移 动 通 信

第五章

蜂窝组网技术

唐万斌

通信抗干扰技术国家级重点实验室

主要内容

- 5.1移动通信网的基本概念
- 5.2 频率复用和蜂窝小区
- 5.3 多址接入技术
- 5.4 码分多址关键技术
- 5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析
- 5.6 CDMA系统中的功率控制
- 5.7 切换、位置更新

主要内容

- **5.1移动通信网的基本概念**
- 5.2 频率复用和蜂窝小区
- 5.3 多址接入技术
- 5.4 码分多址关键技术
- 5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析
- 5.6 CDMA系统中的功率控制
- 5.7 切换、位置更新

5.1移动通信网的基本概念

❖移动通信网络组成:

- 空中网络
  - ◆频率复用和蜂窝小区
  - ◆多址接入
- 地面网络
  - ◆各基站相互连接
  - ◆基站与固定网络（PSTN、ISDN、PDN）的连接

主要内容

- 5.1移动通信网的基本概念
- **5.2 频率复用和蜂窝小区**
- 5.3 多址接入技术
- 5.4 码分多址关键技术
- 5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析
- 5.6 CDMA系统中的功率控制
- 5.7 切换、位置更新

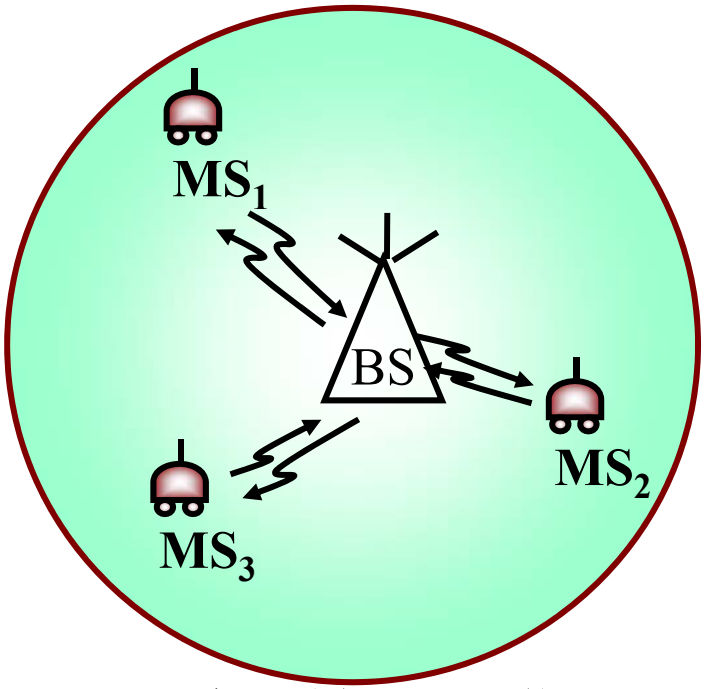
5.2 频率复用和蜂窝小区

- **蜂窝:**
  - 将服务区划分成许多小面积覆盖区域，用一个小功率的发射机来服务一个小面积覆盖区。
- **移动通信网的区域覆盖方式分为两类**
  - 小容量的大区制
  - 大容量的小区制

5.2 频率复用和蜂窝小区

❖小容量大区制

- 一个基站覆盖整个服务区
- 天线架设高
- 发射功率大
- 频谱效率低，小容量的通信网
- 控制方式简单、设备成本低



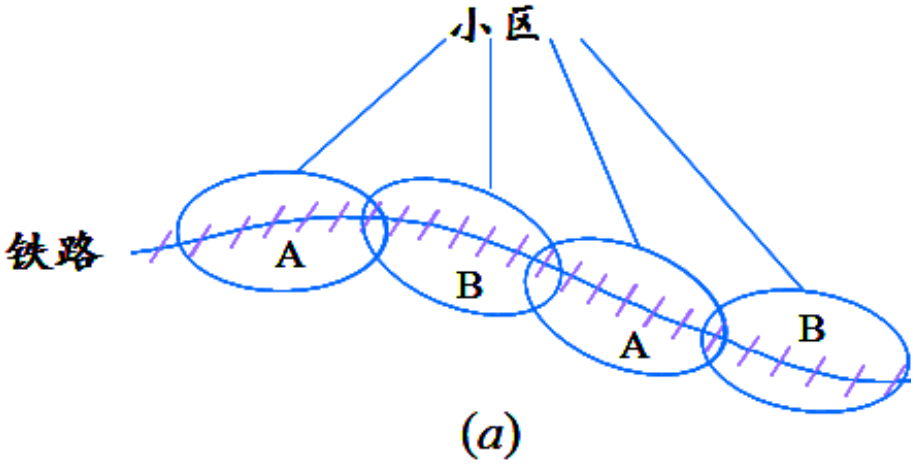
大区制移动通信网

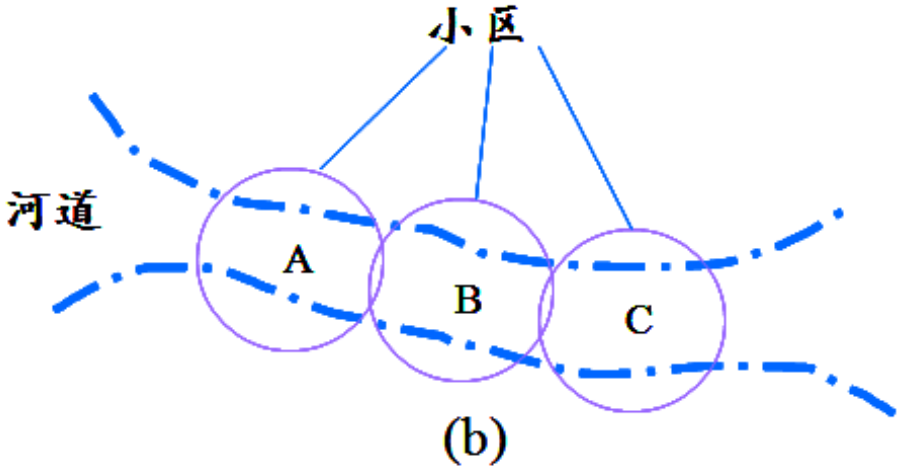
5.2 频率复用和蜂窝小区

大容量小区制

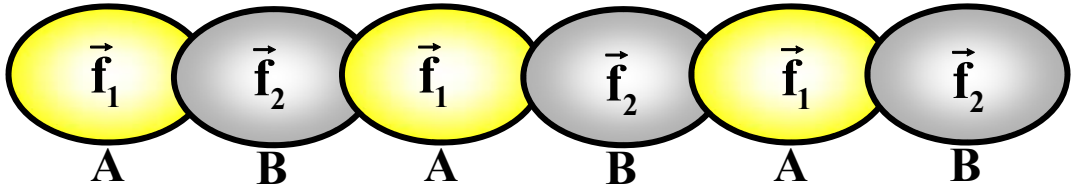
- 小区制移动通信系统的频率复用和覆盖有两种
  - 一种是带状服务覆盖区
  - 另一种是面状服务覆盖区

❖带状服务覆盖区

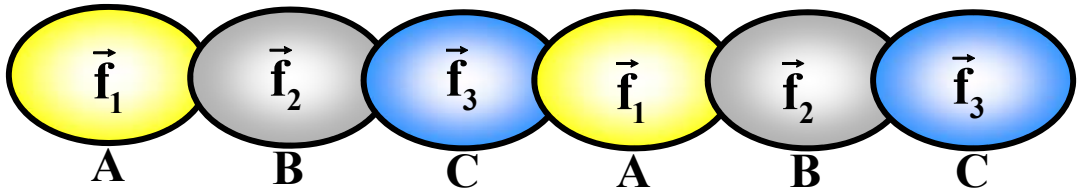




❖可采用多个频率组复用



双频组



三频组

5.2 频率复用和蜂窝小区

- 频率复用：
  - ◆将N个相邻的小区组成一个区群(簇)，将可供使用的频道划分成N组，区群内的每个小区使用不同的频率组，而相邻区群重复使用相同的频率组分配模式

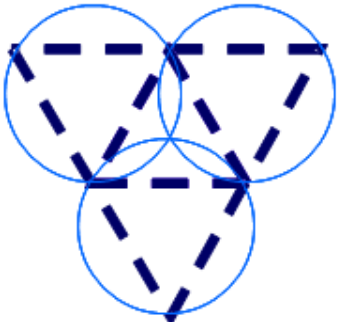
5.2 频率复用和蜂窝小区

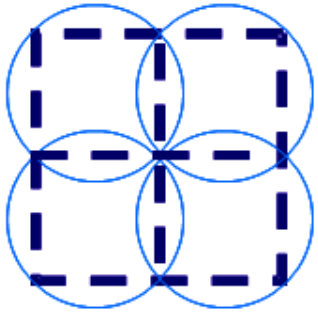
- 同频小区：频率复用意味着在一个给定的覆盖区域内，存在着许多使用同一组频率的小区，这些小区叫做同频小区。
  - 同频干扰：这些同频小区之间的信号干扰叫做同频干扰（也叫同道干扰）。
  - 为了减小同频干扰，同频小区必须在物理上隔开一个最小的距离，为传播提供充分的隔离

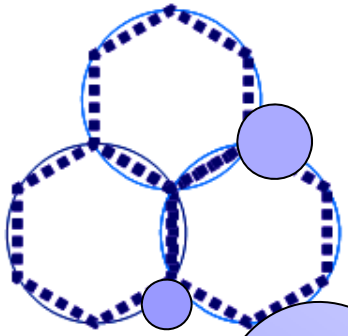
❖面状服务覆盖区:蜂窝网

- 在平面区域内划分小区
- 全向天线的覆盖区是圆形。

正六边形构成小区所需的小区数最少，无重叠区







三种形状小区

小区形状	正三角形	正方形	正六边形
邻区距离	r	$\sqrt{2}r$	$\sqrt{3}r$
小区面积	$1.3r^2$	$2r^2$	$2.6r^2$
交叠区宽度	r	$0.59r$	$0.27r$
交叠区面积	$1.2\pi r^2$	$0.73\pi r^2$	$0.35\pi r^2$

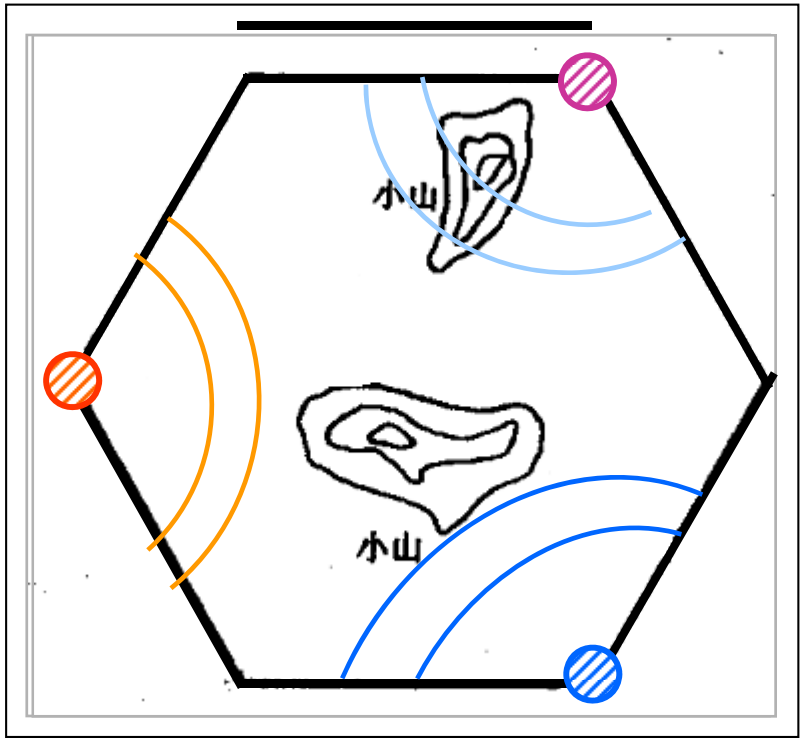
移动通信系统广泛使用六边形进行理论分析和设计

实际形状

5.2 频率复用和蜂窝小区

❖按基站对小区的覆盖方式：

- 中心激励小区：
  - ◆基站位于小区中心，有时会有辐射。
- 顶点激励：
  - ◆在顶点上设置基站，并采用三个互成120°的定向天线，以避免辐射阴影



顶点激励

5.2 频率复用和蜂窝小区

❖簇（区群）：

- 共同使用全部可用频率的*N*个小区叫做一簇(区群)
- 若*N*越小，则系统中区群复制得越多，系统容量越大，频率的利用率越高。
- *N*叫做区群的大小，典型值3、4、7、9、12 、……
- 构成蜂窝网的二次几何图形

