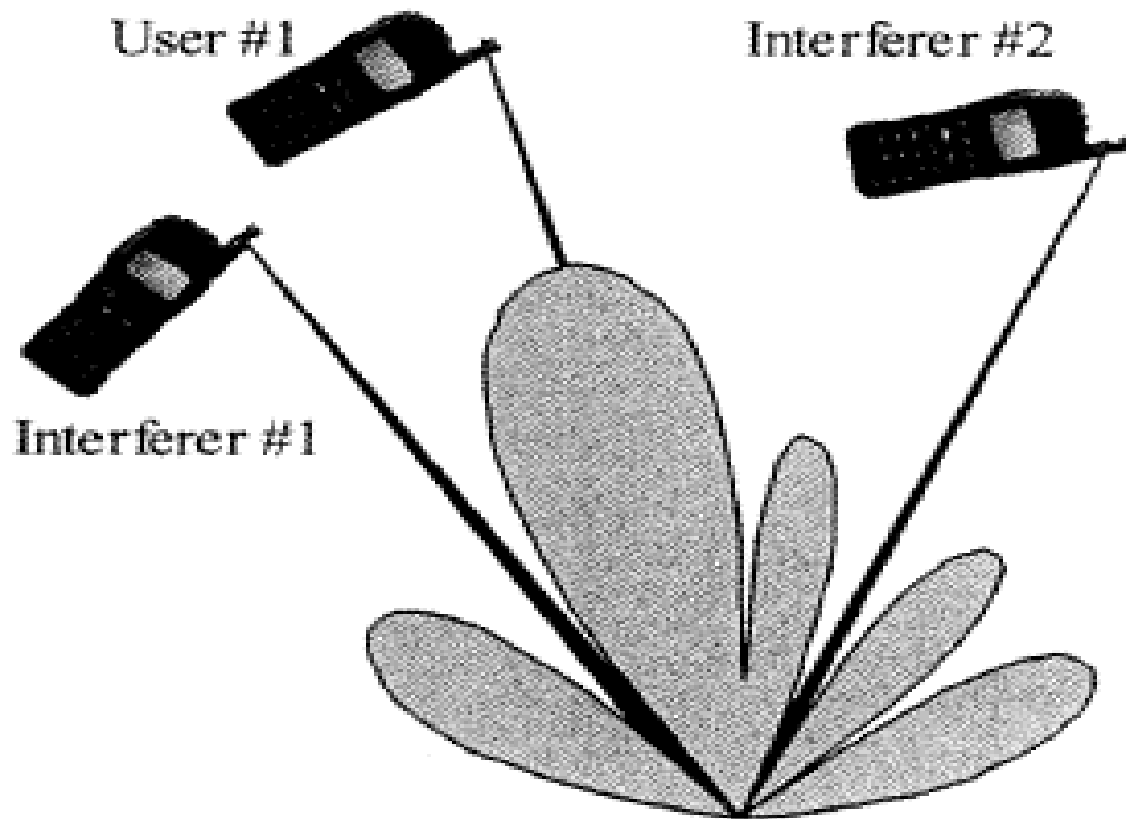
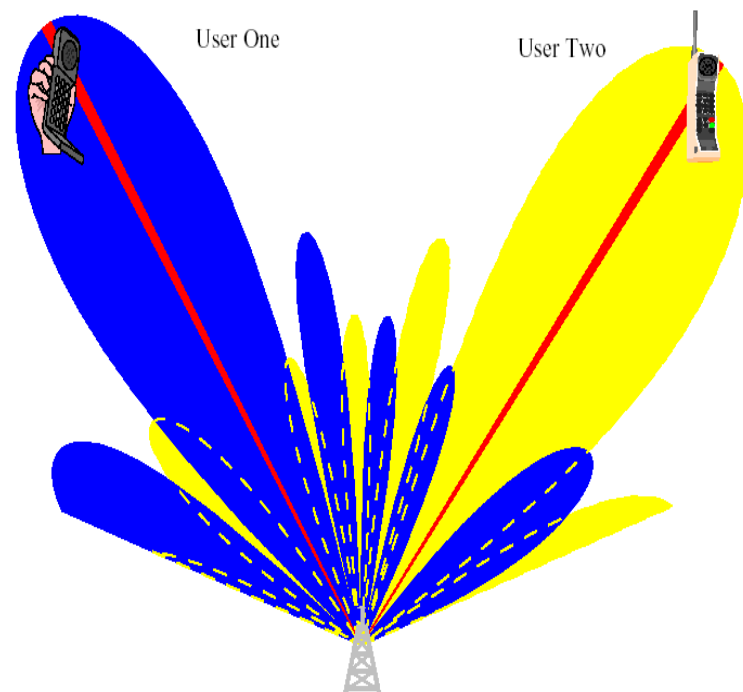


Figure 7b. An adaptive-array scheme: compare with Figure 7a.

