

## **RF & Microwave e-Academy Program**

**Powerful tools that keep you on top of your game**

### **RFCD 101: CDMA 基础**



**Agilent Technologies**

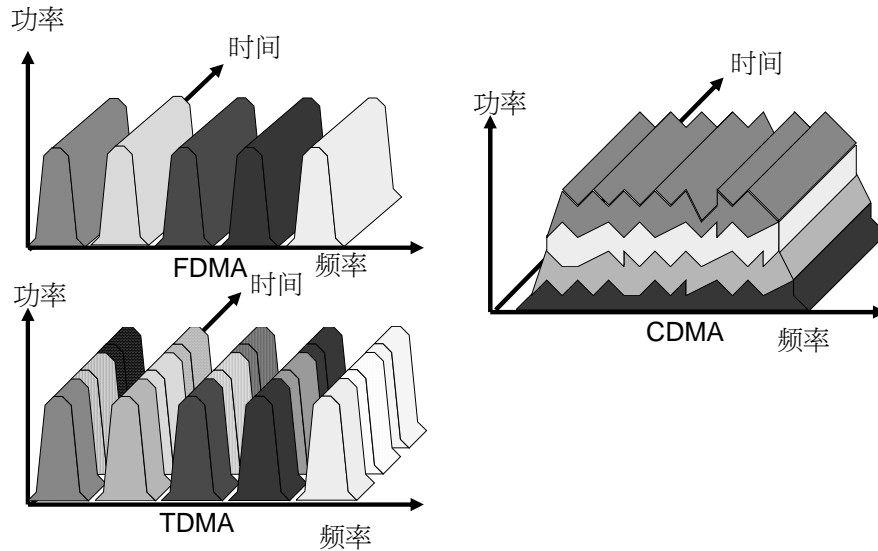
Technical data is subject to change. Copyright ©2004 Agilent Technologies  
Printed on Jan, 2004 5988-8499CHA

欢迎来到 RFCD 101 CDMA 基础模块。这一自行掌握进度的模块将为您介绍 CDMA 的概念，这是使用码分多址方案的第一个商业蜂窝系统。虽然有多种类型的扩谱通信系统，但我们的讲述将使您全面了解被提议的 CDMA 蜂窝系统。这是主要基于 Qualcomm 开发的 CDMA 系统，它使用直接序列调制，用数字编码扩展频谱。到本模块结束时，您将能全面了解 CDMA 的概念，信道化和调制，以及如何实现 CDMA 网的功能。

其它类型的扩频系统使用跳频技术或跳频和数字编码调制（直接序列）的组合。本文旨在使您深入了解 CDMA 技术，并描述一些 CDMA 系统的工作特性。

让我们开始讲述。

## 蜂窝接入法



接入问题：个人通信行业面临着不断增加共享同一有限频段的用户数量问题。为扩展用户量，行业必须找到增加容量而不降低服务质量的方法。

模拟蜂窝系统使用具有30kHz信道的复杂信道化系统，一般称为FDMA（频分多址）。为最大化系统容量，模拟FDMA蜂窝使用定向天线（蜂窝扇区）和复杂的频率重用计划。

为进一步增加系统容量，实现了称为TDMA（时分多址）的数字接入方法，该系统使用与FDMA模拟同样的频率信道化，并增加了时分成分。多个用户在不同时间分享各信道，从而有效增加了系统容量（在US TDMA中为3倍，在GSM中为8倍）。

CDMA即码分多址，它用相关代码区分不同用户。频分仍在用，不过是在一个更大的带宽（1.25MHz）内。在CDMA中，一个用户信道包括特定频率与唯一代码的组合。为增加容量，CDMA也使用扇区单元。在接入中的一项主要差别是在所有小区的所有扇区可使用任何CDMA频率。

相关码允许各用户在存在噪声的条件下工作。这如同是人数众多的鸡尾酒会。许多人同时在讲话，但您一次只能听清和理解一个人的讲话。这是因为您的大脑能甄别语音特性，把它与其它人的讲话相区别。如果是很大的宴会，每个人都必须加大音量，交谈的范围也变得更小。这样，交谈的数量就受室内总噪声干扰的限制。CDMA类似这一鸡尾酒会的情况，但它是根据数字代码识别。干扰是在同一CDMA频率上所有其它用户之和，包括本区内和本区外的用户，以及延迟到来的信号部分。

它也包括通常的热噪声和大气扰动。在CDMA中分别接收和组合多径造成的延迟信号。我们将会在后面详细讨论。

传统蜂窝系统称为全双工系统，因为它同时使用二个信道。这也允许同时与移动台进行独立的发送和接收。在北美蜂窝系统中，正向和反向链路信道相隔45MHz。IS-95 CDMA系统也是全双工系统，它正向和反向均使用1.25MHz宽度的信道。对于北美蜂窝应用，IS-95-B CDMA采用AMPS使用的同样45MHz正向和反向隔离。对于PCS应用，J-STD-008 CDMA使用80MHz的正向和反向隔离。世界各地的其它系统可使用不同的间距。

接入问题：个人通信行业面临着不断增加共享同一有限频段的用户数量问题。为扩展用户量，行业必须找到增加容量而不降低服务质量的方法。

模拟蜂窝系统使用具有30kHz信道的复杂信道化系统，一般称为FDMA（频分多址）。为最大化系统容量，模拟FDMA蜂窝使用定向天线（蜂窝扇区）和复杂的频率重用计划。

为进一步增加系统容量，实现了称为TDMA（时分多址）的数字接入方法，该系统使用与FDMA模拟同样的频率信道化，并增加了时分成分。多个用户在不同时间分享各信道，从而有效增加了系统容量（在US TDMA中为3倍，在GSM中为8倍）。

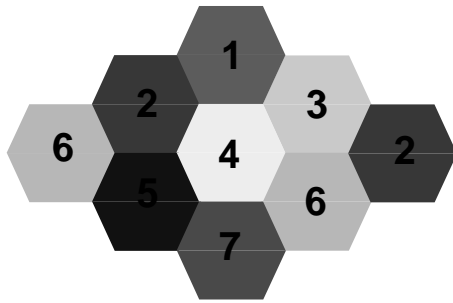
CDMA即码分多址，它用相关代码区分不同用户。频分仍在用，不过是在一个更大的带宽（1.25MHz）内。在CDMA中，一个用户信道包括特定频率与唯一代码的组合。为增加容量，CDMA也使用扇区单元。在接入中的一项主要差别是在所有小区的所有扇区可使用任何CDMA频率。

相关码允许各用户在存在噪声的条件下工作。这如同是人数众多的鸡尾酒会。许多人同时在讲话，但您一次只能听清和理解一个人的讲话。这是因为您的大脑能甄别语音特性，把它与其它人的讲话相区别。如果是很大的宴会，每个人都必须加大音量，交谈的范围也变得更小。这样，交谈的数量就受室内总噪声干扰的限制。CDMA类似这一鸡尾酒会的情况，但它是根据数字代码识别。干扰是在同一CDMA频率上所有其它用户之和，包括本区内和本区外的用户，以及延迟到来的信号部分。

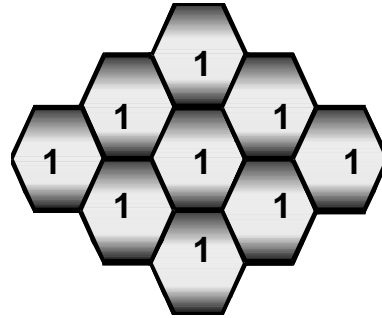
它也包括通常的热噪声和大气扰动。在CDMA中分别接收和组合多径造成的延迟信号。我们将会在后面详细讨论。

传统蜂窝系统称为全双工系统，因为它同时使用二个信道。这也允许同时与移动台进行独立的发送和接收。在北美蜂窝系统中，正向和反向链路信道相隔45MHz。IS-95 CDMA系统也是全双工系统，它正向和反向均使用1.25MHz宽度的信道。对于北美蜂窝应用，IS-95-B CDMA采用AMPS使用的同样45MHz正向和反向隔离。对于PCS应用，J-STD-008 CDMA使用80MHz的正向和反向隔离。世界各地的其它系统可使用不同的间距。

## 蜂窝频率重用模式



FDMA 重用



CDMA 重用

CDMA的一项主要容量增益来自它的频率重用效率。为消除来自相邻小区的干扰，窄带FM系统必须在物理上分隔使用相同频率的小区。在这样的系统中，复杂的频率重用计划可消除干扰和最大化系统容量。模拟和TDMA系统的典型重用模式是在任何给定小区中只使用可用频率的1/7。CDMA在所有小区中使用同样的频率。如果使用扇区小区，所有小区中的所有扇区即可使用同样的频率。这是因为CDMA能在高干扰下解码正确的信号。在CDMA中，相邻小区使用相同频率只是增加了信道的本底噪声。由于允许各小区使用相同频率，CDMA的容量6倍于现有模拟蜂窝系统。

## CDMA 容量增益

$$\text{容量} = \frac{(\text{信道带宽})}{(\text{数据率})} \times \frac{(1)}{(S/N)} \times \frac{(1)}{(Vaf)} \times (Fr)$$

$$\text{CDMA} = \frac{(1,230,000)}{(9,600)} \times \frac{(1)}{(5.01)} \times \frac{(1)}{(.40)} \times (0.67)$$

$$\text{CDMA} = 42 \text{ 呼叫 (使用 1.5 MHz 带宽)}$$

处理增益

$$\text{AMPS} = 1.5 \text{ MHz} / 30 \text{ kHz} = 50 \text{ 信道}$$

$$\text{容量} = 50 \text{ 信道} / 7 (1/7 \text{ 频率重用})$$

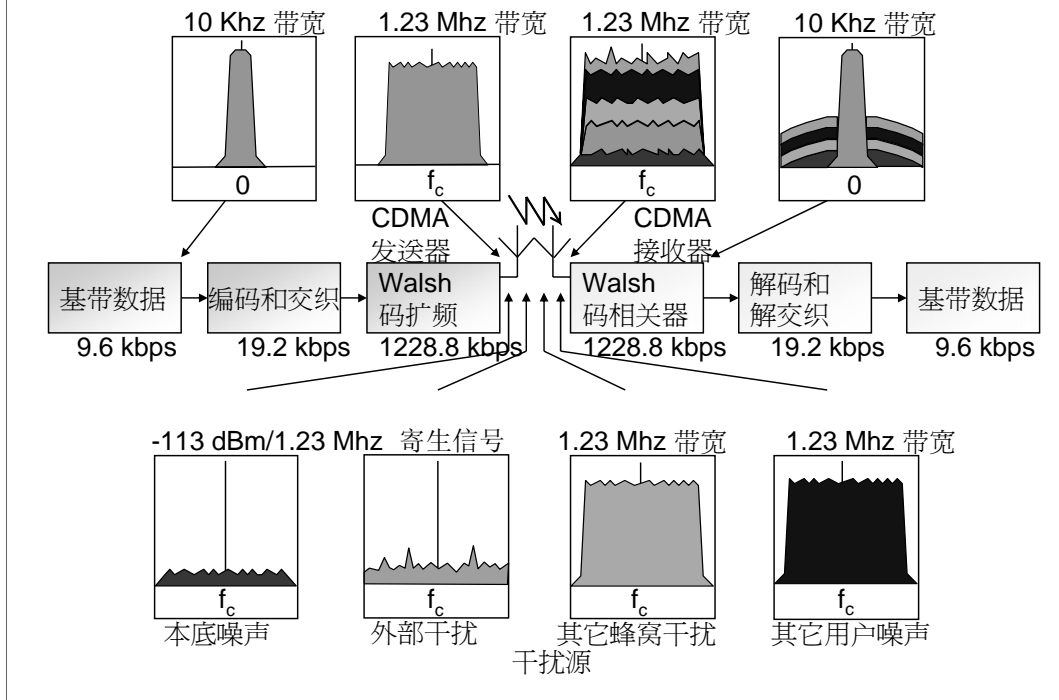
$$\text{AMPS} = 7 \text{ 呼叫 (使用 1.5 MHz 带宽)}$$