14

5.2 频率复用和蜂窝小区

❖ 构成簇的基本条件：

- 基本图案（簇）能彼此邻接且无空隙地覆盖整个面积。
- 相邻单元（簇）中，同频道的小区间距离相等，且为最大。

满足上述两个条件的簇的形状和簇内小区

数N是有限的，并且N应该满足下式：

$$N = i^2 + ij + j^2$$

i 和j分别为相邻同频小区之间的二维距离（相邻小区数），都为正整数，不能同时为零

i	1	0	1	0	2	1	0	2	1	0	3	2
j	1	2	2	3	2	3	4	3	4	5	3	4
N	3	4	7	9	12	13	16	19	21	25	27	28

5.2 频率复用和蜂窝小区

❖ 簇间同频小区位置的确定

沿着任意一条六边形边的垂线方向移动*i*个小区，并逆时针方向旋转60°，再移动*j*个小区。

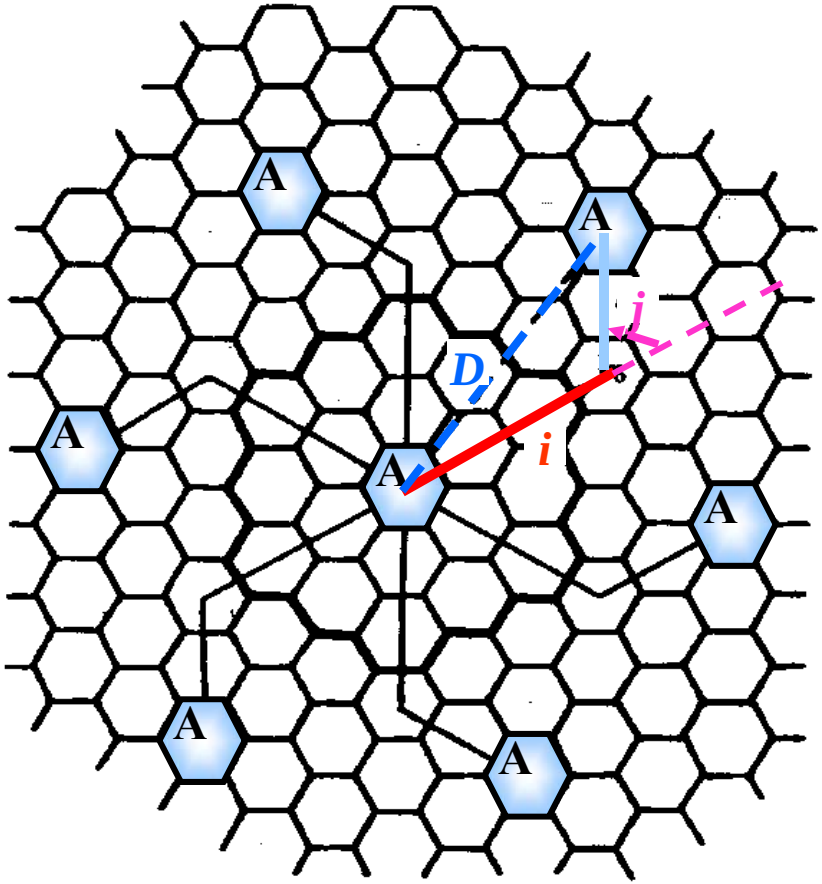
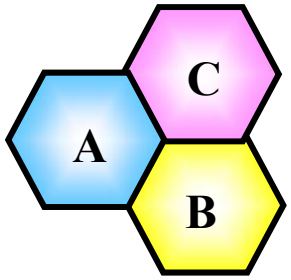
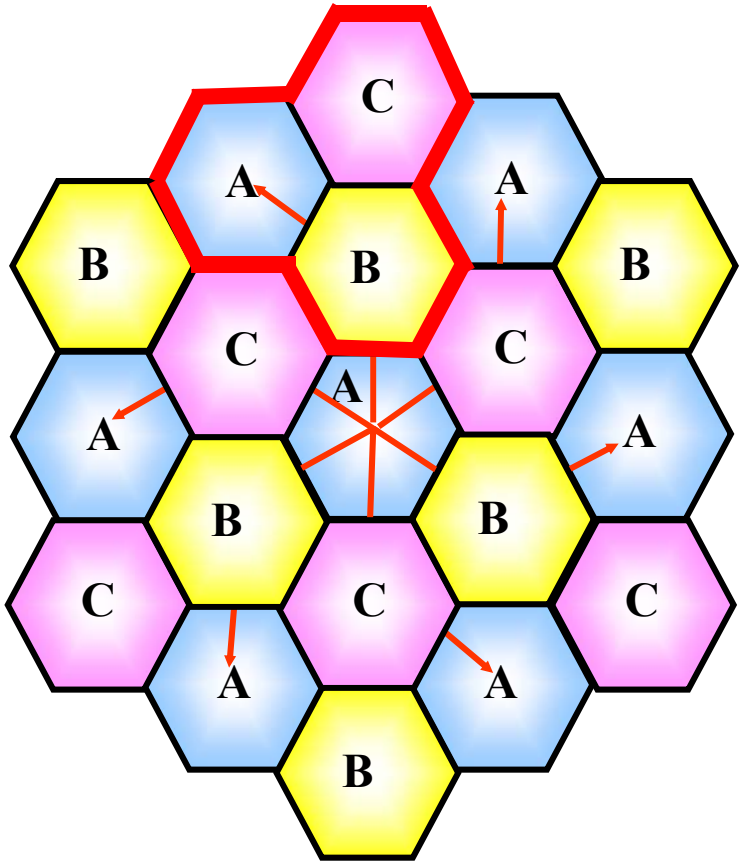