➤ 智能天线波束形成技术

---Key technology for SA

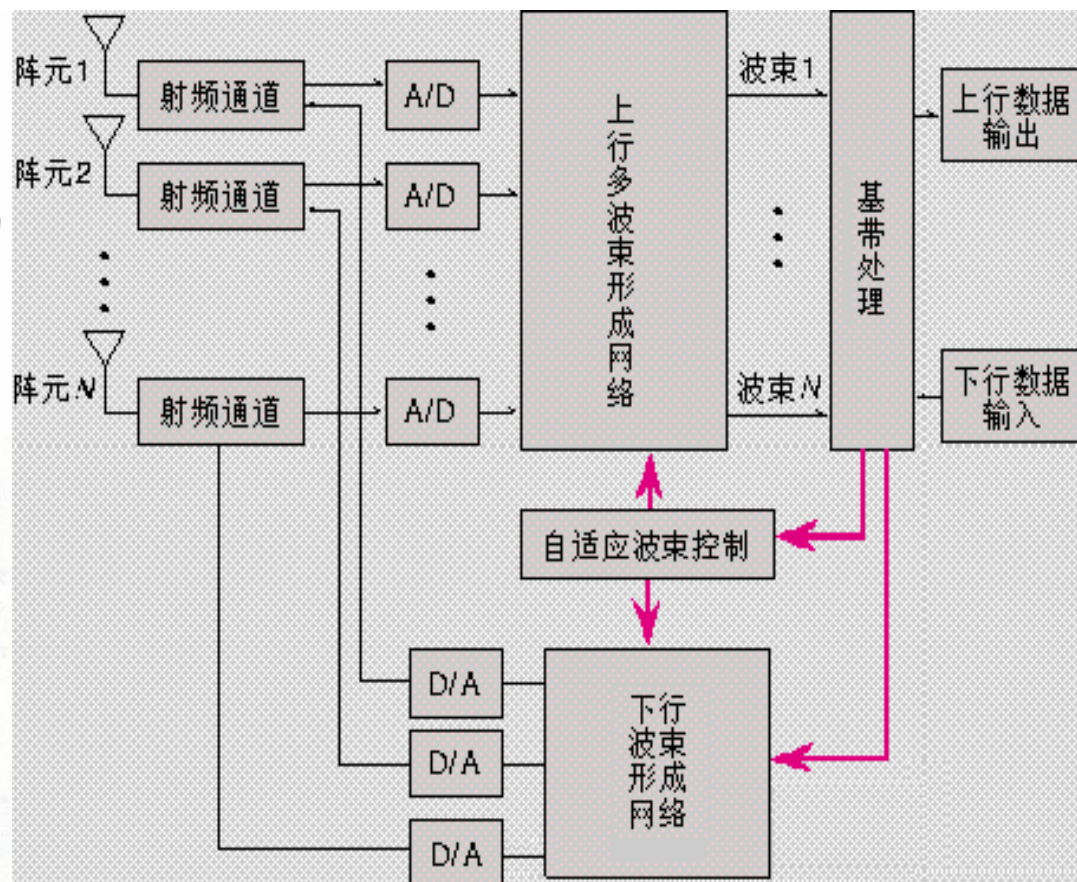
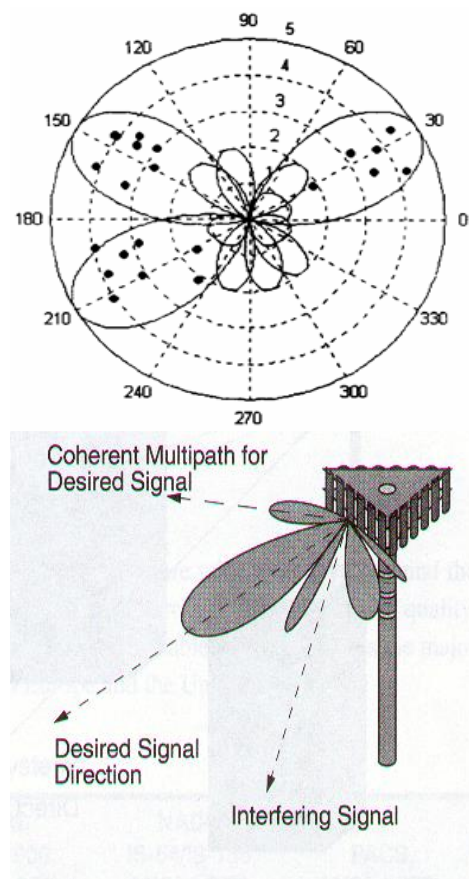
- 波束形成是智能天线的关键技术，是提高信干比、增加用户容量的保证。波束形成对阵列天线的波束幅度、波束指向和波束零点位置进行控制，在期望方向保证高增益波束指向的同时，在干扰方向形成波束零点，并通过调节各阵元的加权幅度和加权相位来改变方向图形状