为了解CDMA如何提供更高的容量，我们需要认识它在给定带宽中的潜力。应记住对于任何蜂窝系统，都可通过增加越来越多的小区得到任意大的容量。较现实的容量比较方法是每一使用带宽的小区数。在现有AMPS模拟系统中安装CDMA，为了从模拟服务中移出，将至少需要1.5MHz带宽。单个CDMA频率的实际扩散频带为1.23MHz，这就需要提供总1.5MHz的保护带，以减小相邻模拟信道的潜在干扰。增加至系统的其它CDMA频率只需要1.23MHz的带宽。

在这一配置中，一个CDMA小区将支持42个电话呼叫。这可从所示的公式中导出。处理增益是CDMA最终带宽除以编码的语音数据率。为在传播条件有很大变化时得到好的音质，因此有信噪比要求。典型传输条件需要大约7dB的信噪比，以得到适宜的音质。也就是信号必须比噪声强5倍。参数Vaf是语音活动因素。由于CDMA使用可变速率的声码器，CDMA的Vaf为0.4。Fr是频率重用效率，Sg是扇区化增益。对于CDMA，Fr是0.67（即几乎70%的重用效率）。频率重用效率不是1，因为小区周围产生的其它干扰造成容量的下降。如果CDMA小区使用三方扇区天线，Sg大约为2.6（在使用扇区化时几乎是3倍的容量）。扇区化增益不是3，这是因为围绕扇区小区增加的干扰。

对于所给相同的带宽，AMPS系统每小区容量只有大约7个呼叫。因为AMPS虽然在1.5MHz的带宽中有50个信道，但由于存在干扰，只有1/7可用于任何给定的小区。在模拟通信中使用扇区并不能改进每MHz的容量，因为来自相邻扇区的干扰要求复杂的频率重用计划。模拟的扇区化只是造成物理上更小的小区。

## CDMA 的基本概念



我们刚刚了解了CDMA信道化的概念。让我们从认识CDMA信道化如何工作开始。CDMA起自窄带信号，这里示出的是9600bps的全语言数据率。通过采用专门的代码扩展得到1.23MHz的带宽。扩展数据率与原数据率之比称为处理增益。对于EIA/TIA-95-B标准 CDMA，处理增益为21dB ( $10\log(1228800/9600)$ )。CDMA信号在传输中要经受强干扰，主要是来自其它CDMA用户的编码信号。这里有二种形式，来自相同小区其他用户的干扰和来自相邻小区的干扰。总干扰还包括本底噪声和其它寄生信号。当信号被接收时，相关器恢复所需要的信号，抑制干扰。相关器使用处理增益把需要的信号从噪声中拉出。由于为得到可接受的音质需要大约7dB的信噪比，14dB的额外增益用于从噪声中抽取信号。这样做是可能的，因为干扰源与所需要的信号没有相关性（在正向链路中的正交）。

相关性是直扩CDMA系统能够实现的关键概念。相关性是使用数字代码扩展给定信号与要求代码匹配性的度量。在上述例子中，接收数字序列，然后与需要的代码比较。这一比较发生在不同的时间范围。当时间对准时，相关性是1，说明接收信号与需要信号间的精确匹配。在其它时间相关性接近0，尤其是如果用数字代码扩展正确设计的波形。这就是我们能使用直扩CDMA实现信号相关的原因。

应清楚CDMA技术并不直观。对于熟悉FM和TDMA通信系统的大多数人来说，需要通过不同的范例来讨论CDMA。这里是 CDMA 与其它模拟或TDMA 系统间的主要差别：

1. 在同一频率上可同时有多个用户。长期以来，射频工程师在让其他人离开同一信道上做了大量的工作。这是模拟FDMA和TDMA系统的一个关键问题。现在通过CDMA，我们正试图把许多交谈放到同一信道。
2. 除了频率外，信道可用相关码定义。长期以来，人们都从频率的意义上考虑信道（TDMA把时隙加入频率）。而对于CDMA，信道则用各种数字代码，以及用频率定义。
3. 容量极限是软指标。在模拟系统中，当所有可用信道均在使用中时，就不能再增加任何呼叫。CDMA则可通过差错率和音质的降级增加容量，或以降低周围小区容量的代价增加给定小区的容量。

## CDMA 的分集使用

### 空间分集

- 不同位置的使用

### 频率分集

- 不同频率的使用

### 时间分集

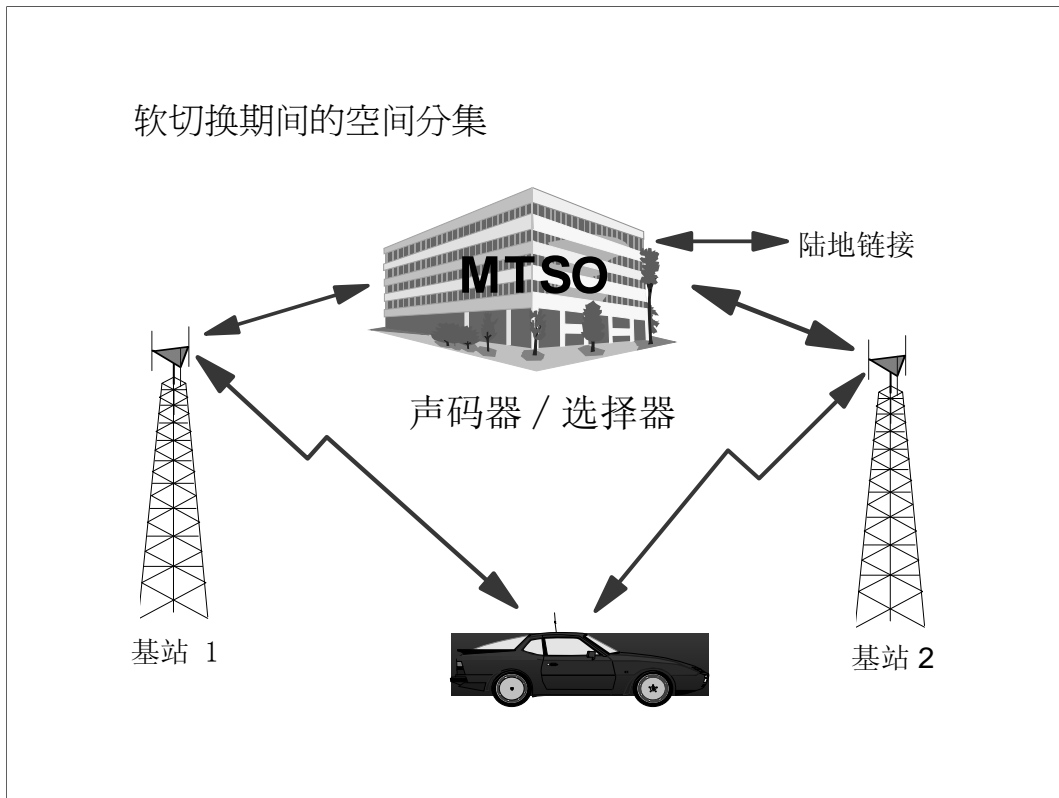
- 不同时间的使用

CDMA的另一面特点是使用分集。CDMA使用的三种类型的分集：空间分集、频率分集和时间分集。CDMA用这三种分集增强系统性能。让我们详细介绍CDMA如何用这三种分集来增强性能。

人们了解分集接收这一概念已经有一段时间。分集接收器在接收位置使用多副天线。由于这些天线被置于波长的非整数数字上，当一副天线正经受多径衰弱时，其它天线并不存在衰落条件。这将导致在接收器的设计中，由接收器选择处理具有最好信号的天线。AMPS模拟蜂窝基站用这类分集改善衰落阻抗。CDMA基站也使用分集接收。

蜂窝电话最有疑问的位置是在产生越区切换的小区间。如果移动台在越区切换期间经受深衰落，就可能产生掉话。既然分集接收在单一接收器位置有用，那么是否可在分集网络中使用多基站，来帮助越区切换期间的电话呢？回答是肯定的：CDMA用2个或3个基站作为巨分集系统来克服越区切换问题。在越区切换期间用多基站同时对移动台讲被称为“软越区切换”。

## 软切换期间的空间分集



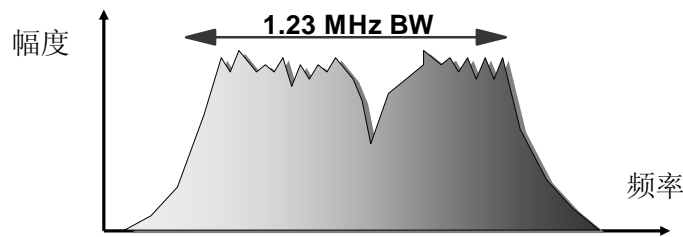
CDMA用软越区切换的概念扩展分集接收的想法。在上面的幻灯片中，一台移动CDMA电话已与基站1建立了呼叫。由于移动台离开基站1而接近基站2，移动电话中的搜索器确定基站1是软越区切换的好候选者。当接收器电平超过系统的 $T_{add}$ 参数（为软越区切换增加候选小区的门限）时，搜索器确定其它基站作为好的候选者。一旦候选者超过该门限，电话就通过基站1把候选信息发送至移动电话交换局（MTSO）。如果网络有可用的容量，MTSO就指示基站和移动台执行软越区切换。

在软越区切换期间，移动台听不同代码的2个小区，而各基站则听移动台的同样传输。基站至移动台的信号作为多径信号处理，并在移动台进行相干组合。各基站通过网络把接收信号发送至MTSO，MTSO每20ms进行一次按各帧质量的判定。它根据基站返回的2个信号选择最好的帧，这样，2个基站就构成巨天线分集系统。它有助于解决必须建立软越区切换时产生的衰落问题。