图 2.3 确定同频小区的方法

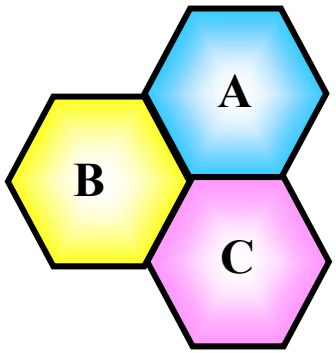
5.2 频率复用和蜂窝小区

- 利用寻找同频小区的方法确定簇
  - 例如： $N=3, i=1, j=1$

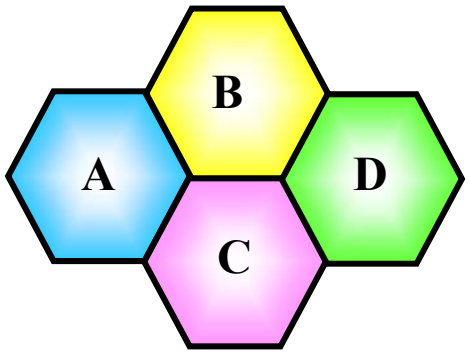




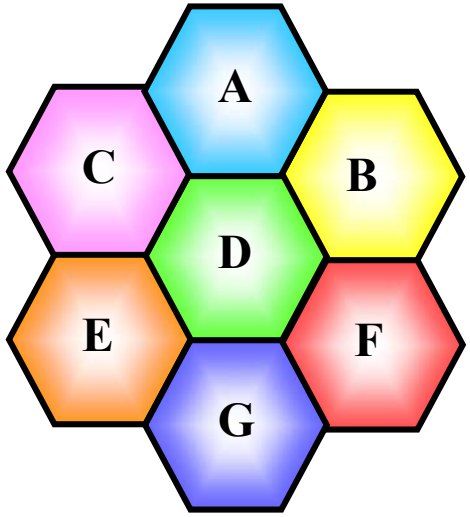
5.2 频率复用和蜂窝小区



N=3,*i*=1,*j*=1



N=4,*i*=0,*j*=2



N=7,*i*=1,*j*=2

常见正六边形小区群的图案

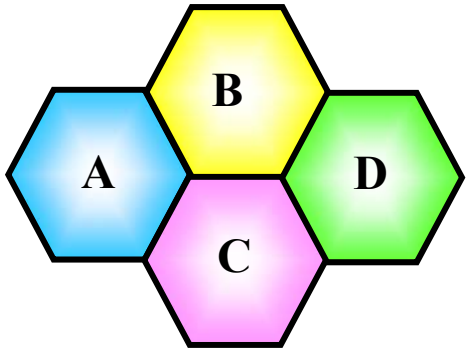
5.2 频率复用和蜂窝小区

❖思考：画一个$N = 4$的蜂窝系统结构，要求至少包括3个区群，将簇中小区所用频率组用A,B,C,D标识。

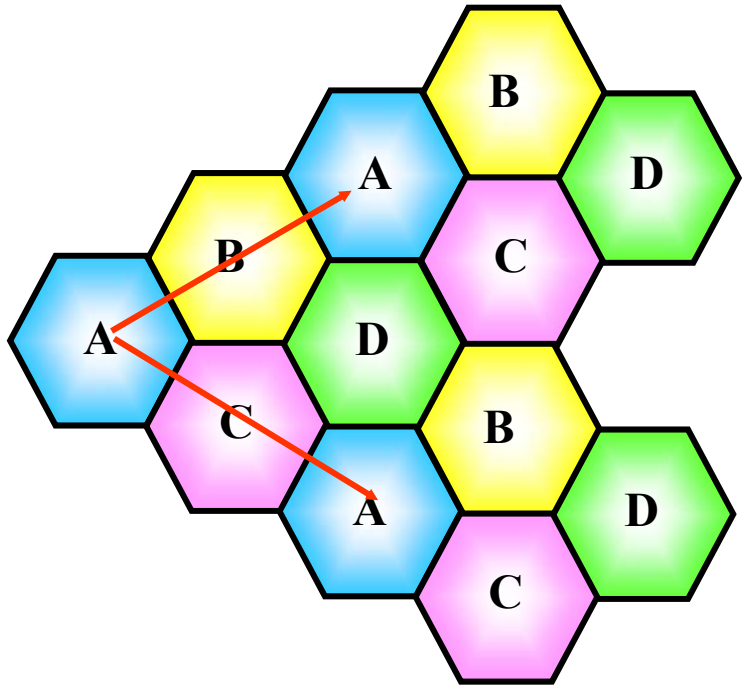
1. N=4对应的2维坐标：

$i=0, j=2$

2. N=4的基本区群形状：



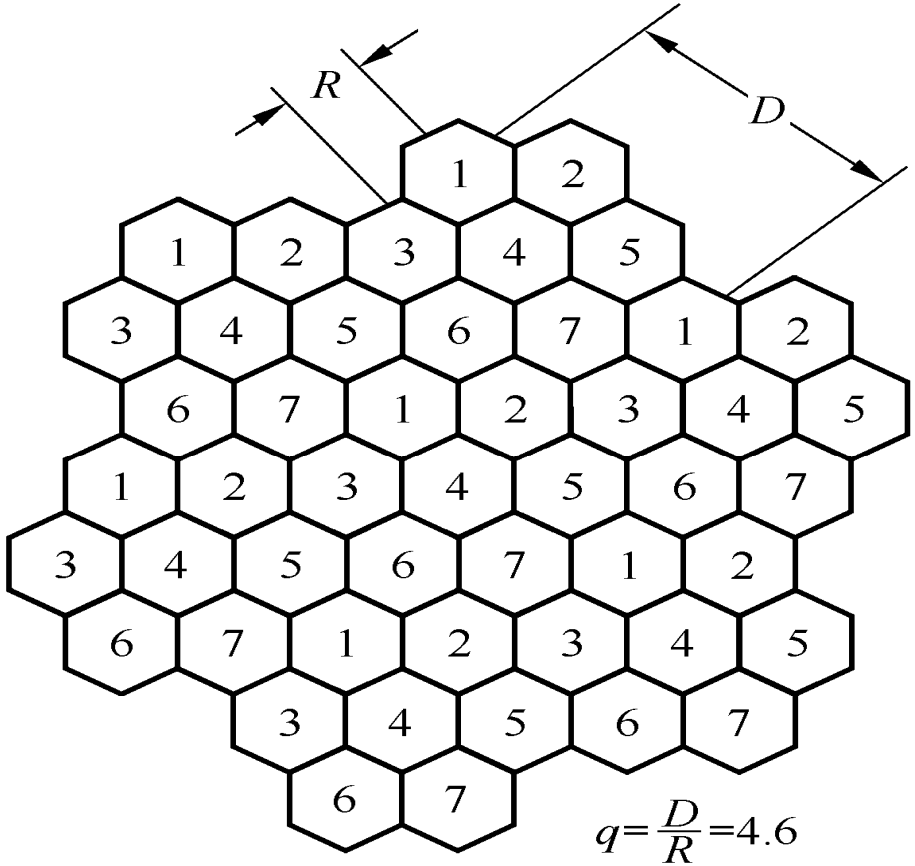
$N=4, i=0, j=2$



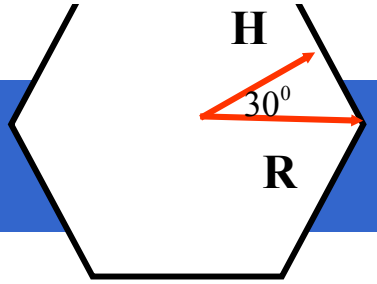
3. 确定相邻区群的位置

5.2 频率复用和蜂窝小区

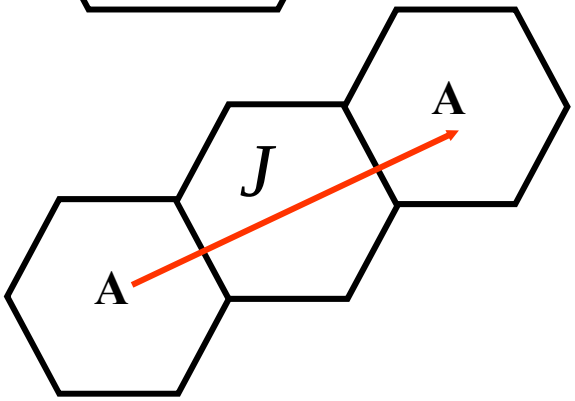
❖同频小区之间的距离*D*



❖*H*为小区中心到边的距离



$$H = R\cos(30^0) = R\sqrt{3}/2$$

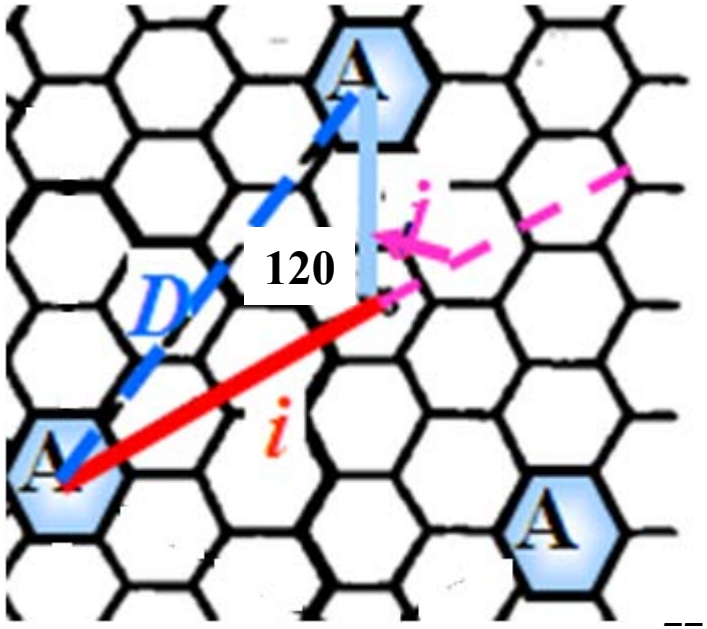


❖ 相邻*j*个小区的中心距离

$$J = 2jH$$

❖同频小区之间的距离*D*

$$\begin{cases} I = 2iH \\ J = 2jH \end{cases}$$



$$D = I^2 + J^2 - 2IJ\cos 120^0$$

$$= I^2 + IJ + J^2$$

5.2 频率复用和蜂窝小区

- 由于R是小区的半径，有

$$I = \sqrt{3}iR \qquad J = \sqrt{3}\,jR$$

- 带入有

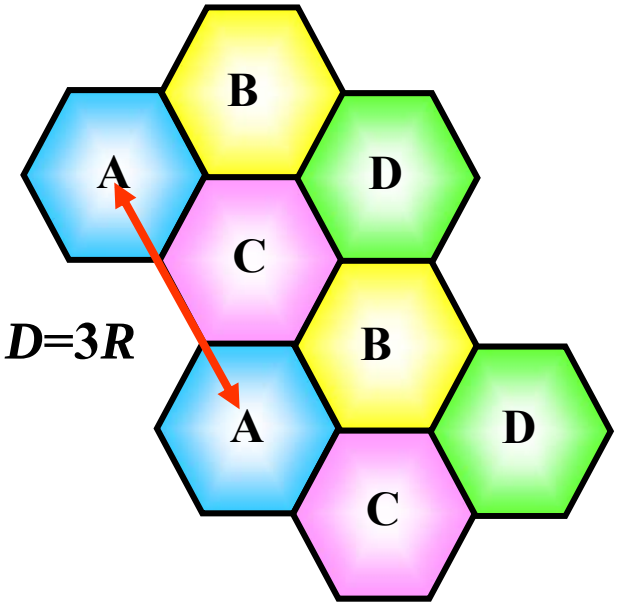
$$D = \sqrt{3N}R$$

5.2 频率复用和蜂窝小区

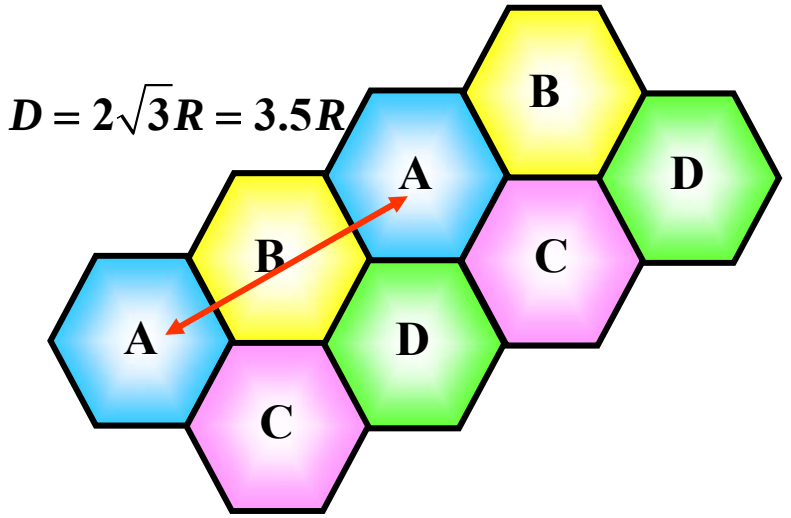
- 一定要用寻找相邻同频小区的方法确定相邻区群的位置才能保证同频小区间距离最大：

$$D = \sqrt{3N}\,R$$

  - 以N=4, i=0, j=2为例，思考



错误

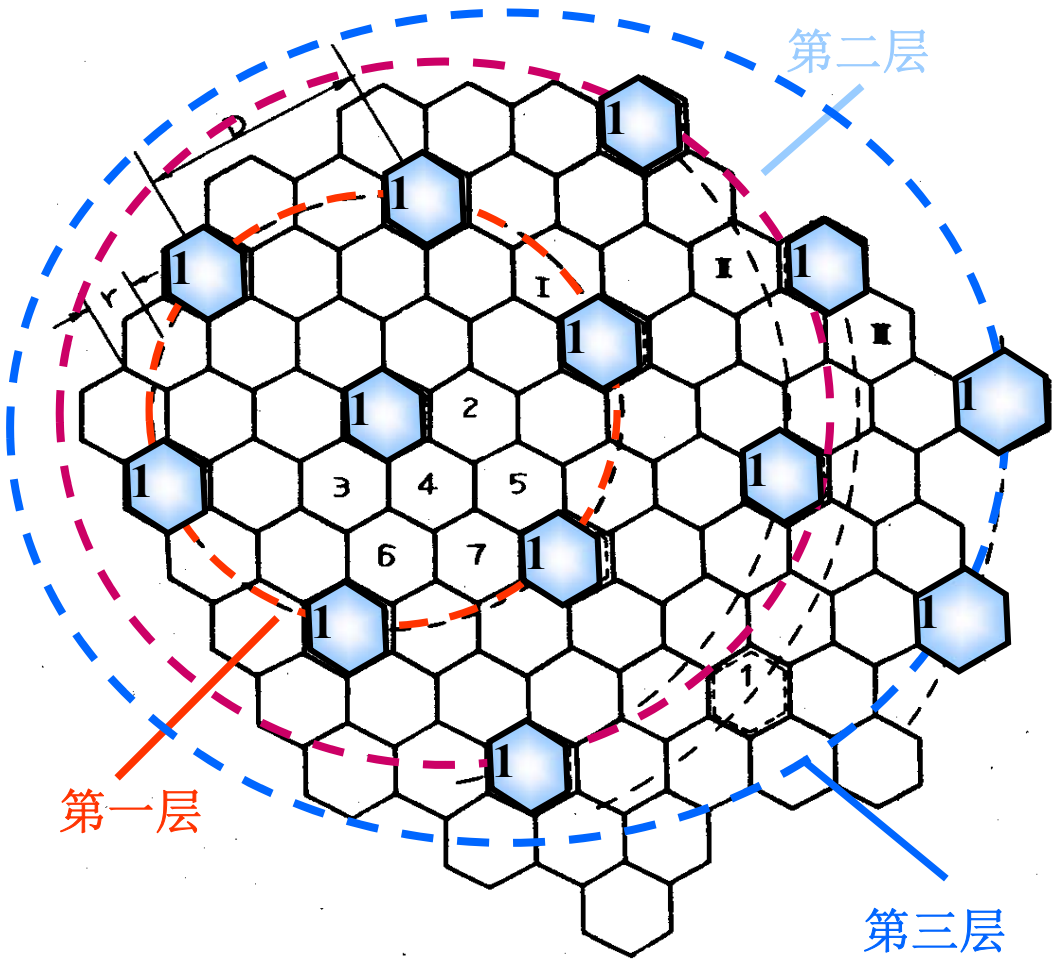


正确

5.2 频率复用和蜂窝小区

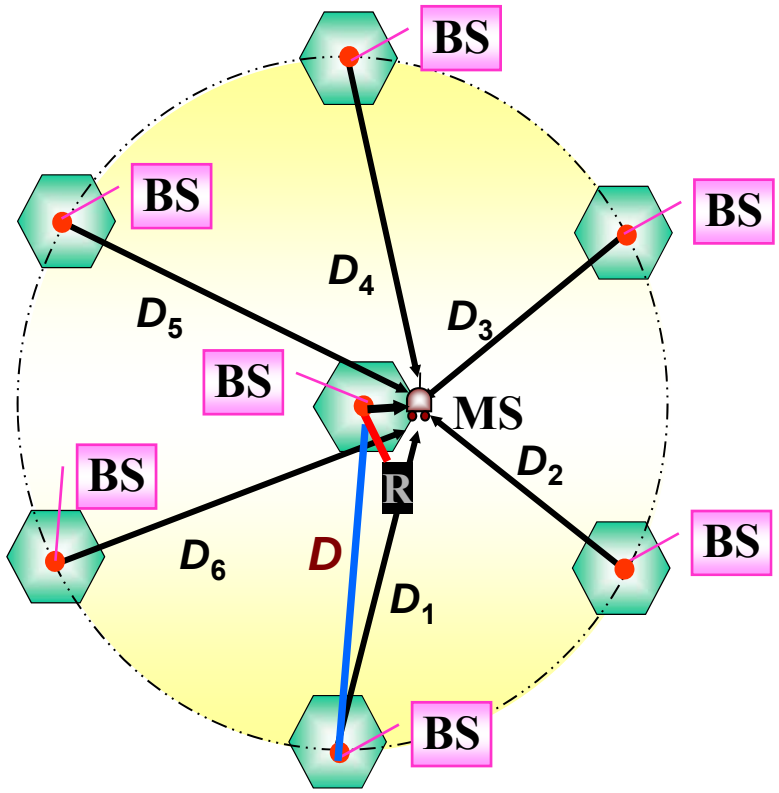
❖全向小区系统C/I的计算

- 如图，同频小区围绕着某一小区可分为多层。
- 来自第一层的同频干扰最强。
- 分析时，可只考虑第一层同频干扰。



同频小区分布

1) 设所有BS发射功率相同，同频复用距离为D，小区半径为R，干扰台离MS的距离分别为$D_k(k=1,2\ldots m)$



2) 有效信号：$P_T\left(\frac{R}{d_0}\right)^{-n}$

3)无效信号：$I=\sum_{k=1}^{m}P_T\left(\frac{D_k}{d_0}\right)^{-n}$

4)全向小区系统C/I：

$$\frac{C}{I}=P_T\left(\frac{R}{d_0}\right)^{-n}\Big/\sum_{k=1}^{m}P_T\left(\frac{D_k}{d_0}\right)^{-n}$$

$$=R^{-n}\Big/\sum_{k=1}^{m}D_K^{-n}=1\Big/\sum_{k=1}^{m}\left(\frac{D_K}{R}\right)^{-n}$$