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

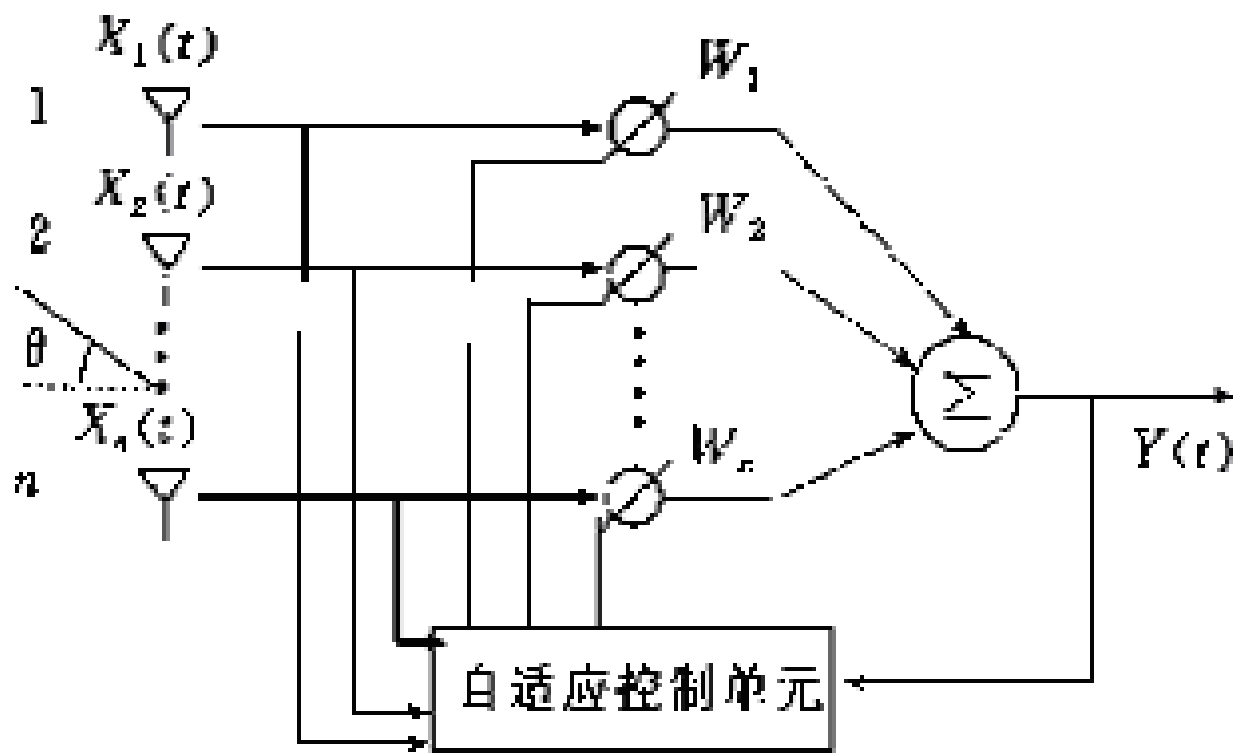
- 性能优越,但复杂度增加

自适应波束形成系统



2. 智能天线的典型结构

a. 自适应阵(Adaptive-array System):