随着移动台继续远离基站1，电话中的搜索器将确定是否已降到系统参数 $T_{drop}$ 之下。如果是， $T_{drop}$ 信息发送至MTSO，然后指示终止软越区切换。这是用户完全察觉不到的小区平稳的切换。当然这一聪明的设计是有代价的：系统为每一次软越区切换使用了更多的容量，从而极大地增加了CDMA蜂窝小区和MTSO间的网络业务量。

## CDMA 频率分集

由多径造成的频率选择性衰落  
衰落就像是广谱信号的陷波滤波器  
可能只陷落部分信号



频率分集在扩频系统中是固有的。整个信号的衰弱要低于窄带系统。衰落由到达接收器的RF信号反射造成，如延迟（反射）信号的相位与直射RF信号的相位相差180度。由于直射信号和延迟信号相位不同，它们会彼此抵消，使接收器看到的是大大下降的幅度。在频域，衰弱表现为跨频段的陷波滤波器。随着用户的移动，陷波频率也随之改变。陷波宽度与二信号抵达时间差有同一数量级。对于 $1\ \mu\text{s}$ 延迟，陷波宽度约为1MHz，TIA CDMA系统使用1.25MHz带宽，因此只有时间小于 $1\ \mu\text{s}$ 的多径能实际造成信号的深衰落。在许多环境中，多径信号将在更长的延迟后到达接收器。这意味着只丢失信号的很窄一部分。在上面的显示中衰落宽度为200至300kHz。这是模拟或TDMA信号的全部损失，但只减少CDMA信号的部分功率。随着CDMA信号扩频宽度的增加，它构成了多径衰落抵抗。许多扩频系统使用5MHz或10MHz宽的信道进一步增加衰落抵抗。

时间分集在大多数数字传输系统中是常用的技术。Rake接收器被用于找到和解调多径信号，这是对主信号的时间延迟，下面的幻灯片将解释Rake接收器。

传输信号通过交织的使用在时间中扩散。数据交织可改善对扩散时间误差的纠错性能。在无线电传输期间真实世界中的误差通常产生在数据团中，因此在数据解交织时，误差在很宽的时间周期上扩散。可通过纠错减小这一扩散误差。

也可对传输数据进行正向纠错。通常可增加极性位检测接收错误，进行某种程度的校正。使用最大似然率探测器可进一步增强接收器性能。CDMA使用的特殊方案是在发送器中进行卷积编码，在接收器的软判决点使用Viterbi解码。



## 为什么要进行交织

原数据帧

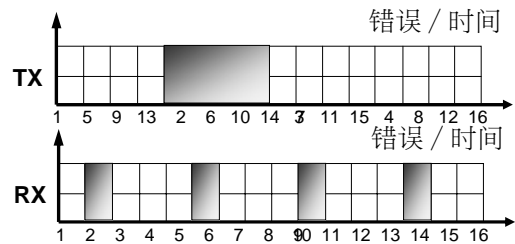
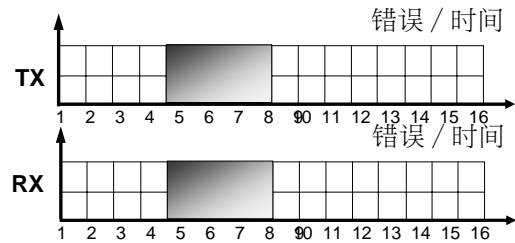
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

经交织的数据帧

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

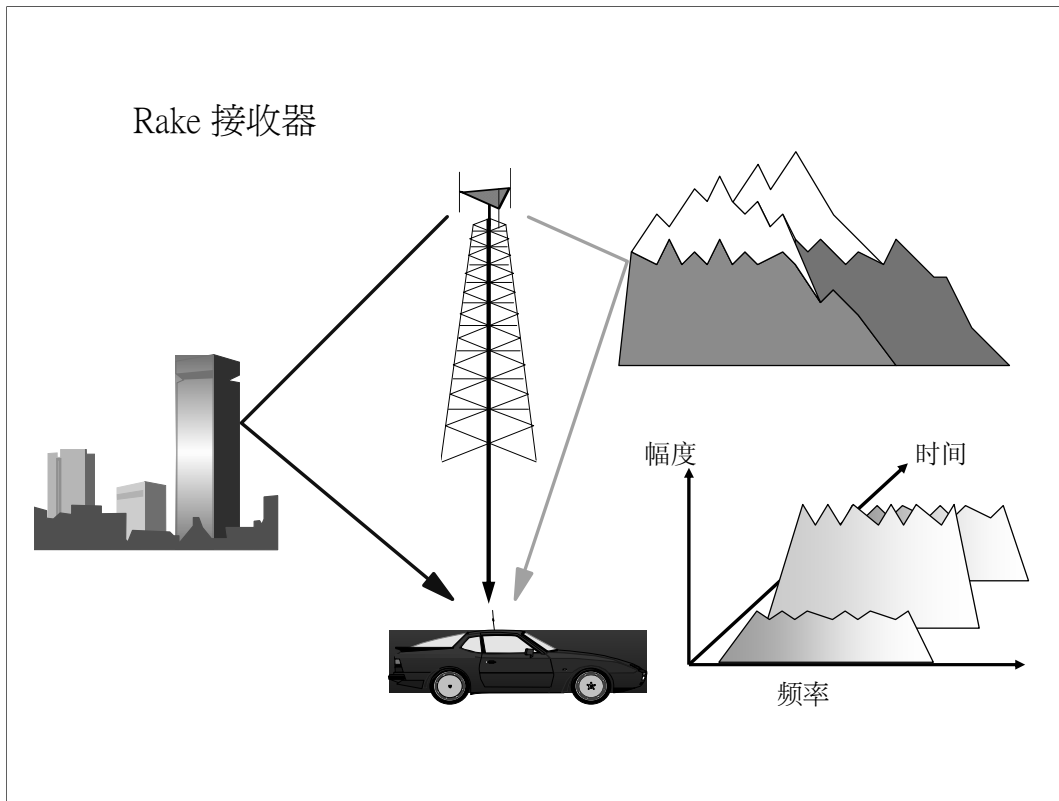
→

1	5	9	13
2	6	10	14
3	7	11	15
4	8	12	16



这张幻灯片用图形说明为什么交织数据能改进数据传输系统的纠错性能。在幻灯片上面的例子中，按行依次读出缓冲器中的数据。而未使用交织。数据按数值次序读和传输。在传输期间，数据块5至8因某些干扰而损坏。在接收数据时，块5至8已丢失，纠错对于发现如此大块的丢失数据是不够的。

在幻灯片下面的例子中，同样的数据首先被交织，它使用读列中行的简单方案。然后按行读出交织数据，并进行传输。在传输期间同样有4个块的数据因干扰而损坏。但损失的块并不是长序列。块2、6、10和14被丢失。在接收交织信号时，接收器进行与交织相反的过程，把数据恢复至原序列码型，注意在解交织后发生的情况：丢失块在时间上的扩散很小，有隔离的错误位置。现在，进入信号的有限纠错就能校正错误。交织使纠错能在数据传输系统中得到更多的使用。



代之采用超高功率或校正多径问题，CDMA利用多径的优点改进衰落条件下的接收质量。为此，CDMA使用多相关接收器，并将其分配于最强的信号。由于CDMA移动台同步于服务基站，因此这样做是可能的。该移动台的接收器能区别直射信号与多径信号，因为反射多径信号的到达晚于直接信号。

也使用被称为搜索器的特殊电路寻找变化的多径和相邻的基站信号。搜索者在时间上滑动，直到找到具有所分配代码的强相关。一旦强信号位于特定的时间偏置，搜索器就指派一个接收器部件解调该信号。移动台接收器使用三个接收部件，基站使用四个部件。这种多相关器系统被称为Rake接收器。随着条件变化，搜索器迅速重新指派Rake接收器，以处理新的接收条件。

可把Rake接收器的设计看作是从公共天线馈入一系列时间延迟的相关器抽头。如果各相关器抽头的延迟与特定传输信号的到达相匹配，那么各抽头的输出就可在相位上重新组合。一旦相关器抽头锁定具有特定传输时间的RF信号，即可由信号经历估计增益或损耗。抽头的权提供这一增益规范化过程。在经过调整后，就可组合Rake的各指针输出，构成所发送信号的一个较好版本。注意可把这一描述看成是用各耙齿构成花园中常用的铁耙，这就是Rake接收器名称的来由。

在传送减少的数据率时，基站中产生另一种形式的时间分集。在使用降低的数据率传输时，基站重复在全速率传输中产生的数据。当工作于降低的数据率时，基站也降低传送功率。在传输信号中这一附加的冗余产生在低干扰（功率降低）中，并能在高干扰下改进CDMA移动台的接收性能。

对于任何直序，扩频无线电系统都能高效工作，所有移动台和基站均精确同步。如果它们不能同步，就难以通过代码搜索识别个别的无线电信号。精确的同步还带来许多其它好处。它可允许某些未来服务，如为应急或旅游提供精确的位置报告。

## 反向链路功率控制

可实现的最大系统容量，如果：

- ✓为得到可接受的信号质量，所有移动台的功率均控制到最小功率
- ✓其结果是基站接收到所有移动台大致相等的功率，而与其位置无关

两种控制类型

- 开环功率控制
- 闭环功率控制

开环和闭环控制都

永远有效

CDMA的一项基本技术是功率控制。由于对CDMA系统容量的限制因素是总干扰，控制各移动台的功率就是实现最大容量的关键。把CDMA移动台功率控制到能在给定条件下提供可接受质量的最小功率。这样，在基站到达的各移动台信号就有大致相同的电平。这种方法把移动台间的干扰减到最小。在反向链路中使用二种功率控制形式：开环功率控制和闭环功率控制。一旦建立了业务信道，开环和闭环功率控制就同时有效。它们按各自的控制算法同时控制移动电话的功率。

开环功率控制是基于正向路径与反向路径损耗的相似性（正向指基站至移动台链路，反向指移动台至基站链路）。开环控制把发送功率与接收功率之和设定为常数，标称值为-73dBm。接收器天线信号电平的降低将造成发送器信号功率的增加。例如，假定基站接收功率为-85dBm。这是从1.23MHz接收器带宽中接收的总能量。它包括来自所服务基站和相同频率临近基站的复合信号。对于-85dBm的接收功率，开环发送功率应设置为+12dBm。这样，开环功率控制就调整电话的发送功率，以适应电话在所给时间内经历的传播条件。

按TIA/EIA-98标准规范，开环控制摆率受限于直接由基站闭环功率控制摆率的大致匹配。这就消除了开环控制控制突然发送过大功率，以响应接收器信号电平跌落的可能。

闭环功率控制用于允许移动台功率偏离开环控制设置的标称值。这使用delta调制器实现。基站监视各移动台接收功率，命令移动台按1dB的步进值增加或降低功率。这一过程每秒重复800次。或每1.25ms一次。功率控制数据由基站发送至移动台，通过代换编码语音数据添加到数据流中这一过程被称为“收缩”，因为功率控制数据通过多写编码语音数据而写入数据流中。该功率控制数据在基站发送的各1.25ms数据中占用103.6 $\mu$ s。