5.2 频率复用和蜂窝小区

- 若干扰基站与移动台的距离相等，$D=D_k$，则移动台的载干比可近似表示为

$$\frac{C}{I}=\frac{R^{-n}}{\sum_{k=1}^{m}\left(D_k\right)^{-n}}=\frac{R^{-n}}{mD^{-n}}$$

- 则

$$\frac{C}{I}=\frac{(D/R)^n}{m}=\frac{\left(\sqrt{3N}\right)^n}{m}$$，m典型为6

- 例,蜂窝移动通信系统，若使载干比C/I（假设路径传输损耗因子n为4，并且只考虑第一层同频干扰，不考虑最坏情况）大于13dB，请问区群大小N应该为多少？

- 解：

$$13dB \rightarrow \frac{C}{I} = 10^{\frac{13}{10}} = 19.95$$

$$\frac{C}{I} = \frac{\left(\sqrt{3N}\right)^n}{m} = \frac{(\sqrt{3N})^4}{6} > 19.95 \qquad \therefore N > 3.65$$

- 同时N应满足区群构成条件，即N可为4, 7, 9……，所以区群大小N至少为4时，才能满足系统的载干比要求

❖例：蜂窝小区$N=7$的模式，设$n=4$，问其载干比?

❖解

$$C/I=\frac{1}{6}\left(\sqrt{3N}\right)^4=73.5=18.7dB$$

❖如果，$N=4$时，

$$\frac{C}{I}=\frac{(\sqrt{3N})^4}{6}=24=13.8(dB)$$

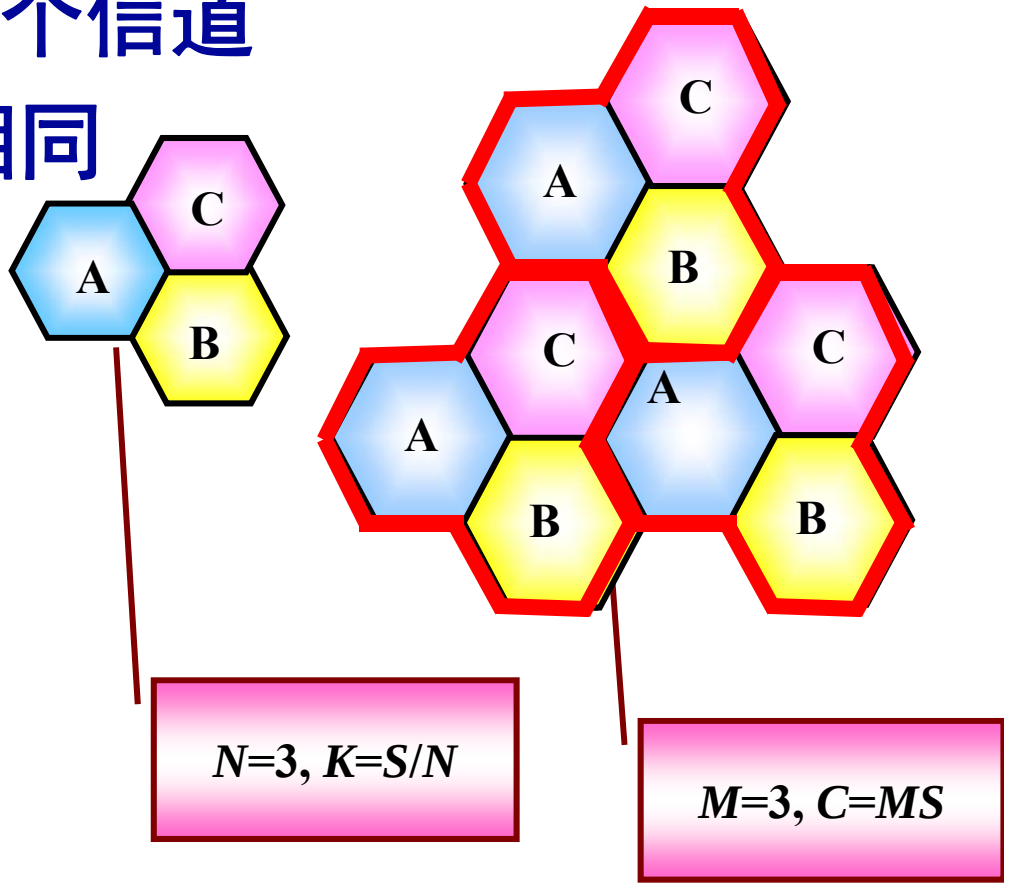
29

❖设蜂窝移动系统共有S个不同的双向信道

- ❖其簇的大小为N
- ❖簇内每个小区分配有K个信道
- ❖小区间信道分配各不相同
- ❖簇在系统中复制M次
- ❖则
  - 可用无线信道的总数

    $S=KN$
  - 信道的总数C(容量)

    $C=MKN=MS$



5.2 频率复用和蜂窝小区

❖同频复用比 Q：

- 与区群的大小有关。对于六边形系统来说，Q 可表示为

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

◆Q的值越小则容量越大；

◆Q值大可以提高传播质量，因为同频干扰小

❖例，系统总的可用信道数S=280，相同区域内，用N=7的区群需要复制4次，而用N=4的区群需要复制7次，求二者能提供的信道总数

- N=7时 $C/I=\frac{1}{6}\left(\sqrt{3N}\right)^4=18.7(dB)$
  - ◆每个小区的可用信道数 $K=S/N=280/7=40$
  - ◆则总的可用信道数 $C=MNK=4\times7\times40=28\times40=1120$
  - ◆同频复用比Q $Q=\sqrt{3N}=4.58$
- N=4时 $\frac{C}{I}=\frac{(\sqrt{3N})^4}{6}=13.8(dB)$
  - ◆每个小区的可用信道数 $K=S/N=280/4=70$
  - ◆则总的可用信道数$C=MNK=7\times4\times70=28\times70=1960$
  - ◆同频复用比Q $Q=\sqrt{3N}=3.46$

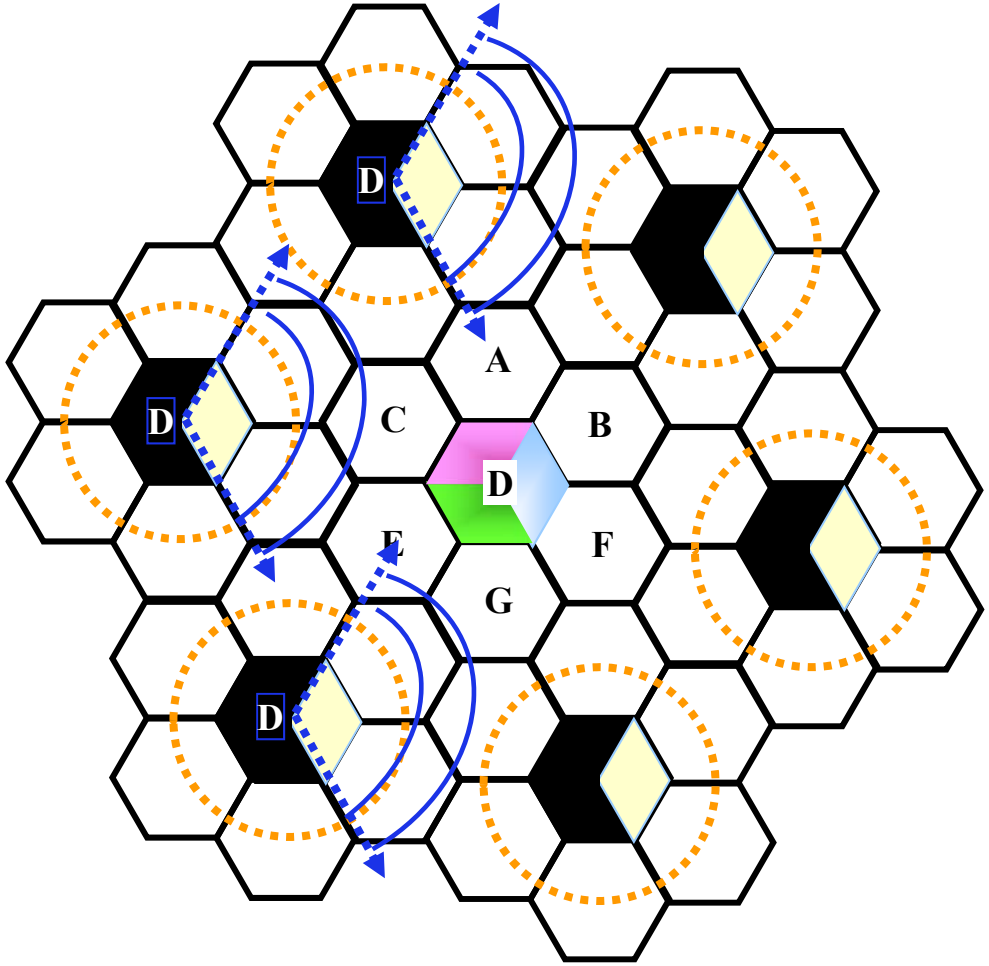
5.2 频率复用和蜂窝小区

❖结论：

- *N*越大，则意味着同频小区间距离越远，同频干扰越小。
- *N*越小，则意味着一个系统中可有更多的区群，频谱利用率高，有更多的容量。
- 从提高频谱利用率的角度，在保持满意的通信质量的前提下，*N*应取最小值为好。

5.2 频率复用和蜂窝小区

- 利用定向天线可以降低同频干扰
  - m=2或3



120° 定向覆盖的同频干扰

5.2 频率复用和蜂窝小区

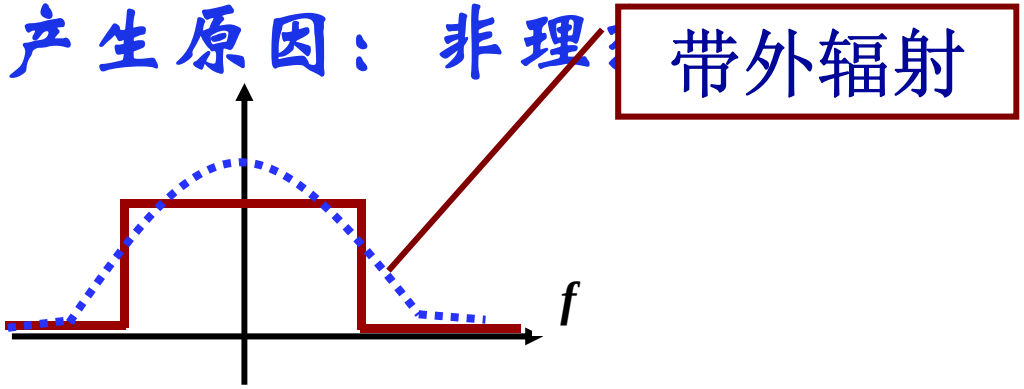
❖蜂窝无线系统的典型干扰

1. 噪声——内部噪声，人为噪声，自然噪声
2. 同频道干扰
   - ◆定义：相邻区群中同频小区中同频信道之间的干扰
   - ◆典型解决方案：
     - ➢组网时的频率规划

3. 邻道干扰

◆定义：来自相邻的或相近的频道的干扰

◆主要的产生原因：非理



理想滤波器

◆典型解决方案：

- 接收机滤波器阻带衰减设计，最大程度地衰减邻道干扰
- 组网的频率规划：同一小区内的频率组有足够的隔离度

互调干扰

- 定义：非线性器件产生的组合频率成分落入本频道造成的干扰
- 主要的产生原因：非线性器件
- 典型解决方案：
  - 器件的非线性优化处理
  - 组网的频率规划：
    - 同一小区内的频率组尽可能避免所产生的组合频率相互产生互调干扰