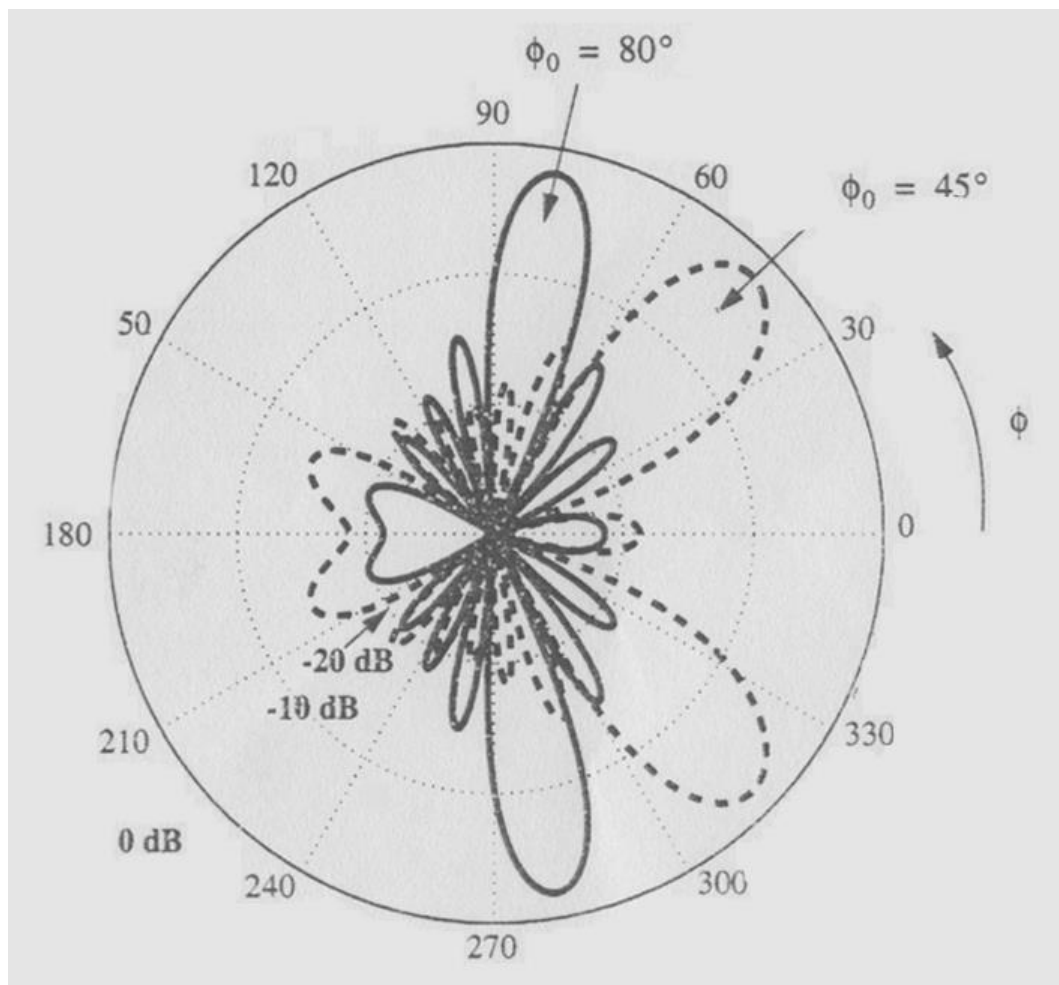


专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

控制 w_n 可将波束指向任何希望的方向，如： $\theta_0=10^\circ$ ($\varphi_0=80^\circ$)