由于受控的移动台功率不再维持基站中的链接，因此CDMA移动台的发送功率通常比模拟电话小得多。基站每秒监视800次接收信号质量，指示移动台增加或降低功率，直到达到可接受的信号质量。该工作点随传播条件、用户数，以及周围小区的密度和负载量改变。

模拟蜂窝电话需要发送足够高的功率，以维持链接，甚至是存在衰落的情况下。模拟电话在大部份时间发送过大的功率。CDMA无线电得到实时控制，根据改变的RF环境把功率级保持在优质传输的水平。这还能得到增长电池寿命，实现更小、更廉放大器设计的好处。如果考虑到目前对蜂窝电话辐射这一健康问题的关注，由于更低的RF输出功率，因此人们会更偏爱CDMA电话。

## CDMA 可变速率语音编码器

DSP 为活动量分析20ms的语音块

根据活动量选择编码速率：

- ✓ 高活动量 全数据率编码 (9600 bps)
- ✓ 中活动量 半数据率编码 (4800 bps)
- ✓ 低活动量 1/4数据率编码 (2400 bps)
- ✓ 无活动量 1/8 数据率编码 (1200 bps)

它如何改进容量？

- 在 1.25 ms的突发中进行移动发送

系统容量按 1 / 语音活动量系数增加

CDMA利用通话期间的安静时间提升容量。它使用可变速率声码器，在用户讲话时，声码器信道为9,600bps。当用户暂停或正在听时，数据率就下降到只有 1,200 bps。也使用2,400 和 4,800 bps 这两种数据率，但没有另两种那样经常。CDG 14.4kbps 声码器类似运行于14,400, 7,200, 3,600和1,800bps的四个信道。数据率基于讲话的活动量，每20ms决定一次相应速率。正常的通话大约有 40% 的活动因素。

当声码器在低于9,600bps运行时，移动台通过关断发送器降低它的数据率。这样，当声码器确定给定帧所需要的传输率低于全速率时，CDMA移动台也就工作于TDMA模式（脉冲）。在1,200bps时，占空比只是全数据率的八分之一。这一占空比是基于伪随机算法随机选择的时间。在对许多用户平均时，就降低了平均传送功率。降低移动台的发送功率也降低了对所有其它用户的干扰。从而几乎增加一倍的CDMA容量。

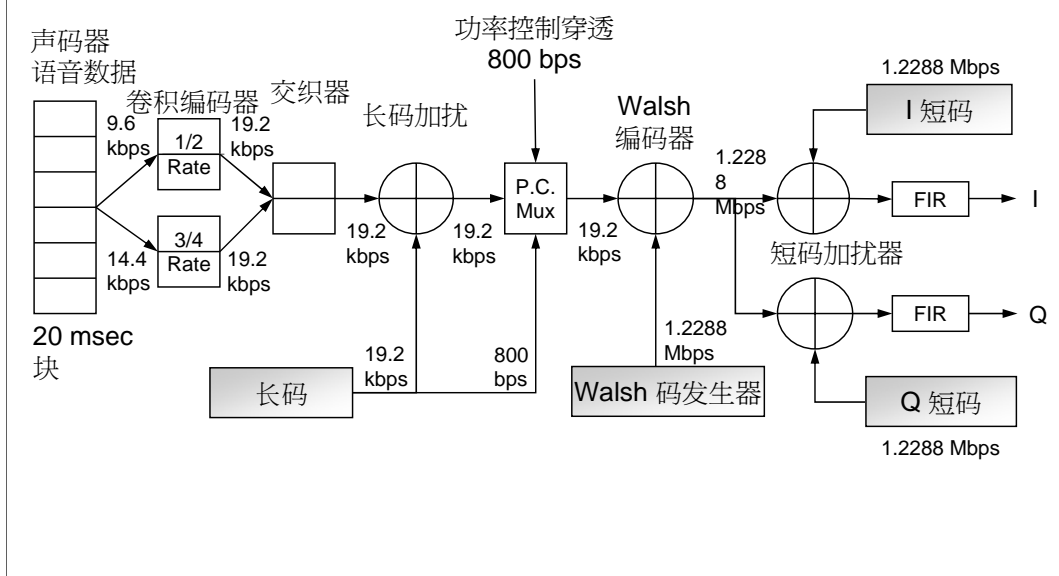
各20ms的 EIA/TIA-95B CDMA帧被分成16个“功率控制组”。在移动台发送时，各功率控制组包括1536个速率为1.2288Mbps的数据符号（码片）。当声码器转至较低数据率时，CDMA移动台通过只发送相应功率控制组而突发它的输出。例如在1/4速率时，只发送16个功率控制组中的4组。应记住为在不同时间扩展传输功率，传输组的精确位置是随机的，平均传输功率将降低3dB。

当声码器转至较低速率时，基站使用略微不同的方案。首先，EIA/TIA-95B 的 CDMA 基站不作脉冲传输。但基站按9,600bps全速率的需要，重复多次同样的码型。如果声码器选择半速率帧，数据位将发送2次，以填满整个帧。然后把传送功率调低3dB，而两次重复数据将为信号增加3dB的处理增益（对半速率为21dB+3dB=24dB）。下调增益将保持与全速率帧大致相近的信噪比。1/4和1/8速率帧重复数据4次和8次，以填满各帧，从而分别降低功率6dB和9dB。这就给予正向链路更多的容量，因为工作于全速率之下的帧为降低总干扰将以较低功率传送。

所有数字通信系统用各种不同的过程在模拟语音信号与它的数字形式间转换。多年来，长途电话系统已使用8bit PCM（脉码调制）提供高质量的语音传输。大多数PCM 系统用8bit分辨率的样本把语音转换为64kbps的数字数据流。近年来，ADPCM（自适应Delta PCM）已替代了直接PCM，因为它仅使用32kbps就得到与PCM基本相同的音质。这就能在数字网中用更多的语音信道发送。

CDMA现在有三种把语音转换至数字形式，并提供高数据压缩的声码器标准。最初在IS-96A中定义的声码器是可变速率声码器，最大速率近似为8kbps。这是对PCM 或 ADPCM 声码器的改进（效率高4至8倍）。但由于这种声码器的可变速率本性，平均比特率是在4kbps之下！新的CDG（CDMA开发组）声码器也是可变速率声码器，但使用13kbps的最大数据率，提供接近固话的音质。最新出现的是EVRC（增强可变速率编解码器），它保持8kbps的最大数据率，但得到的音质只稍低于CDG 13kbps声码器。

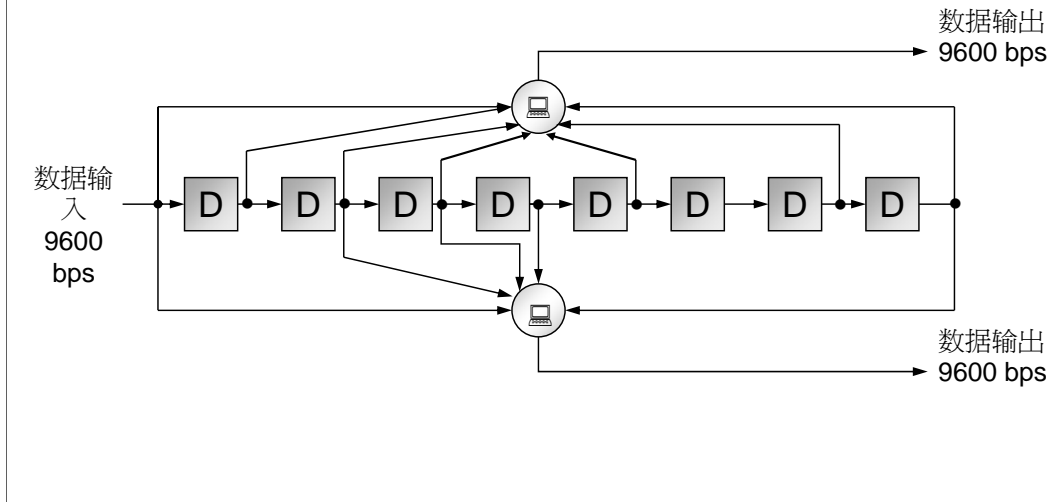
## 正向链路流量信道物理层



下一部分是数字编码语音数据通过正向链路业务信道的编码过程。9600bps 或 14400 bps（全速率）的语音数据首先通过一个卷积编码器，9600bps的数据率将翻一番，14400bps则增加1.33倍。然后进行交织，交织过程不影响数据率，但在最后重建信号中会引入时间延迟。交织过程增加卷积编码器的效率。长码是对数据的异或，这是语音的私有功能，而不需要信道化。闭环功率控制数据然后通过长码收缩至数据流，以确定功率控制位的精确位置。CDMA然后把分配给基站至移动台链接的独特64bit Walsh码加至一个信道。这就使正向链路设置的物理限制为64个信道。如果编码的语音数据是0，Walsh序列是输出；如果数据是1，Walsh码发送逻辑非。Walsh码产生增加64倍的数据率。数据然后被分送至用短码加扰的I和Q信道。信号最后通过一个低通滤波器，并发送至I/Q调制器。我们现在详细介绍基站产生最终发送CDMA信号的每一步。

## 正向错误防护

使用半速率卷积编码器  
为每一输入比特输出2比特的编码数据



与许多数字蜂窝系统不同，CDMA为所有语音数据位提供强大的纠错。这是CDMA增加占用带宽（扩展数据）的要求。正向链路用半速率交织编码器提供纠错能力。这种类型的编码器接受送入的串行数据，输出由一系列延迟抽头和相加结点导出的编码数据。该半速率编码器为每一个符号输入产生二个输出符号。对于CDMA正向链路，半速率编码器在由9,600bps数据流驱动时产生2个9,600bps的串行数据流。这两个9,600bps的串行数据流以更高速率组合，产生一个19,200 bps数据流。所产生的卷积编码后的数字数据冗余为TIA CDMA蜂窝系统提供强大的纠错能力。

为使CDMA具有更高的音质，CDG（CDMA开发组）已提议和实现了新的声码器。这种新的声码器为数字语音信号使用大约13kbps经改进的更高数据率。在增加用于支持业务信道的新数据位后，新声码器的最终业务信道数据率为14.4kbps。为减小新声码器对现有9.6kbps业务信道结构的影响，CDG只是把卷积编码器从半速率变为3/4速率。因此，卷积编码器的输出仍是与CDMA系统同样的19.2 kbps。在编码结构中没有其它改变，这就简化了这种新音质模式的实现。