小结

❖ 蜂窝结构小区组网的基本条件：

- 基本图案能彼此邻接且无空隙地覆盖整个面积。
- 相邻单元中，同频道的小区间距离相等且为最大

❖ 蜂窝结构小区组网步骤

1. 通信质量→C/I→载波/同频干扰比→N $\frac{C}{I}=\frac{1}{6}\sqrt{3N}^4$

2. 确定区群的大小 $N=i^2+ij+j^2$

3.考虑邻道干扰和互调干扰的抑制分配可用信道

思考题

- 某蜂窝系统采用BPSK调制，假设接收信号为瑞利衰落，用户要求的误码率为10^{-3}，若系统的主要干扰和噪声只考虑同频干扰，求能满足此要求的最小复用因子N?
  - 假设干扰能近似为高斯分布
  - 假设路径损耗因子为4
  - 已知误码率P_b与SIR的关系为$P_b = 1.5/SIR(dB)$

❖ 某蜂窝系统采用BPSK调制，假设接收信号为瑞利衰落，用户要求的误码率为10^{-3}，若系统的主要干扰和噪声只考虑同频干扰，求能满足此要求的最小复用因子N？

- 假设干扰能近似为高斯分布
- 假设路径损耗因子为4
- 已知误码率P_b与SIR的关系为$P_b = 1.5/SIR(dB)$

中心极限定理

❖ 解:

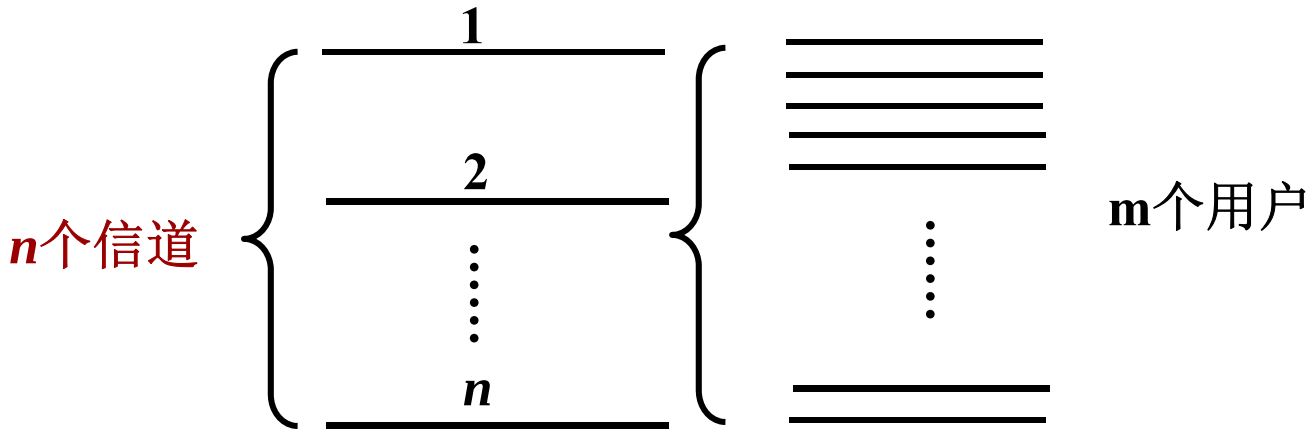
- 由 P_b与SIR的关系,可知 $SIR = 1.5/P_b = 15(\text{dB})$
- 因为假设系统的主要噪声和干扰为同频干扰,且服从高斯分布
- 可知, $\text{SIR} \approx \text{CIR} \quad C/I = 15(dB)$

$$C/I = \frac{1}{6}\left(\sqrt{3N}\right)^4 \geq 15(dB) \qquad \Rightarrow N = 7$$

附录 电信业务质量

❖ 信道共用技术:

- 小区内的所有信道对所用用户共享。移动用户可选取小区内的任一空闲信道通信。
- 信道共用提高了小区内信道利用率。



信道共用方式

附录 电信业务质量

- 基本概念：话务量(A)、呼损率(B)
  - 话务量(A)
    - 单位时间（小时）内进行的平均电话交换量，是度量通信系统通话业务量或繁忙程度的指标。
    - 分为流入话务量与完成话务量。

$$A=\lambda \cdot S \text{ (Erlang, 爱尔兰)}$$

其中，λ为每小时的平均呼叫次数；S为每次呼叫占用信道的时间。

附录 电信业务质量

- 例：在100个信道上，平均每小时有2100次呼叫，平均每次呼叫时间为2分钟，求这些信道上的流入话务量。

解：$A = \lambda \cdot S = 2100 \times 2/60 = 70$（Erl）

❖语音通信系统服务质量

流入业务量 ≦ 完成业务量

- 呼损率(B)：

呼损率与流入话务量是一对矛盾

$$B = \frac{A - A'}{A} = \frac{\lambda S - \lambda_0 S}{\lambda S} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda}$$

◆损失话务量＝流入话务量－完成话务量。

◆损失话务量与流入话务量的比值。

◆完成话务量 $A'=\lambda_0 \cdot S$，λ_0为每小时的平均成功呼叫次数。

附录 电信业务质量

❖为什么要进行系统信道设计?

- 设计信道数n以保证：在一个系统中，为满足一定用户数U，并要求达到B要求的服务质量。
- 一般公网与其他系统B选5%~20%，专网2%。

附录 电信业务质量

- 根据排队论可得到损失系统服务等级B的公式(爱尔兰呼损公式B)为:

$$B = \Pr(\text{阻 塞}) = \left(\frac{A^n}{n!}\right) \Big/ \left(\sum_{i=0}^{n} \frac{A^i}{i!}\right)$$

其中:

n: 用户共用的信道数;

A: n个信道总的流入话务量。

一般将上式计算成表，方便使用。

附录 电信业务质量

- 每个信道所能容纳的用户数
  - 假定每个用户的话务量为a
  - 每个信道所能容纳的用户数m与A的关系。

$$m = \frac{A / n}{a}$$

- 用户总数：$M=mn=A/a$

每用户忙时话务量a

$$a = C\ T\ K\ \frac{1}{3600}$$

- C：用户每天平均呼叫的次数
- T：每次呼叫平均占用信道的时间(秒/次)
- K：集中系数，忙时话务量对全日(24小时)话务量的比，一般选10%~15%

例：C=3次/天，T=120秒/次，K=10%

解：a=0.01Erl/用户

附录 电信业务质量

表 4－8　　B、n 与 A、A/

n	5%				
	A(Erl)	A/n	m	nm	A(Erl)
1	0.053	0.053	5	5	0.111
2	0.381	0.191	19	38	0.595
3	0.899	0.300	30	90	1.271
4	1.525	0.381	38	152	2.045
5	2.218	0.444	44	221	2.881
6	2.960	0.493	49	296	3.758
7	3.738	0.534	53	374	4.666
8	4.543	0.568	57	454	5.597
9	5.370	0.597	60	537	6.546
10	6.216	0.622	62	622	7.511
11	7.076	0.643	64	708	8.487
12	7.950	0.663	66	795	9.474
13	8.835	0.680	68	884	10.470
14	9.730	0.695	70	973	11.473

注：a = 0.01Erl/ 用户。

1，*A*:　系统总话务量

2，*B*:　系统要求呼损率

3，*n*:　用户共用的信道数

4，*a*:　每用户忙时话务量

5，*A*/*n*: 每信道平均流入话务量

6，*m*:　每信道可容纳用户数

$$m=A/n/a$$

7，*M*:　系统总用户数

$$M=mn=A/a$$

附录 电信业务质量

表 4－8　　B、n 与

n	5%											
	A(Erl)	A/n	m	nm								
1	0.053	0.053	5	5								
2	0.381	0.191	19	38								
3	0.899	0.300	30	90								
4	1.525	0.381	38	152								
5	2.218	0.444	44	221								
6	2.960	0.493	49	296								
7	3.738	0.534	53	374								
8	4.543	0.568	57	454								
9	5.370	0.597	60	537								
10	6.216	0.622	62	622								
11	7.076	0.643	64	708								
12	7.950	0.663	66	795	9.474	0.790	79	947	12.036	1.003	100	1204
13	8.835	0.680	68	884	10.470	0.850	81	1047	13.222	1.017	102	1322
14	9.730	0.695	70	973	11.473	0.820	82	1147	14.413	1.030	103	1441

注：a = 0.01Erl/ 用户。

例：$B = 0.05$，$a = 0.01$

(1), 若有$n = 5$，$M = ?$

$n = 5$，查表4-8, $A = 2.218$,

$M = A/a = 2.218/0.01 = 221$

(2), 若$M = 700$个用户，$n = ?$

$A = Ma = 0.01 \times 700 = 7$

查表计算为：$n = 11$

- 例如，某移动通信系统，每天每个用户平均呼叫10次，每次占用信道的平均时间为80秒，呼损率要求10%，集中系数为K=0.125，问给定8个信道能容纳多少个用户？