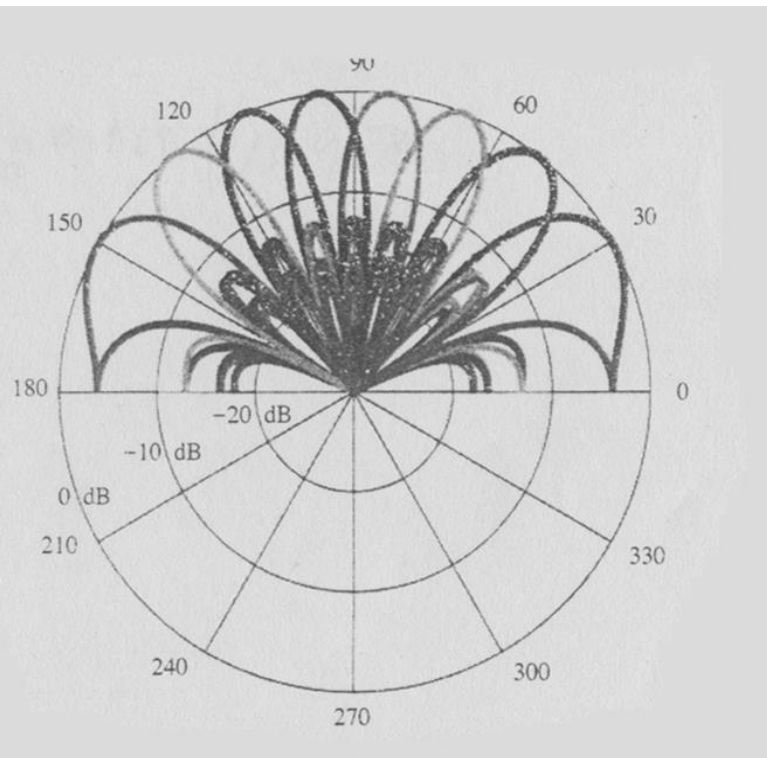
改为 $\theta_0=45^\circ$ ($\varphi_0=45^\circ$)

注： $\varphi=90^\circ-\theta$

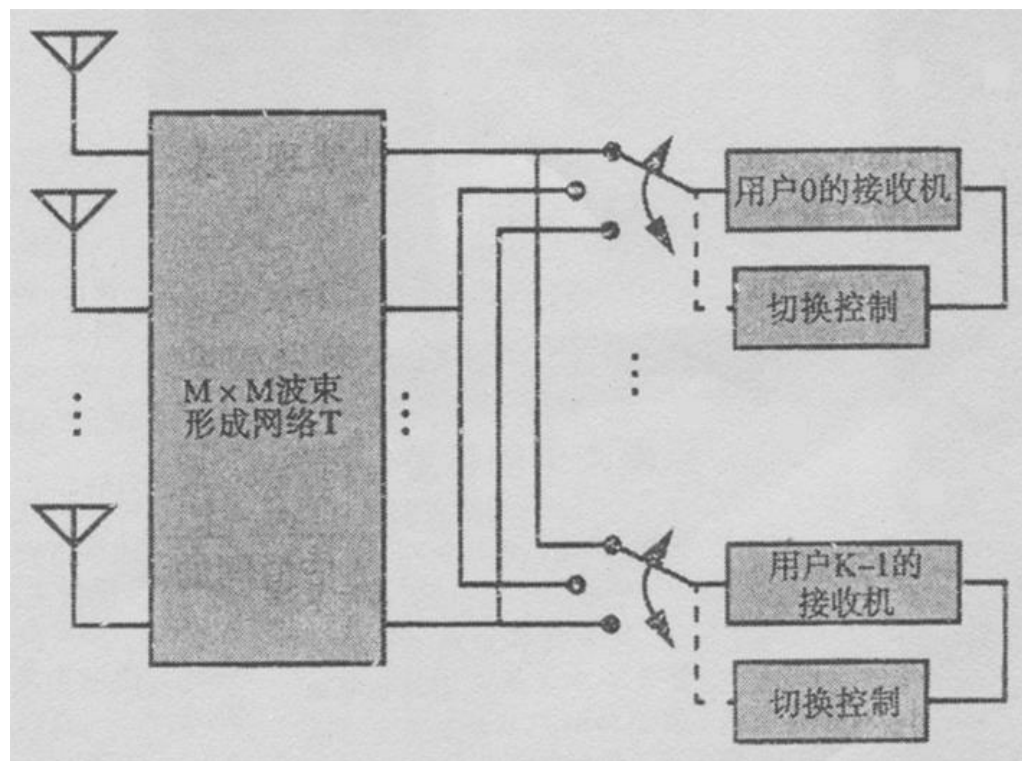


专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

b. 多波束天线 (Switched-beam System切换波束系统)