测试表明14.4声码器的音质已相当于好的长途固话！显然这样的音质将为CDMA在高度竞争的蜂窝和PCS市场取得明显的市场优势。但音质的改进并非免费的午餐。由于卷积编码器中提供降低的纠错水平，也就降低了总处理增益。这里是把总处理增益从21.07dB降到19.31dB。降低处理增益会造成：降低总容量或减小蜂窝小区的面积。处理增益减小带来的容量损失为1/3（使用幻灯片#4上的公式，您将看到对于14,400bps的结果）。这两种选择对运营商都是负面的效应：由于需要安装更多的蜂窝设施，使支持相同数量用户的费用增加。CDMA网络运营商必须平衡新声码器带来的好处和实现的代价。一种可能的解决方案是EVRC（增强可变速率编码器）。这种新的8 kbps编码器承诺音质相当于13kbps编码器，并且不损失处理增益。TIA委员会正处于标准化13 kbps编码器的过程中，并正在选择EVRC声码器的设计。

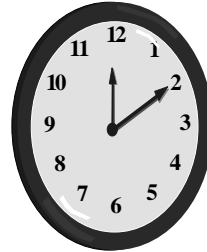
## CDMA 系统时间

如何实现有效搜索的同步？

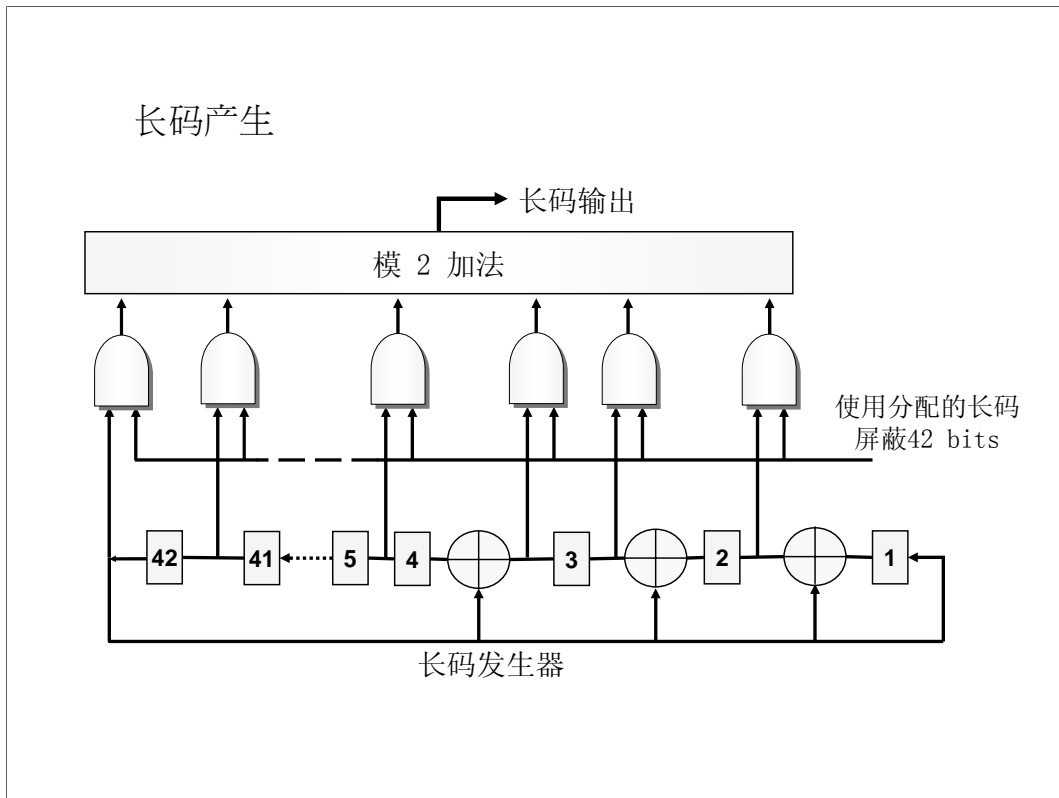
✓ 使用 GPS 卫星系统

基站通过卫星接收器把GPS时间作为  
公共时间基准

GPS 时钟驱动长码发生器



如前所述，必须同步直序 CDMA 中的移动台和基站。在IS-95A系统中，同步是基于全球定位卫星系统的时间。每一个 CDMA 基站都带有GPS接收器，从而为小区提供精确的系统定时信息。基站然后通过一个专门信道把该信息发送至各移动台。通过这种方式，系统中的所有无线电能保持几乎完美的同步。大多数设计也包括提供作为后备定时基准的原子钟，以应对可接收GPS卫星数不足的事件。这能够维持好几个小时的同步。CDMA 系统时间所使用的GPS时钟然后又用于驱动长码伪随机序列发生器。



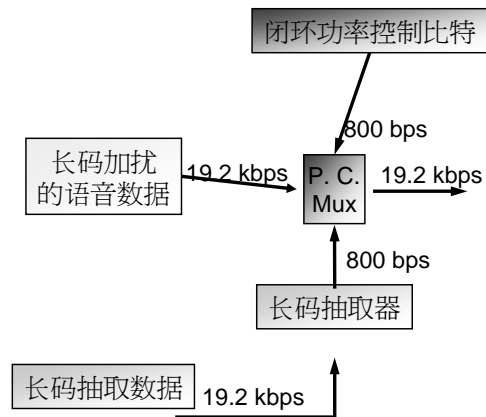
用42bit线性反馈移位寄存器产生长码。需要41.43天才会产生重复的伪随机数据码型！这是在所有CDMA无线电中同步的主时钟。GPS接收器的时钟输出驱动长码的移位寄存器。为了提供语音私用性，用户规定的42bit掩蔽与长码发生器输出进行“与”操作，以建立唯一的长码。用户掩蔽的大范围得到极大数量的唯一代码（大约42.9亿，由于只有底32bit用于公共掩蔽）。这一代码足以保证每一个用户都有自己的唯一加扰码。有两种类型的掩蔽：公共掩蔽和私人掩蔽。用户的公共掩蔽源于CDMA移动电话的ESN。它提供规范的语音私用。为提供真正安全的语音加扰，私人掩蔽由ESN、随机种子和密码处理算法构成。密码处理是AMPS analog system开发的相同鉴权过程（当然，CDMA信道发送该信息）。CDMA鉴权是在电话中编程，并由网络所知的“A”密钥。网络然后向电话查询，比较从电话返回的结果，以验证电话的合法性。电话使用内部“A”密钥处理查询和返回有效结果。

在正向链路中用长码加扰语音数据，以提供同样的安全性量度。但在正向链路中并不用长码扩展信号带宽。为实现加扰而又不增加数据率，在施加用户的唯一长码掩蔽后，通过长码的抽取降到较低的数据率。抽取的实现通常是对长码数据流进行16取1。64倍抽取把长码的数据率从1.2288Mbps降到19.2kbps。使长码数据率与经异或的编码语音数据相匹配。



## 闭环功率控制比特打孔

长码被抽取至 800 bps  
抽取的长码控制打空位置  
功率控制比特替代语音数据  
语音数据由移动台的 Viterbi 解码器  
恢复



一旦数据经过用户规定的长码加扰，闭环功率控制数据就收缩至数据流内。应记住在各功率控制组中每1.23ms发送一次功率控制位（一个CDMA帧具有16个1.25ms功率控制组）。在每一个1.25ms功率控制组中有24个数据调制符号（在该点的数据流为19.2kbps，因此24个符号有52.08  $\mu$ s周期）。功率控制位被放置在各功率控制组的第一个16调制符号中。该功率控制位的精确位置由把长码抽取到800bps速率确定，然后用该数据定位一个调制符号位置。对于 9.6 kbps 语音信道，收缩的2个调制符号允许发送2次功率控制数据。对于14.4 kbps 语音信道，只有一个调制符号由功率控制位收缩。

由于功率控制位替代了编码语音数据，从接收器来看，就等于在数据流中引入了孔（丢失数据）。这些孔被接收，然后系统使用接收器的Viterbi解码器恢复因收缩而丢失的数据。丢失数据的恢复使用了一些系统的可用处理增益。从而会造成容量的一些损失，但系统设计中已考虑了这些损失。另一种方法是由于功率控制收缩造成数据的丢失，因此需要用稍高的功率来保持链接。功率控制数据仅在14.4的情况下发送，因为降低的处理增益造成基站发送更高的功率，以保持可接受的信噪比。较高的功率造成低得多的误符号率，并且不需要发送两次功率控制数据。

## Walsh 码

$$W_{2n} = \begin{matrix} W_n & W_n \\ W_n & W_n \end{matrix}$$

$$W_1 = 0$$

$$W_2 = \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{matrix}$$

$$W_4 = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{matrix}$$

正向链路的一个重要特点是使用Walsh码。这些代码具有实现正交和逻辑“非”所需要的特性。Walsh码组由下面所示的Hadamard矩阵展开产生。

$$W_{2n} = \begin{matrix} W_n & W_n \\ \text{---} & \text{---} \\ W_n & W_n \end{matrix}$$

$$W_{2n} = \begin{matrix} W_n & W_n \\ W_n & W_n \end{matrix}$$

展开式中的变量n必须是2的幂。它源于矩阵中的一项：

$$W_1 = 0$$

把整个一组放入前三个矩阵位置，然后把反转组放入右下矩阵位置，即产生更高阶的Walsh码组。不要把该矩阵与某些类型的矩阵数学运算相混淆。它只是简单的放置保持器，用以产生每一种增加大小的正交码组。EIA/TIA-95-B标准CDMA使用Walsh码组64。这一组有64个独特代码，每一代码为64位。应注意对于每一个Walsh码组，第一个码完全由零数据位组成。如果两个函数间的交叉相关系数为零，这两个函数即为正交。对于广义的时间变量函数，交叉相关系数为：

$$Z_{ij} = \frac{1}{T} \int_0^T f_i(t) \times f_j(t) dt$$

$$z_{ij} = \frac{1}{T} \int_0^T f_i(t) \times f_j(t) dt$$

## 正交性检查

$$\text{交叉相关} = \frac{N_{\text{一致}} - N_{\text{不一致}}}{N_{\text{总数字数}}}$$

$$W_4 = \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline Y & Y & N & N \end{matrix}$$

$$2 \text{ 匹配} - 2 \text{ 不匹配} = 0$$

如果交叉相关系数  $z_{ij}$  为零，函数  $f_i$  和  $f_j$  就可说是正交的。当两个函数是数字码时，交叉相关系数的广义公式就可化简为下列公式：