解：

(1) 根据呼损率(B)及信道数(n)，查表4-8求总话务量A。

查表求得A=5.597Erl。

(2) 求每个用户忙时话务量a：

$$a = CTK\frac{1}{3600} = 0.0278(\text{Erl/用户})$$

❖例如，某移动通信系统，每天每个用户平均呼叫10次，每次占用信道的平均时间为80秒，呼损率要求10%，集中系数为K=0.125，问给定8个信道能容纳多少个用户？

(3) 求每个信道所能容纳的用户数m：

$$m = \frac{A / n}{a} = \frac{5.597 / 8}{0.0277} = 202 / 8$$

(4) 求系统所容纳的用户数M：

202用户

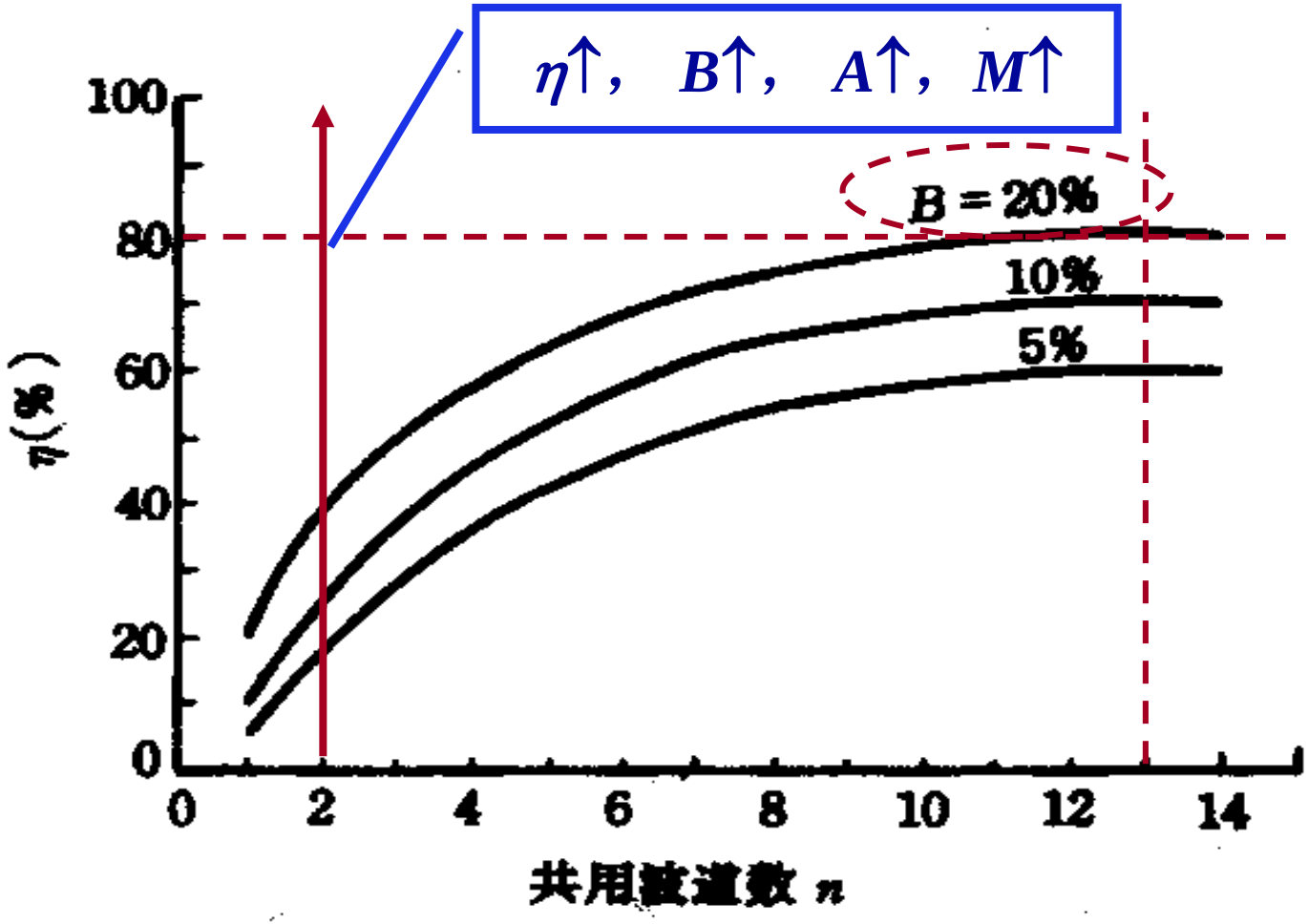
附录 电信业务质量

❖信道利用率：

- 用每个信道平均完成的话务量来表示。

$$\eta = \frac{A'}{n} = \frac{A(1-B)}{n}$$

附录 电信业务质量



信道利用率←→呼损率

54

附录 电信业务质量

- n一定，信道利用率越高，但服务质量越低
- 采用信道共用技术，可提高信道利用率，但共用不宜太多（n <30）。

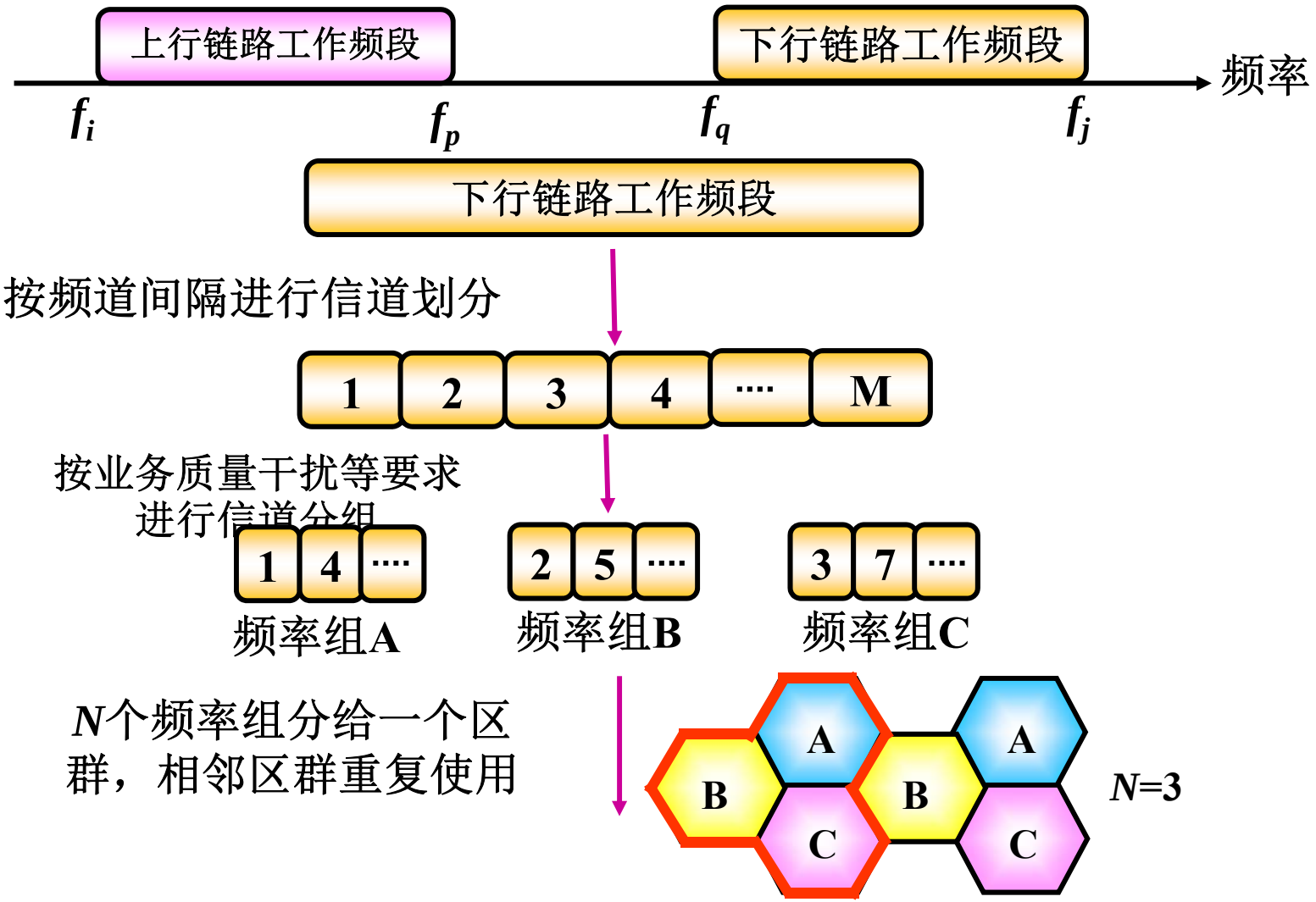
55

附录 电信业务质量

- 系统信道设计总结：
  - 选定B，正确选定a(一般公网0.01Erl，专网0.06Erl)
  - 根据B和a确定M与n的值

56

❖系统频谱的分配(以FDD系统为例)



主要内容

- 5.1移动通信网的基本概念
- 5.2 频率复用和蜂窝小区
- **5.3 多址接入技术**
- 5.4 码分多址关键技术
- 5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析
- 5.6 CDMA系统中的功率控制
- 5.7 切换、位置更新

5.3 多址接入技术

❖移动通信网

1. 下行链路(基站→移动台)

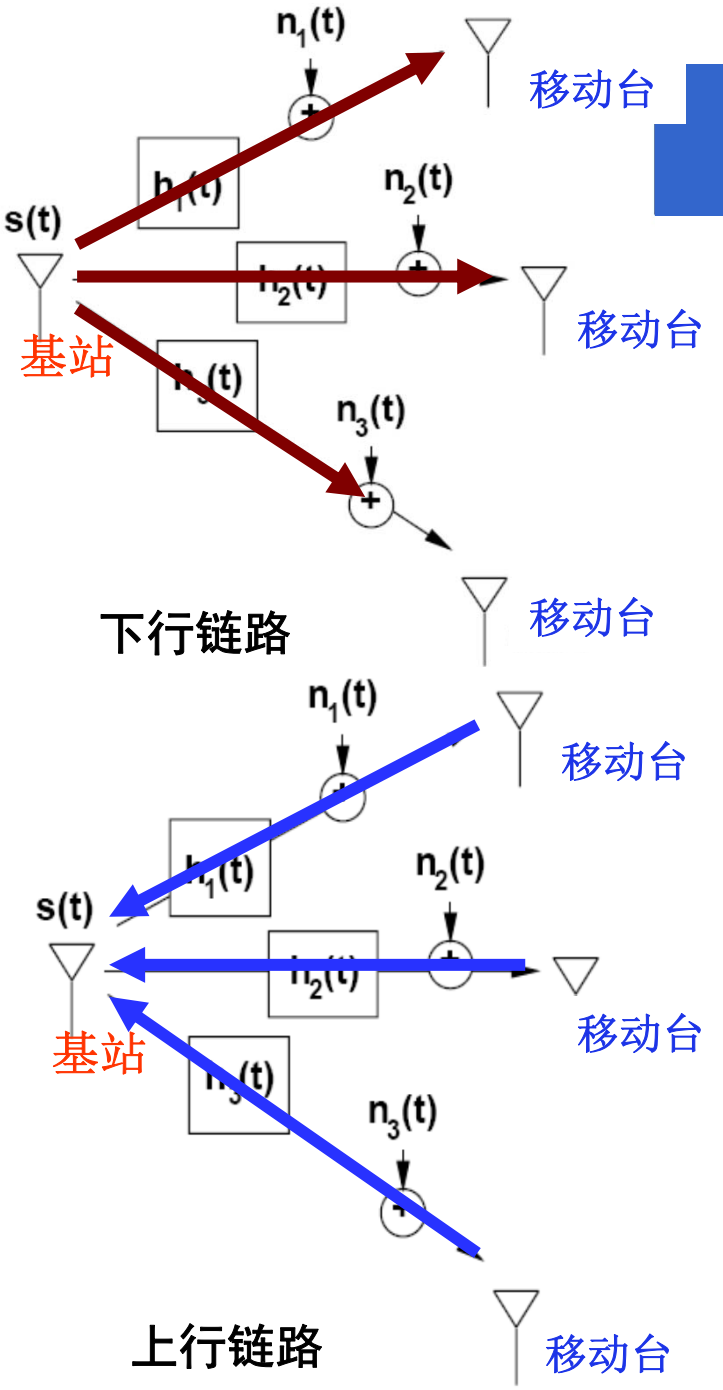
各移动台能识别发送给本移动台的信号？

2. 上行链路(移动台→基站)

基站如何识别来自各个不同移动台的信号？

❖ 解决方案： 多址接入技术

(Multiple Access)



5.3 多址接入技术

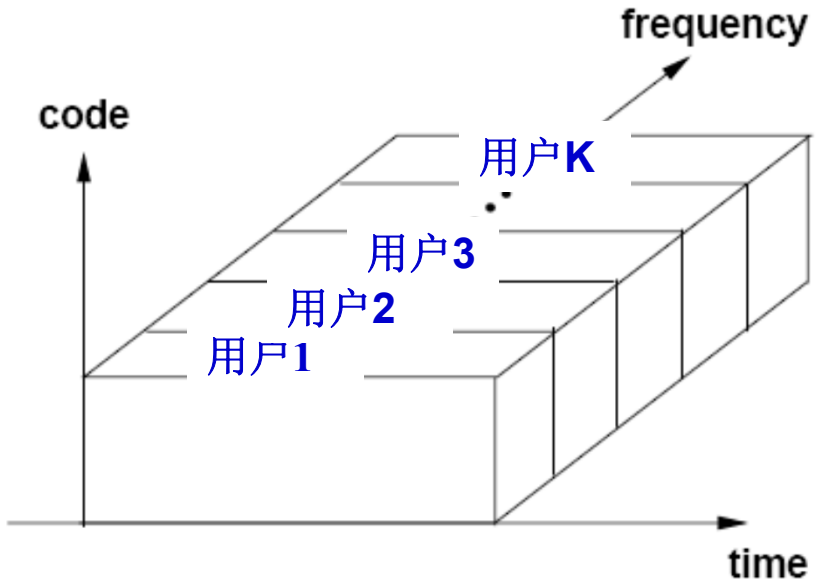
❖多址接入技术

- 将正交的信号维度（时域、频域等）划分为不同的信道后分配给用户，以支持多用户通信。
- 尽量保证不同用户发射的信号相互正交

❖典型的多址技术

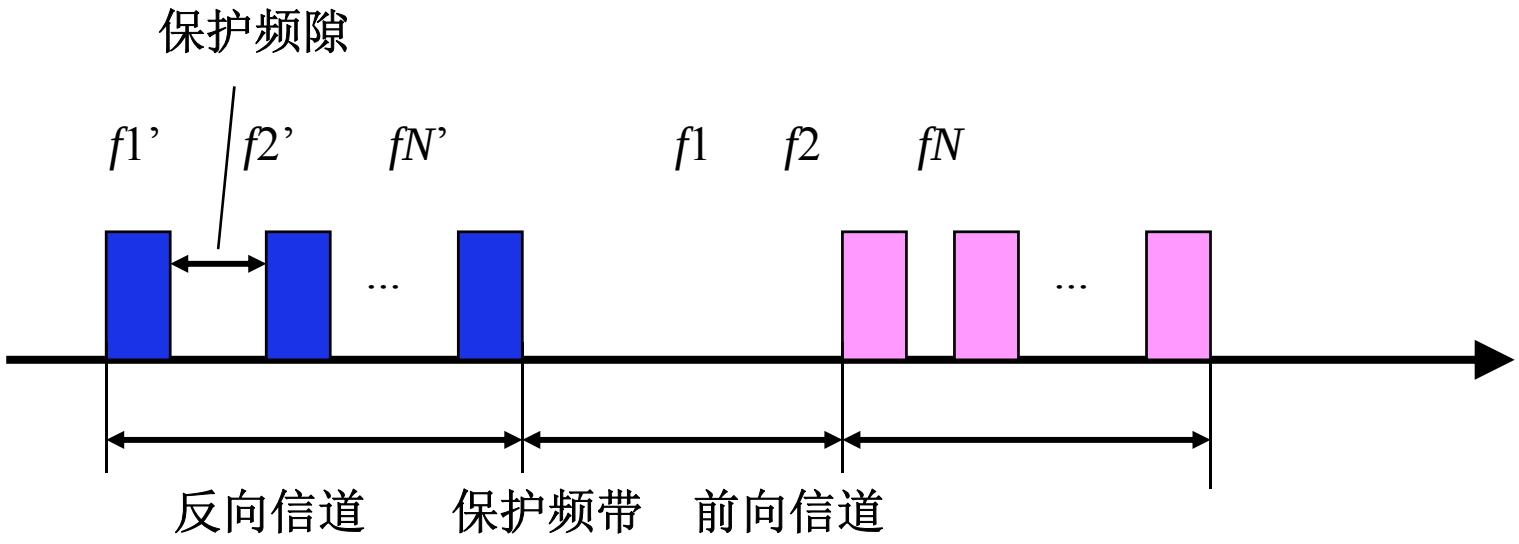
1. 频分多址(FDMA):