利用正交固定波束形成网络产生的一组8个波束

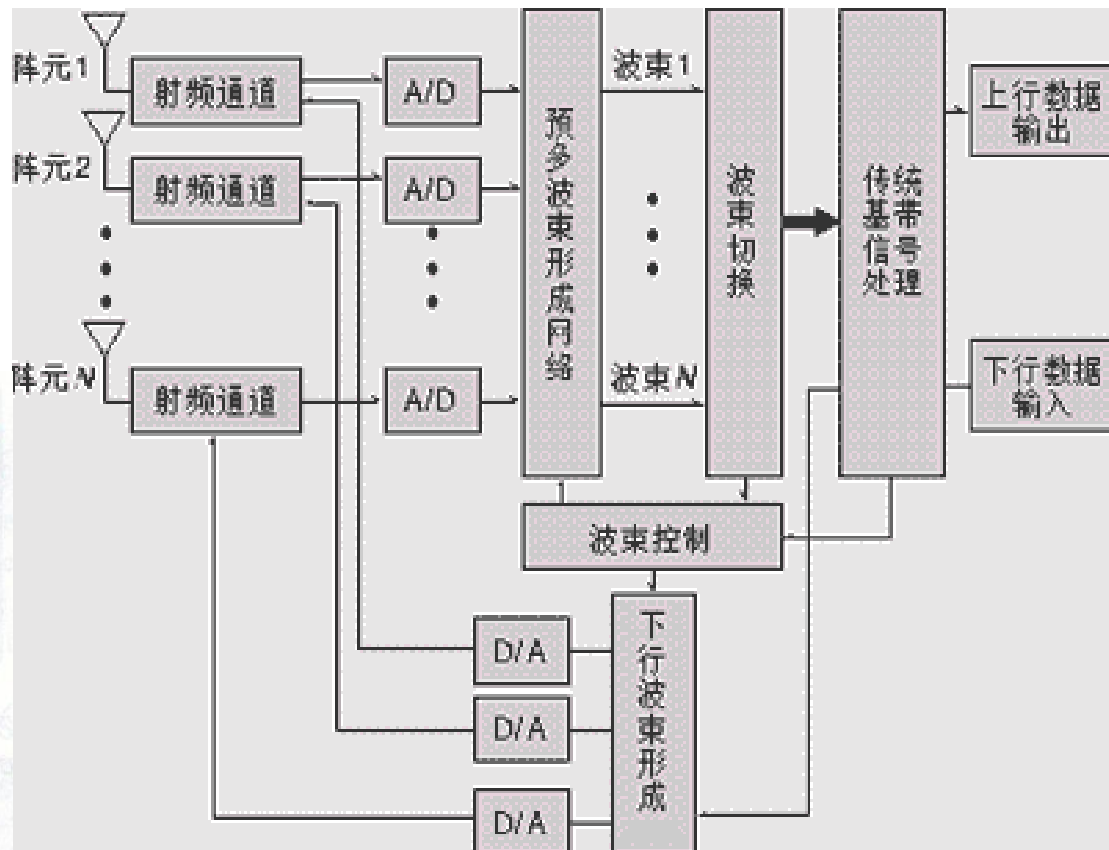
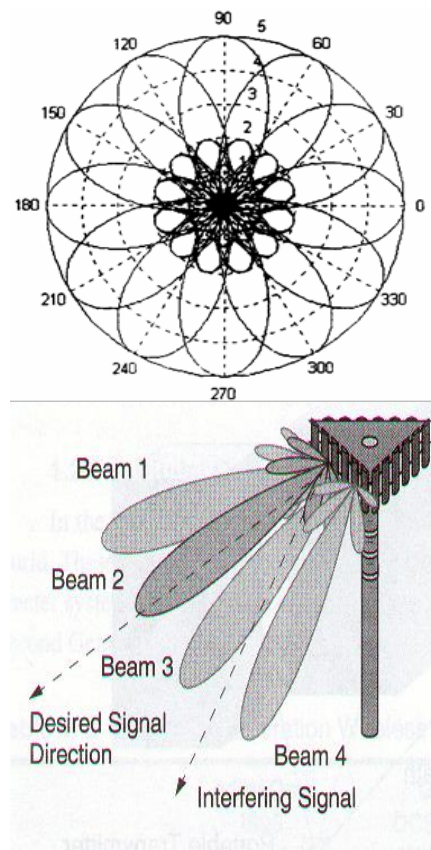


切换波束系统框图

专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

切换波束形成系统

- 技术含量相对较低,复杂度和成本较低, 性能不及自适应天线好.