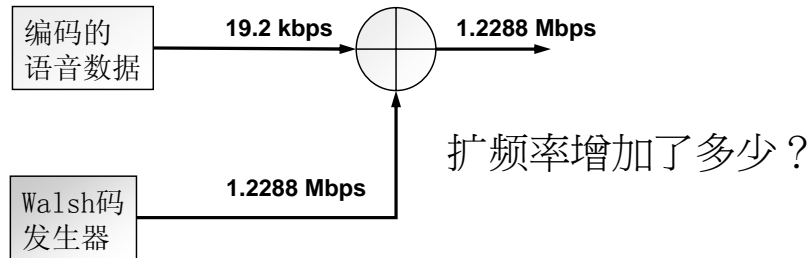
$$Z_{ij} = (N_{\text{一致}} - N_{\text{不一致}}) / N_{\text{总字数}}$$

$$\frac{N_{\text{agreements}} - N_{\text{disagreements}}}{N_{\text{total\_number\_of\_digits}}}$$

该公式是匹配的比特位置数与不匹配数的度量。正交码有相同的匹配和不匹配数，从而使交叉相关系数为零。请看幻灯片24中的Walsh码组4，应注意每一个码（由行定义）有4位，总共有4个码。如果您使用二进制交叉相关系数公式比较任何两个码， $z_{ij}$  将是零，因为一半的位匹配，而另一半不匹配（看各列）。因此这些代码就符合正交性测试。

当接收到需要的代码和所有其它Walsh码为0时，CDMA移动接收器中的相关器将得到交叉相关系数为1。

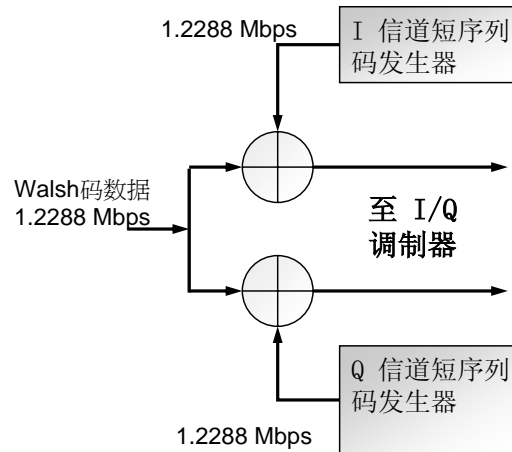
## Walsh 码扩频



在正向信道中，Walsh 码为每一个用户提供唯一的识别。Walsh 码发生器提供64种代码之一，用以加扰编码的语音数据。该Walsh 码发生器运行于1.2288Mbps数据率。由于编码语音数据运行于19.2kbps，两者之比为精确的64。当对这两个数据流进行异或时，结果是整个64bit Walsh 码以翻转或非翻转条件发送，它取决于语音数据位的极性。这样，语音数据就决定了输出Walsh 码的极性。使CDMA移动台能比较容易找到和解码分配给它的Walsh 码（信道）。

## 为什么用短序列再次扩频

提供对隐藏 64 Walsh码的覆盖  
分配给每一基站一个短序列中的  
时间偏移  
时间偏移能使移动台识别相邻的  
蜂窝小区  
也能在各蜂窝小区中重用所有  
Walsh码



在正向信道中完全使用编码后，您可能会奇怪数据为什么需要再一次以相同速率加扰。如果所有小区使用相同的64 Walsh码而没有其它加扰层，所产生的干扰将严重限制系统容量。由于所有小区均使用相同频率（频域），而且所有小区均使用相同 Walsh码（码域）；能使小区重用相同 Walsh码的唯一方法是使用时间偏移（时域）。最终的加扰层使用另一称为短码的代码。以重用Walsh码和提供对各小区的唯一识别。短序列长度为32768位，运行于1.2288Mbps（每 26.667 ms重复一次）。

由于小区中的所有活动均与系统时间同步，就有可能使用短码中的时间偏移识别各小区。这些“PN偏移”用1.2288Mbps时钟码片的64倍隔离。

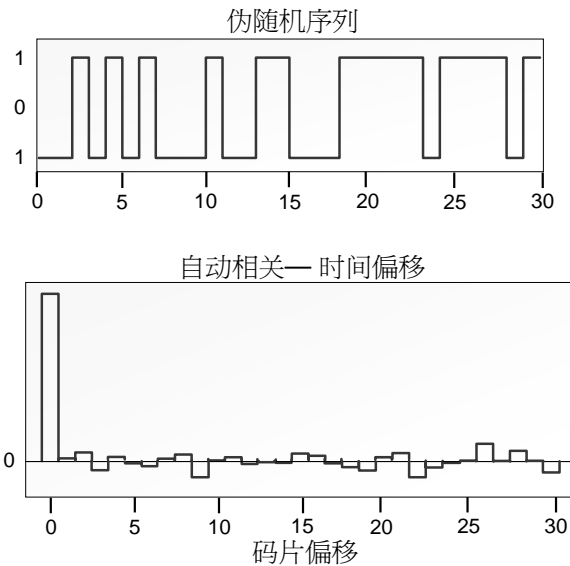
这就为小区识别得到512个独特的时间偏移（ $32768\text{bit}/64\text{bit} = 512$ 偏移）。通过用短码加扰Walsh信道，各基站就能重用所有 64个Walsh码，和使用相同频率识别相邻的小区。

## 自动相关

是信号与其自身的比较

好的伪随机码型具有：

- ✓ 具有零时间偏移时的强相关
- ✓ 在其它时间偏移时的弱相关

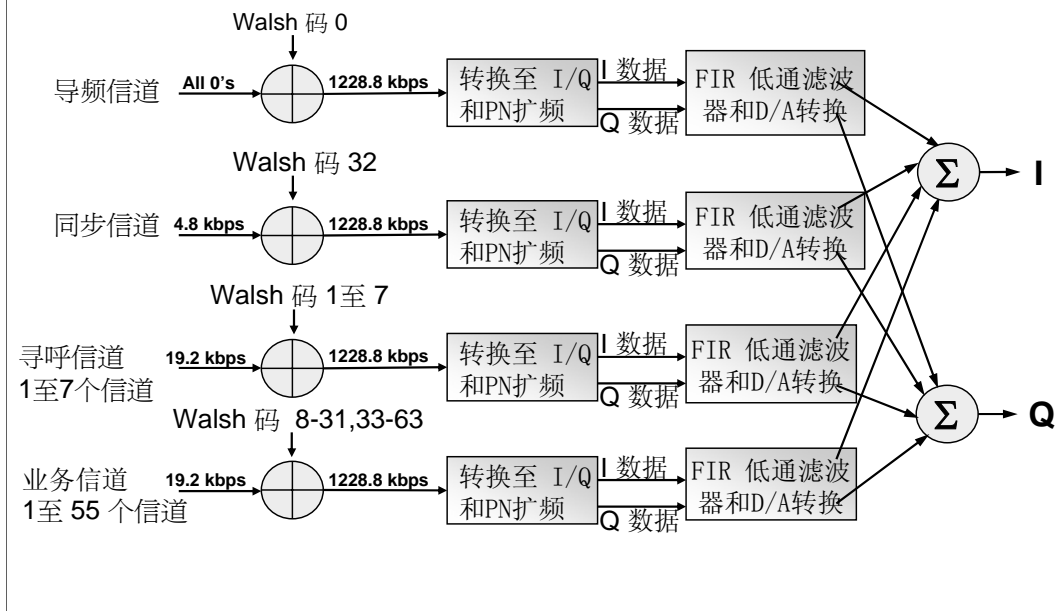


此时讨论自相关的概念是值得的。自相关是信号与其自身的比较。对于数字序列，如在EIA/TIA-95-B中使用的短码，这一比较是匹配比特数相对于不匹配比特数的度量。

当时间对准和在所有其它时间具有非常弱的自相关时，好的伪随机码型（如短码）有近乎完美的自相关。也就是说短码在时间对准时匹配，而在所有其它时间为接近0的匹配（匹配数与不匹配数相等）。这张幻灯片示出好的伪随机数字序列对自身时间偏移的自相关。您能看到使用零偏移的强相关，在所有其它偏移时，净相关接近于0。由于有这一特性，因此能在所给的PN偏移处容易地找到短码。

如上所述，短码在零时间偏移时有强自相关，而在其它时间偏移时为弱自相关。但当同时存在具有不同PN偏移的许多短码时，自相关特性将发生什么情况？这是在EIT/TIA-95-B网络工作中实际存在的条件。这张幻灯片示出存在17dB加性白噪声时短码的自相关。可以使用白噪声，因为短码的其它特性作为对寻找不同PN偏移短码接收器的白噪声干扰出现。即使具有很多附加噪声，零偏移处的自相关仍很强。在其它偏移处，净自相关不为0，但与零偏移自相关相比仍较弱。短码的这些特性使CDMA接收器能迅速得到所需要的PN偏移信号，即使存在大量的干扰。

## 正向链路信道格式



我们至此已考察了正向业务信道中发生的编码。但基站发送的信号是许多信道的组合（最少4个信道）。导频信道是无调制的（Walsh码0）；它只包括最终的扩序（短序列）。所有移动台用导频信道作为相干相位基准链接至小区，移动台用它识别各小区。其它3个信道是同步信道、寻呼信道和业务信道，这些信道使用同样的数据流，但发送不同的数据。

同步信道传输日期时间信息。使移动台和基站能对准时钟，这是两者进行链接的代码基础。特别是同步信道发送的一条信息包含长码状态反馈移位寄存器未来320ms的状态。通过读这一信道，CDMA移动台即把数据加载至它的长码发生器，然后让发生器在适当时间启动。一旦完成这些过程，CDMA移动台就实现了完全的同步。同步信道总是使用Walsh码信道32。

寻呼信道是用于正向链路的数字控制信道。与它互补的是接入信道，也就是反向链路控制信道。如果需要，基站可以有多个寻呼信道和接入信道。可有7个Walsh码信道分配用于寻呼信道。第一个寻呼信道总是被指定于Walsh码1。当需要更多寻呼信道时，可使用Walsh码2至码7。

业务信道相当于模拟语音信道。这是实际通话发生的地方。在需要时，剩余的Walsh码都被分配至业务信道。至少有55个Walsh码可用作业务信道。实际使用数字由任何给定小区所经受的总干扰水平确定。对于相同负载小区，标称的全负荷大约为30个业务信道。

在所有各种信道经Walsh调制后，它们即被转换至I/Q格式，再次用I和Q短序扩展，由低通滤波器减小占用带宽，并转换至模拟信号。所有信道产生的I和Q信号相加，然后发送至I/Q调制器调制成RF载波。

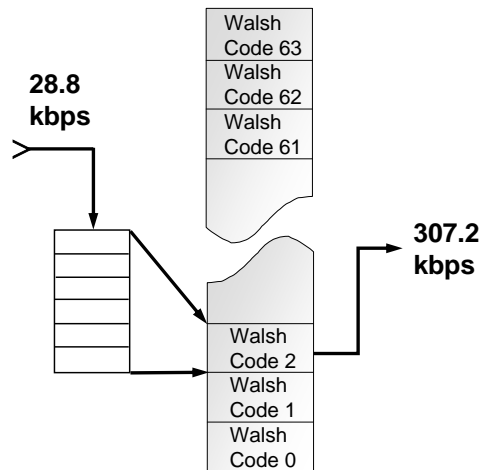
## 64-阵列调制

每6个编码的语音数据比特指向64个 Walsh 码之一

扩频数据从28.8 kbps 至 307.2 kbps

$$\checkmark (28.8 \text{ kbps} * 64 \text{ bits}) / 6 \text{ bits} = 307.2 \text{ kbps}$$