- 沿频率轴将信号维度划分为不同的频道，频带独享，时间共享 。
- 每个用户占用一个频道，在呼叫的整个过程中，其他用户不能共享这一频段。



❖FDMA系统的频谱管理

- 分配给每个用户一对频谱，分别用于下行和上行
- 用户与用户之间，上下行之间必须有足够的保护间隔

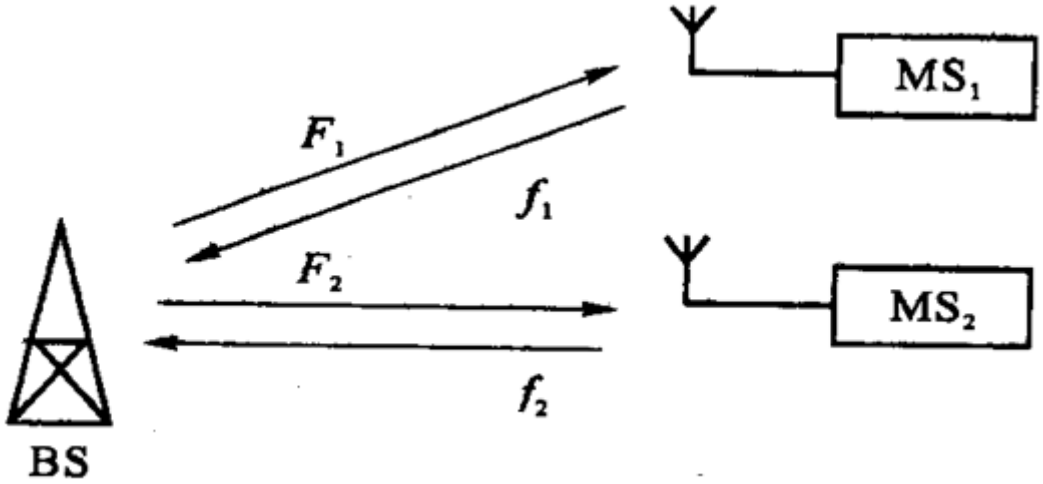


保护频段的作用：补偿滤波特性不理想、邻道干扰和多普勒扩展。

5.3 多址接入技术

❖FDMA系统的频谱管理

- 两个移动用户之间的通信必须通过基站转发，同时占用2对频谱



❖FDMA系统内的主要干扰

1. 互调干扰

◆器件的非线性效应➔线性度

◆ 通过频率规划抑制

2. 邻道干扰

◆邻道信号的寄生辐射➔频道间隔

3. 同频道干扰

◆同频小区➔蜂窝组网规划

64

❖ FDMA系统的特点

1. 每信道占用一个载频：
   - 每个频道只传送一路业务信息。
   - 载波间隔必须满足业务信息传输带宽的要求。
   - 往往是窄带
2. 移动台实现简单
   - 如果频带较窄，无需自适应均衡。
3. 基站复杂庞大
   - 多部收发信机以支持多用户
   - 带通滤波器组

5.3 多址接入技术

4. 需要周密的频率规划

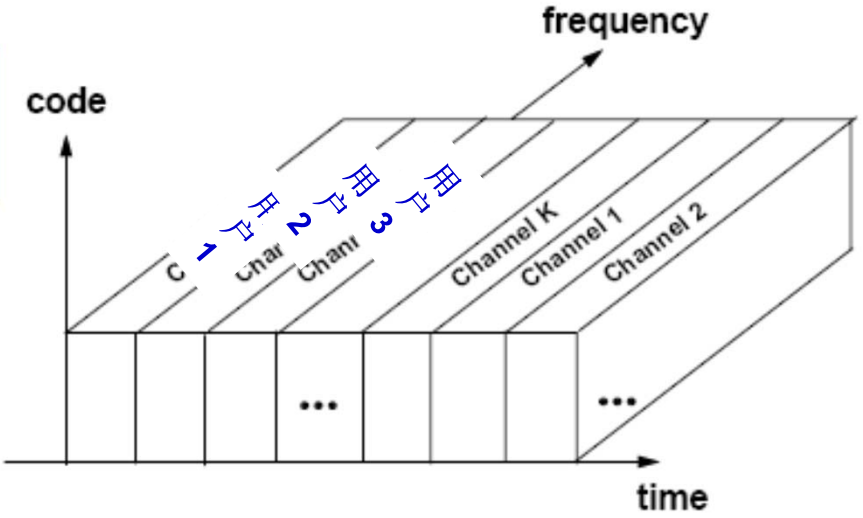
- 限制邻道干扰和同频道干扰

5. 越区切换复杂

- 切换的瞬时信息可能丢失

66

2. 时分多址(TDMA):



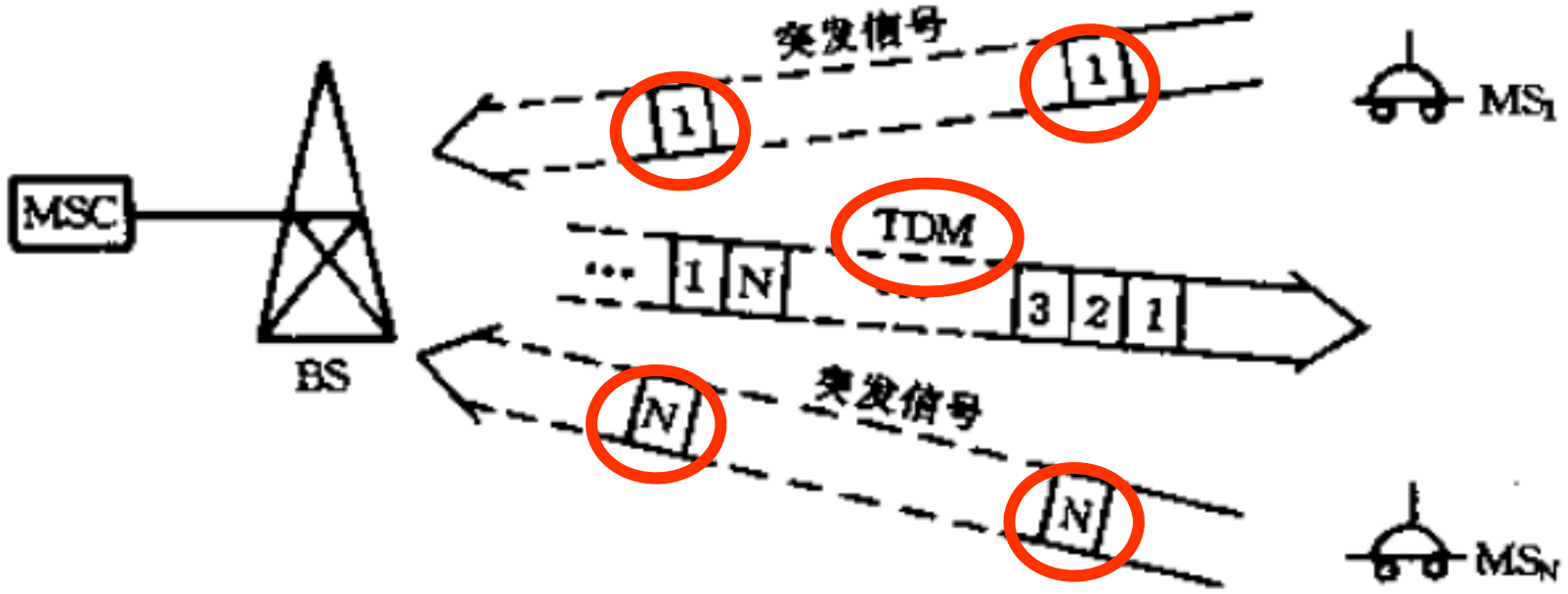
- 时隙划分，时隙独享，频率共享。
- 沿时间轴划分信号维度

分配给用户的是互不重叠并周期重复的时隙（Time Slot，TS）。

- 每个用户只能按指定TS向基站发射和接收来自基站的信号。发射数据采用的是“缓存－突发”法，对每个用户而言，发射不连续

5.3 多址接入技术

❖工作过程



5.3 多址接入技术

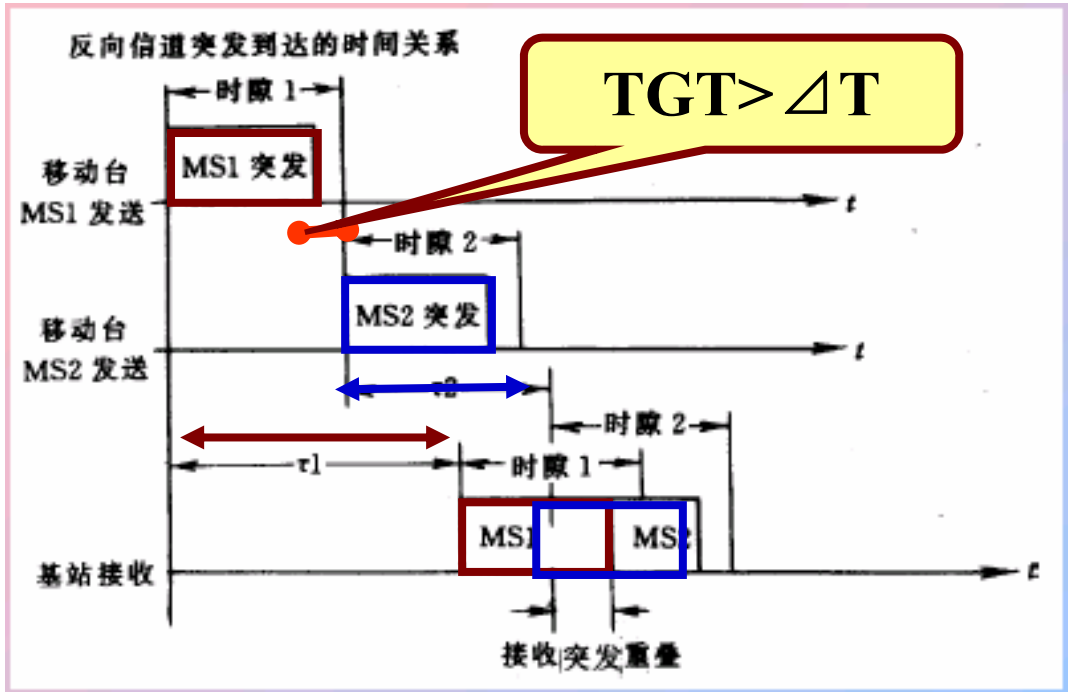
- 同步和定时是TDMA系统正常工作的前提。
- 同步
  - 位同步：
    - 针对每个符号，是正确接收符号的基础。
  - 时隙同步：
    - 针对每个时隙，是接收机正确区分数据的基础。
  - 帧同步：
    - 针对每个帧，进行复用/解复用所需。

69

5.3 多址接入技术

❖定时关系

- 不同MS到BS的距离差异，导致不同的信号延迟。会使得BS接收到的信号相互交叠
- 解决办法：
  - 设定保护时间（Guard Time）
  - 用户提前发送