3. 智能天线用于移动通信的优点

- 大大减小电波传播中的多径衰减
- 大大提高系统容量
- 降低移动台的发射功率,延长移动台电池的使用寿命
- 较全向天线具有更大的覆盖区



4. 智能天线研究热点

- 研究有效的估计信号的到达方向
- 智能算法的研究
- 智能天线时空通信理论的研究, 主要内容有: 时空均衡. 时空最佳接收机. 时空最佳多用户检测. 结合均衡器的时空发射接收机等
- 在手机上实现阵元数目较少的智能天线



5. 目前尚未解决的问题

- 高速运动信号环境中如何使用自适应的信道估测技术
- 高效快速的智能算法在智能天线中如何走向实用
- 目前还没有一个完整的通信理论能够较全面地将智能天线的所有课题有机地联系起来, 需要建立一套较完整的智能天线理论



二、天线常用仿真软件简介

- 电磁场数值计算方法作为目前电磁问题主要分析手段，为国内外广大工作者所研究，且随着研究的日趋成熟，大量商业化计算软件工具不断涌现；

商业化计算软件工具：

- 为具体电磁问题的设计分析提供了极大的方便；
- 设计周期大为缩减；
- 功能越来越强大，使用越来越方便；
- 由于电磁场仿真软件与其核心的数值计算方法密切相关，不同的软件其适用的问题也不同。



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

常用电磁仿真软件的比较

软件名称	开发商	数值算法	功能特点	应用领域
Advanced Design System (ADS)	Agilent	MOM矩量法	可实现包括时域和频域、数字与模拟、线性与非线性、噪声等多种仿真分析手段，并可对设计结果进行成品率分析与优化	射频和微波电路的设计，通信系统的设计，DSP设计和向量仿真
Ansoft Designer	Ansoft美国	MOM	采用“按需求解”技术，将高频电路系统、版图和电磁场仿真工具无缝地集成到同一个环境中	射频和微波电路的设计，通信系统的设计，电路板和模块设计，部件设计
Ansoft HFSS	Ansoft	FEM (有限元法)	三维结构电磁场仿真软件，拥有空前电性能分析能力的功能强大后处理器	天线分析与设计
Microwave Office	AWR	MOM	采用“场”和“路”两种分析方法对不同的电路结构进行仿真加快了运算速度	射频集成电路、微波单片集成电路、微带贴片天线和高速印制电路的设计
XFDTD	Remcom	FDTD	三维全波电磁场仿真	无线、微波电路、雷达散射计算，化学、光学陆基警戒雷达和生物组织仿真
Zeland IE3D	Zeland	MOM	可以解决多层介质环境下三维金属结构的电流分布问题	微波射频电路、多层印刷电路板、平面微带天线的分析与设计
CST Microwave Studio	CST德国	FIT 时域有限积分	高频三维电磁场仿真软件,除了主要的时域求解器模块外，还为某些特殊应用提供本征模及频域求解器模块	移动通信、无线通信（蓝牙系统）、信号集成和电磁兼容等
Sonnet	Sonnet	MOM	提供面向3D平面高频电路设计系统以及在微波、毫米波领域和电磁兼容/电磁干扰设计	微带匹配网络、微带电路、微带滤波器、HDI和LTCC的转换



专题九：移动通信天线进展、天线常用仿真软件

- 在使用电磁仿真软件设计各种器件时，应预先了解各种软件的基本的算法、适用场合以及软件设置，以便达到最好的仿真效果，提高工作效率。
- 各种数值计算方法各有优缺点，一个复杂的问题往往难以依靠单一方法解决，常需要将多种方法结合起来，互相取长补短，因此混和方法日益受到人们的重视；
- 由于商业软件竞争激烈，各公司对软件追求更快、更精确、更方便，在结构建模、自适应网格划分、友好的界面、结果的后期处理和数据导出等方面都逐渐完善，并且允许软件计算结果的调用；





此视频单元考核请在2020-07-31 00:00前完成学习，逾期不计算学习进度和成绩。

目录

全部

第七章 天线测量

7.1 天线测量的任务和场区划分

Video

7.2 最小测试距离

Video

7.3 天线测试场地及测试方法

Video

7.4 方向图测量

Video

7.5 增益测量

Video

7.6 用矢量网络分析仪测试天线阻抗

Video

Video

I 视频



<< 0条评论