这不是对反向链路的信道化

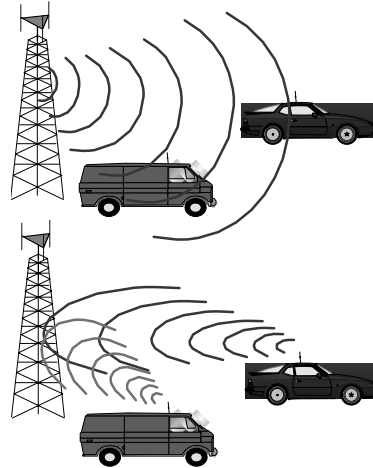


Walsh 码不用于反向链路中的信道化。在反向链路中，它们用易于恢复的调制格式随机化编码的语音数据。从卷积编码器的每6个串行数据位指出 64个可用 Walsh 码（ $2^6=64$ ）之一。这种调制把数据率增加10.67倍，达到307.2kbps（ $28,800/6 \times 64 = 307,200$ ）。随着送入语音数据的变化，选择不同的 Walsh 码。由于这类调制可输出64种可能的代码，因此被称为64 ary调制。



## 为什么不要把Walsh码用于反向信道化？

所有Walsh码从基站同时到达移动台  
但移动台的传输并不同时到达基站



Walsh 码不用于反向链路信道化有二个主要理由：移动台传输不是时间对准的，所以不能正交，以及Walsh 码不提供充足的独特信道（为管理Walsh码切换造成更多的网络开销）。

在正向链路中，点源（基站）发送包含用于许多用户Walsh编码信道的组合信号。由于各种编码信道一起发送，因此它们也一起到达电话，而不管电话在何处。接近和远离基站的电话都同时收到所有的信道。仅有的差别是组合信号稍晚到达离基站远的电话。由于各电话把它自己的信号送回基站，因此反向链路并不共享这一特性。电话与基站间有不同的距离，信号以不同时间到达，从而排除了正交性。在EIA/TIA-95-B中未尝试进行电话传输的时间对准，这是因为代价的高昂而难以实现需要的正交精度。

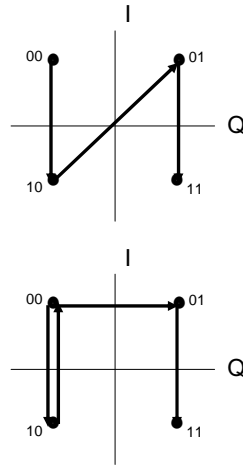
## OQPSK 调制

QPSK 每周期改变一个符号

OQPSK 每周期改变二个符号，如果 Q 数据改变

范例符号码型为：

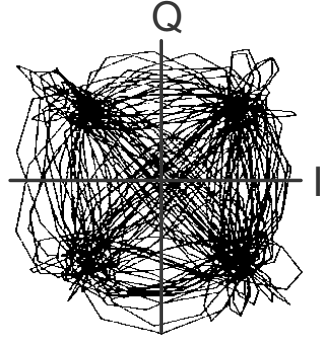
- 00,10,01,11



如果调制数据改变，QPSK调制令每一周期改变一个符号。如果数据相同，那么QPSK和OQPSK不改变状态。但如果数据改变，OQPSK将在一个周期中至少改变一个符号，也有可能改变二个符号。在上述例子中，至调制器的数据输入为：00,10,01,11。上部的I/Q图示出QPSK的符号改变。QPSK I/Q调制器转换状态，总共为三次跳变（一次跳变从最初状态开始）。对于相同的码型，OQPSK进行四次跳变，而避免起始状态。由于Q值不变，由此00至10的变化由一次跳变产生。但从10至01的变化需要二次跳变，因为Q值发生了变化。首先是调制器返回00状态。在半个周期之后，调制器改变至最终01状态。在这一动作中，由于延迟进入了调制器的Q分路，因此不需要通过起始状态的跳变。对于OQPSK，从01至11状态的变化是一次跳变，因为此时Q值再次保持为常数。

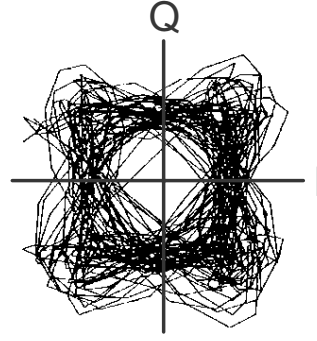
## CDMA 调制制式

Base Station  
Pilot Channel TX



**Filtered QPSK**

Mobile Station TX



**Filtered Offset QPSK**

调制是在基站中过滤 QPSK，以及在移动台中过滤偏移 QPSK。注意基站 I / Q 图仅为一个信道（如导频信道）。在常规工作时，由基站叠加和发送许多信道。在移动台中使用 O-QPSK，因为它可避免经过起始状态，使输出放大器的设计更容易。对于基站，由于许多信道在此叠加，使用 O-QPSK 并不总能避免起始状态。这是因为叠加许多信号的随机性。

## 信道化总结

功能	正向链路 (基站至移动台)	反向链路 (移动台至基站)
9.6 kbps 卷积编码器	1/2 速率 (9600 入 19200 出)	1/3 速率 (9600 入 28800 出)
14.4 kbps 卷积编码器	3/4 速率 (14400 入 19200 出)	1/2 速率 (14400 入 28800 出)
Walsh 编码	信道化	64阵列调制
长码扩频	语音保密	信道化
短码扩频	基站识别	帮助基站搜索

我们已经详细了解了正向和反向链路，现在可进行两者主要差别的总结。正向链路使用半速率卷积编码器，Walsh码被用于信道化，长码进行语音私用加扰，短码时间偏移用于基站识别。反向链路使用1/3速率卷积编码器，64ary Walsh码调制用于数据扩展，长码用于信道化，短码调制用于传输格式规范。接着是评述正向链路和反向链路的所长和所短，从而能在EIA/TIA-95-B蜂窝系统设计中帮助作出设计权衡。

## 正向和反向链路的优点和缺点

	正向链路 (基站至移动台)	反向链路 (移动台至基站)
<b>+</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 高功率发送器</li><li>- 导频信道</li><li>- 增加时间分集</li><li>- 正交码信道</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 宽功率控制范围</li><li>- 基站的分集接收</li></ul>
<b>-</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 软切换的复杂性</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 非相干的解调</li><li>- 有限的功率</li><li>- 无关联码信道</li></ul>

正向链路的优点包括高传输功率，提供定时基准和相干基准以帮助解调，在较低数据率时增加数据位重复分集时间的导频信道，以及正交码信道。在缺点方面，正向链路必须为对软越区切换能力的支持附加费用和复杂性。反向链路的优点是宽动态范围功率控制，以及在基站的分集接收。它的缺点是有限的发送器功率，基站的非相干解调，其不相关性超过正交码信道。

## CDMA移动电话生命中的10分钟

开机

- ✓ 系统接入

行进

- ✓ 空闲状态的越区切换

开始呼叫

系统接入

继续行进

- ✓ 开始软切换
- ✓ 终止软切换

结束呼叫



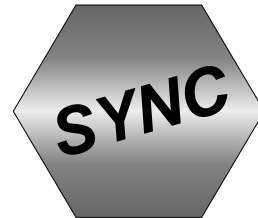
讲述的最后一部分是典型CDMA呼叫的情况。CDMA移动台生命的10分钟始于蜂窝电话开机和系统接入。假定汽车在行驶中，电话执行空闲状态越区切换。我们将介绍软越区切换的起始和终止过程。

系统接入：当移动台最初开机时，它必须找到最好的基站。这类似于扫描所有控制信道和选择最好信道的模拟电话。在CDMA中，移动台扫描所有得到的，具有不同时间偏移的导频信号。由于这些偏移都是固定量，因此这一过程不难实现。任何基站的定时相对其它基站总是64个系统时钟周期（称为码片）偏移的倍数。移动台选择最强的导频声调，从该信号建立频率和时间基准。移动台然后解调总是在Walsh 32上的同步信道。该信道由发送未来42bit长码移位寄存器320ms状态提供主时钟信息。一旦移动台已读同步信道和确定系统时间，移动台就使用来自同步信道的参数确定蜂窝小区使用的长码掩蔽。

## 同步信道消息

包含下列数据：

- ✓ 基站协议版本
- ✓ 支持的最小协议版本
- ✓ 蜂窝系统的SID, NID
- ✓ 基站的导频 PN 偏移
- ✓ 长码状态
- ✓ 系统时间
- ✓ 从系统开始时间的秒数
- ✓ 对系统时间的本地时间偏移
- ✓ 白天的省电时间标志
- ✓ 寻呼信道数据率
- ✓ 信道号



同步信道的消息包括小区支持的CDMA协议版本，为与小区一道工作CDMA移动台支持的最低协议版本，小区的系统和网络识别号，小区的PN偏置，寻呼信道数据率，以及所有的定时参数，它包括来自系统时间的本地时间偏移，以及如果白天节能时间在当地有效时的指示标志。

如上所述，长码状态参数包含电话需要放入其长码发生器的42bit，以得到与基站的同步。这一信息是未来有效的320ms。电话如何使用这一信息实现同步呢？应记住移动台已解码来自基站的导频信道。在解码导频中，移动台已同步它的短码发生器，使其与从基站接收的导频信道匹配。导频只包括每26.666ms重复一次的短码。长码状态信息是未来有效的320ms。电话记录短码的重复次数，以确定在开始计时长码发生器前需要等待的320ms周期： $320\text{ms}/26.66\text{ms}=\text{短码的12次重复}$ 。长码发生器受驱动导频信道短码的相同1.2288MHz时钟驱动。因此电话只是将42bit载入它的长码发生器，计数导频短码的12次重复，然后用由导频信道短码导出的1.2288MHz时钟计时长码发生器。

## 读寻呼信道

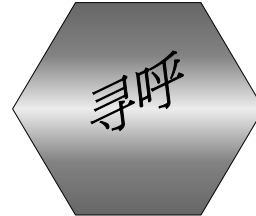
解调寻呼信道：

- ✓ 使用同步信道消息中所给导频PN偏移导出  
的长码屏蔽

解码消息

寄存器，如果基站要求

监视寻呼信道



此时移动台解调寻呼信道，解码寻呼信道所提供各种消息所包含的所有数据。如果寻呼信道上的参数需要，将由基站注册。如果该电话是时隙模式电话，在寻呼前必须首先由基站注册。时隙寻呼信道模式可通过进入睡眠状态而节省电能，只有当基站检查寻呼时被唤醒。在注册时，由基站和移动台协商电话唤醒和听的时隙。在完成协商后，电话即可发出或接收呼叫。