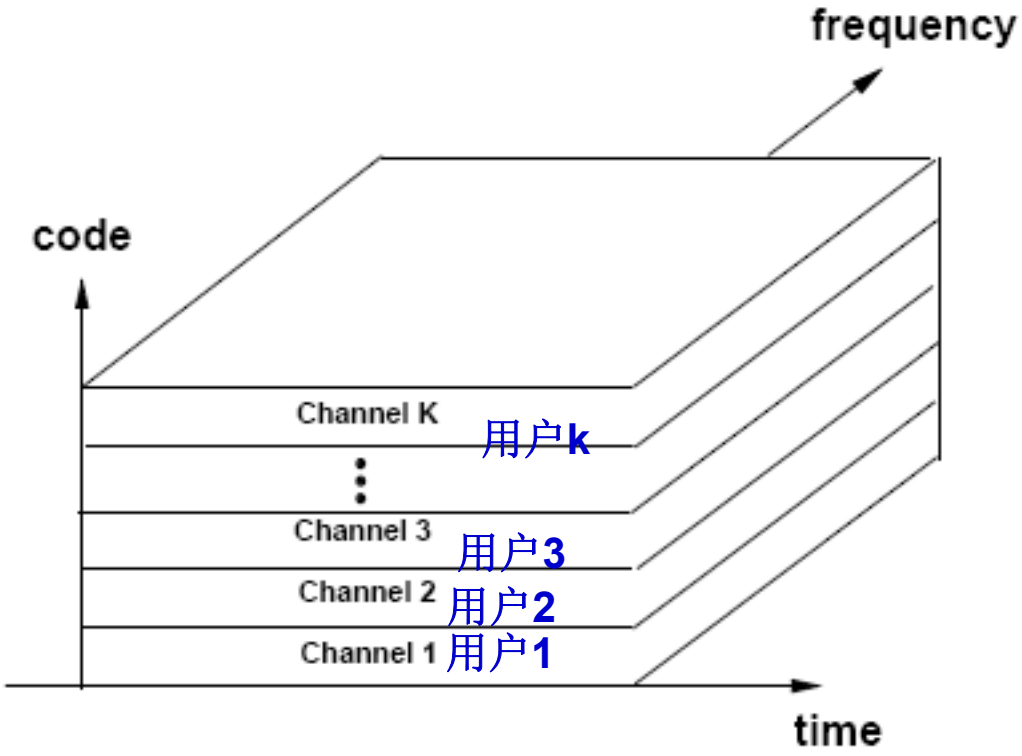


❖ TDMA系统的特点

1. 同步开销较大，突发传输速率高>语音编码速率
2. 通常为宽带高速→均衡要求较高
3. 要增加系统支持的时隙数，需要增加发射信号速率
4. 基站复杂性减小，不需双工器；
5. 干扰较小，频谱利用率较高
6. 越区切换简单，不会造成数据丢失。

5.3 多址接入技术

3. 码分多址(CDMA)：码型划分，时隙、频率共享。

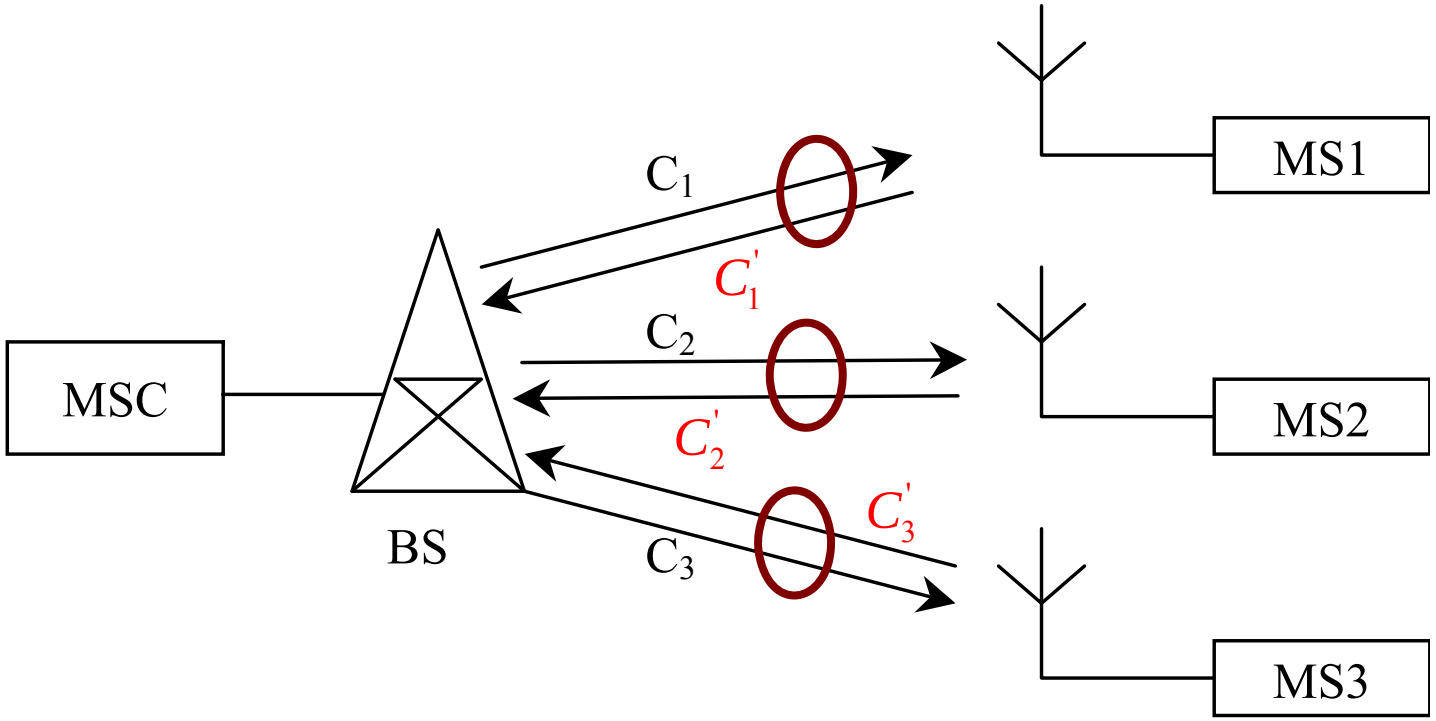


72

5.3 多址接入技术

❖CDMA系统工作原理

- CDMA系统为每个用户分配各自特定的地址码（扩频码）



❖ CDMA系统的特点

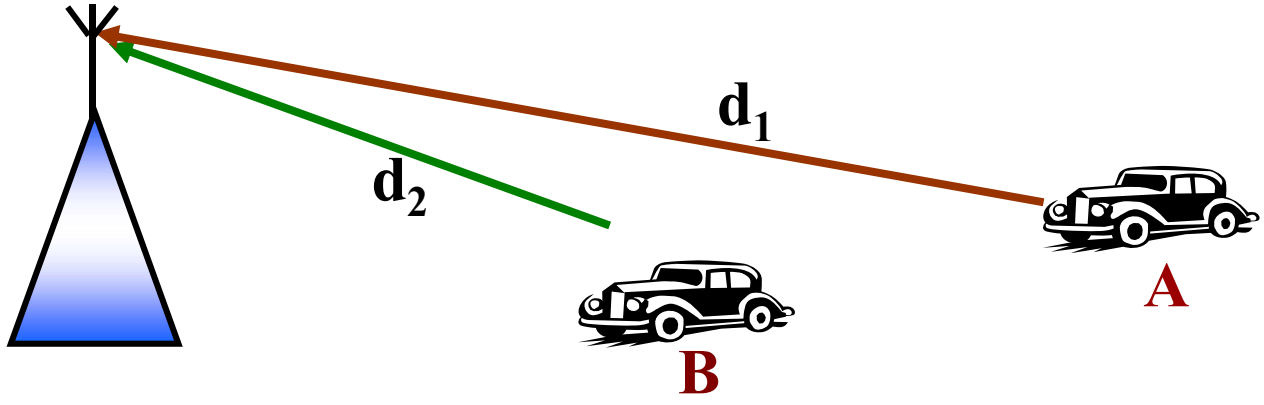
1. 各用户 地址码的准正交性会带来多址干扰
   - ➢ 类白噪声
2. 多用户可共享频率；
3. 容量相对较大；
4. 容量的软特性 ，用户的增加相当于噪声增加
5. 采用扩频和Rake接收，减小多径衰落的影响
6. 单频组网，相邻小区频率相同，平滑的软切换；
7. 低信号功率谱密度，抗干扰能力强

❖主要问题

- 多址干扰：
  - ◆地址码的非完美相关性。
- 远近效应：
  - ◆强用户信号对弱用户信号的明显抑制作用。

❖解决方法有

- 多用户接收机 / 功率控制 / 分布式天线系统



典型无线通信系统的多址接入方式

- **GSM:**
  - **TDMA/FDD**
- **IS-95:**
  - **CDMA/FDD**
- **WCDMA:**
  - **CDMA/FDD**
  - **CDMA/TDD**
- **Cdma200:**
  - **CDMA/FDD**
  - **CDMA/TDD**

5.3 多址接入技术

- 无线通信系统的容量：
  - 一定频段内所能提供的信道数或用户的最大数目或系统输入的总话务量。
- 衡量无线系统频谱效率的参数，取决于载波干扰功率比C/I和带宽B_c。

$$m = \frac{B_t}{B_C N} \quad \text{信道/小区}$$

  - B_t：系统总频谱；
  - B_c：信道带宽；
  - N：频率复用小区数。

5.3 多址接入技术

- **FDMA多址方式的系统容量**
  - 考虑载干比

$$Q=\sqrt{3N}=\left[6\times\frac{C}{I}\right]^{\frac{1}{4}} \Rightarrow N=\sqrt{\frac{2}{3}\times\frac{C}{I}}$$

$$m=\frac{B_t}{B_C\sqrt{\frac{2}{3}\times\frac{C}{I}}} \quad \text{信道/小区}$$

5.3 多址接入技术

- 考虑载干比，TDMA多址方式的系统容量

$$m = \frac{B_t}{B'_C \sqrt{\frac{2}{3} \times \frac{C}{I}}} \quad \text{信道/小区}$$

$$B'_C = B_C / M_{slot} \quad \text{信道/小区}$$

M_{slot}：每个载波有M_{slot}个时隙

5.3 多址接入技术

- **CDMA多址方式的系统容量：**

  由于CDMA系统是一个干扰受限的系统，它的频率复用因子可以为1，对其系统容量的分析更为复杂，本课程将简单进行推导。

- **CDMA的载波干扰比（C/I）：**
  - **Eb为每比特信号能量。**
  - ***I_0*为干扰（包括噪声）的功率谱密度**

$$C = E_b \cdot R_b \qquad I = I_0 \cdot B_w \qquad G_p = \frac{B_w}{B_s} \overset{M=2}{\approx} \frac{B_w}{R_b}$$

$$\frac{C}{I} = \frac{E_b \cdot R_b}{I_0 \cdot B_w} \approx \frac{E_b}{I_0} \cdot \frac{B_s}{B_w} = \frac{E_b}{I_0} \cdot \frac{1}{G_p}$$

5.3 多址接入技术

- 单小区时，考虑上行链路的容量，假设理想的功率控制（即在上行链路对所有移动台的发射功率进行控制，使到达基站接收机的信号功率均相同），则基站接收机的载波干扰比：

$$\frac{C}{I}=\frac{P_r}{(m-1)P_r}=\frac{1}{m-1}$$

  - P_r为基站接收到的每个移动台的信号功率
  - m为同时工作的一移动台数。

- 带入可得最大的一个小区内用户数为：

$$\frac{1}{m-1}=\frac{C}{I}=\frac{E_b\cdot R_b}{I_0\cdot B_w}$$

$$m=1+\frac{B_w/R_b}{E_b/I_0}=1+\frac{G_p}{E_b/I_0}$$

多址方式	FDMA	TDMA	CDMA
计算方法(m)	$\frac{B_t}{B_C N}$	$\frac{B_t}{(B_C / M_{slot}) N}$	$1+\frac{G_p}{E_b / I_0}$
典型系统	模拟TACS系统	数字GSM系统	数字IS-95系统
系统总频段带宽(B_w)	1.25MHz	1.25MHz	1.25MHz
频道间隔(B_c)	25kHz	200kHz	1.25MHz(Gp= 22dB)
信道总数	1.25MHz/25kHz=50	1.25MHz/200kHz×8=50	软容量
簇内小区数	N=7	N=4	N=1
每载波时隙数	不划分	M_{slot}=8	不划分
接收灵敏度	不影响	不影响	(BPSK) Eb/N0:7dB
系统容量(信道/小区)	m=50/7=7.1	m=50/4=12.5	m=1+(1.25e3/8)/(10^0.7)=32.25

主要内容

5.1移动通信网的基本概念

5.2 频率复用和蜂窝小区

5.3 多址接入技术

5.4 码分多址关键技术

5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析

5.6 CDMA系统中的功率控制

5.7 切换、位置更新