## 寻呼信道消息

### J-STD-008 寻呼消息

#### 开销消息

- ✓ 系统参数
- ✓ 接入参数
- ✓ CDMA 信道表
- ✓ 扩展的系统参数
- ✓ 扩展的邻道表

#### 其它消息

- ✓ 排序
- ✓ 信道分配
- ✓ 数据突发

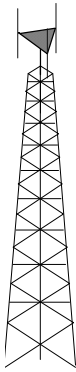
#### 更多消息

- ✓ 鉴权
- ✓ SSD 更新
- ✓ 特性通告
- ✓ 状况请求
- ✓ 服务重定向
- ✓ 通用寻呼
- ✓ 全球服务重定向
- ✓ TMSI 分配

寻呼信道是CDMA基站的心脏。CDMA小区所有参数和信令的正确工作都由寻呼信道管理。寻呼信道支持提供信息和发送消息的确定数量。这里所描述的消息适用于采用J-STD-008协议栈的CDMA系统工作。系统参数消息为移动台提供系统信息，如网络、系统和基站识别号、支持的寻呼信道数、注册信息，以及软越区切换阈。接入参数消息在CDMA移动台发起呼叫时为移动台提供说明接入探测器行为的信息。CDMA信道表报告小区支持的CDMA频率数，以及围绕小区的配置。信道分配消息用于得到移动台进入业务信道的信息交流。寻呼信道其它支持消息包括数据突发、鉴权挑战、共享秘密数据和特性通告消息。扩展系统参数消息发送优先MSID类型和基站的网络代码。扩展邻区表消息告诉移动台可能成为软越区切换候选者的围绕小区PN偏置。状态请求消息允许基站检索移动台的重要特性。服务重定向允许基站把CDMA移动台重定向至其它系统（如模拟系统）。通用寻呼信息允许小区为输入呼叫寻呼CDMA电话。使用时隙模式工作的CDMA电话在寻呼前必须先先在小区注册。需要通过注册建立小区用哪个时隙向移动台发送寻呼。

移动台有一直扫描可代用导频信道的搜索器。如果找到强到能建立链接的其它基站导频信道，在穿越新区域时，移动台将请求空闲越区切换。此时为了电话重新注册，CDMA小区必须命令CDMA移动台执行区域登记。

## CDMA 呼叫开始



拨号，然后按发送

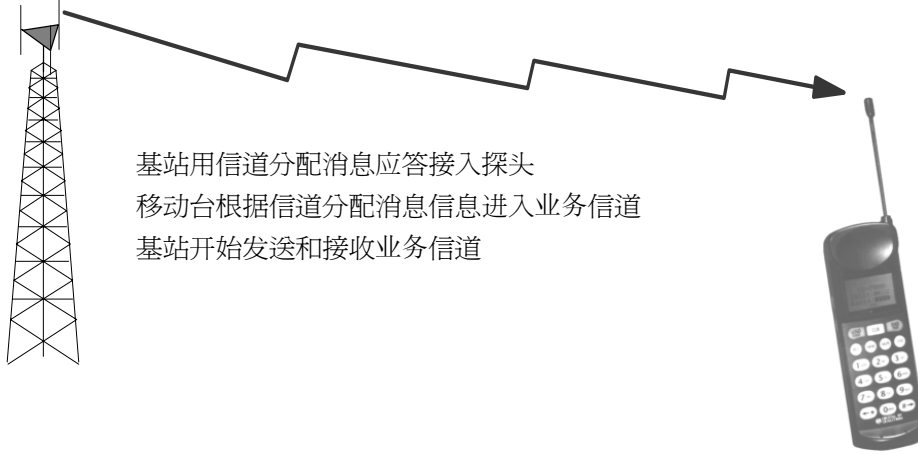
移动台在特定信道上发送接入信道呼叫

接入探头使用长码屏蔽，依据：

- ✓ 接入和寻呼信道号
- ✓ 基站 ID
- ✓ 导频 PN 偏移

然后用户决定进行呼叫。键入号码和按发送键。这就开始了接入探测器。移动台使用称为接入信道的特殊编码信道与小区联系。CDMA移动台可在反向链路提供的一个物理信道上提供2种类型的信道。这2种信道由编码类型相区别。移动台用接入信道发起呼叫。在建立呼叫后，其它可能的信道是业务信道。接入探测器用长码掩蔽确定从同步和寻呼信道获得的参数：接入信道数、寻呼信道数、基站ID、以及基站使用的导频PN偏置。在还没有建立链接时，闭环控制控制为非有效。移动台用开环控制猜测起始电平。允许在随机的时间内进行多次尝试，以避免接入信道上产生冲突。这是有必要的，因为没有一种机制能防止多个用户试图同时接入系统。对于各小区，也有有限的接入信道支持数。因为在基站中只有有限数量的接入信道接收器，使冲突的可能性增加。

## CDMA 呼叫完成



然后用户决定进行呼叫。键入号码和按发送键。这就开始了接入探测器。移动台使用称为接入信道的特殊编码信道与小区联系。CDMA移动台可在反向链路提供的一个物理信道上提供2种类型的信道。这2种信道由编码类型相区别。移动台用接入信道发起呼叫。在建立呼叫后，其它可能的信道是业务信道。接入探测器用长码掩蔽确定从同步和寻呼信道获得的参数：接入信道数、寻呼信道数、基站ID、以及基站使用的导频PN偏置。在还没有建立链接时，闭环控制控制为非有效。移动台用开环控制猜测起始电平。允许在随机的时间内进行多次尝试，以避免接入信道上产生冲突。这是有必要的，因为没有一种机制能防止多个用户试图同时接入系统。对于各小区，也有有限的接入信道支持数。因为在基站中只有有限数量的接入信道接收器，使冲突的可能性增加。

## CDMA 软切换开始

移动台找到足够功率的第二导频 (超过  $T_{add}$  阈值)

移动台发送导频强度消息至第一个基站

基站通报 MTSO

MTSO 要求第二个基站新的Walsh分配

如可行，新的Walsh信道信息即接替第一个基站

一旦建立了呼叫，移动台就不断搜索可能成为软越区切换好候选者的其它小区。大部份搜索时间被限制于寻找在寻呼信道邻区表中得到的那些规定PN偏移。rake接收器的搜索器是扫描其它可能蜂窝小区的器件。如果移动台确定有一个导频超过小区规定的 $T_{add}$ 门限，它就通过发送导频强度消息向基站告警。该导频强度消息在业务信道上使用暗和突发信令或空和突发信令发送。这一动作起始软越区切换。在接收导频强度消息后，基站把该请求转发至MTSO（移动电话交换局）。如果MTSO有适用的信道卡，它就把该请求转发至第二个基站，以了解业务信道是否能适应该软越区切换请求。在交换软越区切换时需要有第二块信道卡，使MTSO能在软越区切换所包含二个小区返回信号中选择较好的一个信号。

## CDMA 软切换完成

第一个基站用新的Walsh分配命令软切换  
MTSO 发送至第二个基站的陆地链接  
移动台从第二个基站接收功率  
MTSO 每20ms选择更好质量的帧

如果可行，第二个小区即返回软越区切换分配的Walsh码。此时，原基站使用暗和突发信令或空和突发信令在业务信道上通过越区切换定向消息命令进行软越区切换。在确认越区切换定向消息后，MTSO即向第二个基站发送陆地链接，然后在分配的Walsh码业务信道上发送该消息。移动台接收来自二个蜂窝小区的信号，它们工作于不同的PN偏移和Walsh码业务信道，使用这二个基站二个导频信号的组合作为相干相位基准。在双路软越区切换中，使用二个移动台的rake：各接收一个基站信号。这就提供得到极大改进的衰落性能。同时，各小区也独立接收移动台传送的信号。各小区解调该信号，并把解码数据返回MTSO。MTSO按各帧比较这两个信号，选择较好的一个发送至编解码器，并传送至公共电话网。

当来自第一个基站的信号恶化，并降到 $T_{drop}$ 门限以下时，移动台即发送另一个导频强度消息，以指示基站需要终止软越区切换。此时移动台由第二个基站控制功率（由于第一个蜂窝小区可能只有极差的链接）。请求由第二个基站传送至MTSO，第一个基站随即停止传送和接收信号。移动台现在只在第二个小区上。

## CDMA 呼叫结束

由移动台或陆地链接发起  
移动台和基站停止传输  
陆地连接中断

最后呼叫结束。这可能由移动台或陆地边发起。在任何一种情况下，传输被停止，陆地线连接被断开。

## CDMA 结束语

### 新的接入方法

- 基于代码

### 设计用于干扰环境

### 用多径改进衰落条件中的接收

### 具有高容量

- 对于4 kbps 语音，6倍于模拟技术
- 对于 9.6kbps 语音，20倍于模拟技术



这样我们就完成了这一教学模块。作为总结，CDMA提供了一种适应蜂窝应用的先进技术。这是一种使用代码识别用户和基站的接入方法。与大多数现有系统不同，CDMA 是设计用于高干扰环境中。使用rake接收器技术，CDMA用多径改善多径衰落条件下的接收。为大量用户提供高质量的服务。今天的实际系统使用14.4kbps 声码器，其容量大约为现有AMPS模拟蜂窝服务的6倍。

所有当前在北美、日本和欧洲提出的第3代无线技术都基于CDMA使用的直序扩频技术。

## RF & Microwave e-Academy Program

Powerful tools that keep you on top of your game

教育模块结束。  
感谢您的关注。

还有问题吗？需要帮助吗？需要更深入了解吗？

如果您有进一步的问题，请向我们发 email [tm\\_ap@agilent.com](mailto:tm_ap@agilent.com)。如果您想更多了解我们的教育课程，请访问 [www.agilent.com/find/education:cn](http://www.agilent.com/find/education:cn)

请经常查看Agilent网络研讨会，了解更新情况和新的教育模块。



Technical data is subject to change. Copyright ©2004 Agilent Technologies  
Printed on Jan, 2004 5988-8499CHA

我们已完成了CDMA基础这一模块的介绍。感谢您的时间和关注。

对于该模块您还有不清楚的地方吗？只需在右边的“请教专家”对话框中键入您的问题，并点击提交按钮。我们的专家将在2-3个工作日内回答您的问题。

您还愿意更多了解适用于CDMA测试的Agilent仪器吗？只需在左边的产品上点击。

要了解更多信息，请按上面所列的地址向我们发E-mail。如果您想学会CDMA测试，或希望更详细了解其它Agilent产品，请在上面的URL中查看我们的培训课程。这些收费课程由我们的专家讲授，使您有机会深入学习和实际动手操作仪器。

最后，请在网络研讨会上再次访问我们。您将有可能找到新的教学模块、材料，甚至可能有特价产品！