

第5章 WCDMA 无线接口技术

在 WCDMA 系统中，移动用户终端 UE 通过无线接口上的无线信道与系统固定网络相连，该无线接口称为 Uu 接口，是 WCDMA 系统中是最重要的接口之一。无线接口技术是 WCDMA 系统中的核心技术，各种 3G 移动通信体制的核心技术与主要区别也主要存在于无线接口上。

通过对 WCDMA 无线接口的学习，可以理解 UE 终端与 WCDMA 网络系统之间的工作原理与通信过程；学习这部分内容也是 WCDMA 无线网络规划的前提。

5.1 WCDMA 无线接口概述

5.1.1 无线接口的协议结构

图 5-1 显示了 UTRAN 无线接口与物理层有关的协议结构。从协议结构上看，WCDMA 无线接口由层一、层二、层三组成，分别称作物理层(Physical Layer)、媒体接入控制层(Medium Access Control)、无线资源控制层(Radio Resource Control)。从协议层次的角度看，WCDMA 无线接口上存在三种信道，物理信道、传输信道、逻辑信道。

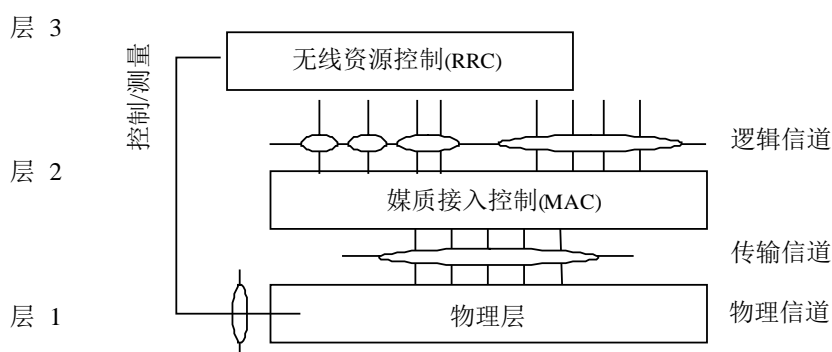


图5-1 无线接口的物理结构

图中不同层/子层间的圆圈部分为业务接入点(SAPs)。

物理层提供了高层所需的数据传输业务。对这些业务的存取是通过使用经由 MAC 子层的传输信道来进行的。

物理层通过传输信道向 MAC 层提供业务，而传输数据本身的属性决定了什么种类的传输信道和如何传输；MAC 层通过逻辑信道向 RRC 层提供业务，而



发送数据本身的属性决定了逻辑信道的种类。在媒体接入控制（MAC）层中，逻辑信道被映射为传输信道。MAC 层负责根据逻辑信道的瞬间源速率为每个传输信道选择适当的传输格式(TF)。传输格式的选择和每个连接的传输格式组合集（由接纳控制定义）紧密相关。

RRC 层也通过业务接入点（SAP）向高层（非接入层）提供业务。业务接入点在 UE 侧和 UTRAN 侧分别由高层协议和 IU 接口的 RANAP 协议使用。所有的高层信令（包括移动性管理、呼叫控制、会话管理）都首先被压缩成 RRC 消息，然后在无线接口发送。

RRC 层通过其与低层协议间的控制接口来配置低层的协议实体，包含物理信道、传输信道和逻辑信道等参数。RRC 层还将使用控制接口进行实时命令控制，例如 RRC 层命令低层进行特定类型的测量，低层使用相同接口报告测量接口和错误信息。

逻辑信道：直接承载用户业务；根据承载的是控制平面业务还是用户平面业务分为两大类，即控制信道和业务信道。

传输信道：无线接口层二和物理层的接口，是物理层对 MAC 层提供的服务；根据传输的是针对一个用户的专用信息还是针对所有用户的公共信息而分为专用信道和公共信道两大类。

物理信道：各种信息在无线接口传输时的最终体现形式；每一种使用特定的载波频率、码（扩频码和扰码）以及载波相对相位（I 或 Q）的信道都可以理解为一类特定的信道。

在发射端，来自 MAC 和高层的数据流在无线接口进行发射时，要经过复用和信道编码、传输信道到物理信道的映射以及物理信道的扩频和调制，形成无线接口的数据流在无线接口进行传输。在接收端，则是一个逆向过程。

本章节将简要介绍逻辑信道和传输信道，并重点介绍物理信道和物理层的过程；通过对物理信道和物理层过程的学习，可以帮助大家深入掌握 WCDMA 无线接口的工作原理，也有助于大家对 WCDMA 网络规划的理解。

5.1.2 扩频与加扰

在无线接口上，待传输信源经过信源编码和信道编码之后，数据流将继续进行扩频、加扰和调制。

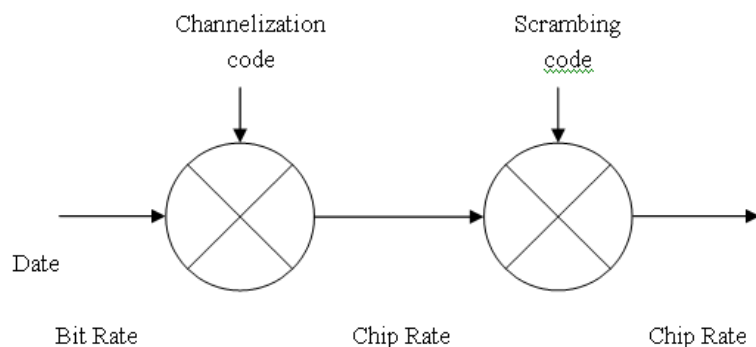


图5-2 扩频与扰码的关系

扩频使用的码字成为信道化码，具体采用 **OVSF** 码（正交可变扩频因子码）。加扰使用的码字称为扰码，采用 **GOLD** 序列。

1. 扩频与信道化码

信道化码用于区分来自同一信源的传输，即一个扇区的下行链路连接，以及上行中同一个终端的不同物理信道。**UTRAN** 的扩频/信道化码基于正交可变扩频因子（**OVSF**）技术。

使用 **OVSF** 可以改变扩频因子并保持不同长度的不同扩频码之间的正交性。码字从下所示的码树中选取。如果一个连接使用可变扩频因子，可根据最小扩频因子正确利用码树进行解扩，只需从以最小扩频因子码指示的码树分支中选取信道化码。

图5-3 信道化码树的结构

2. 扰码

加扰的作用是为了把终端或基站各自相互区分开，扰码是在是在扩频之后使用的，因此不改变信号的带宽，而只是把来自不同的信源的信号区分开，经过加扰，解决了多个发射机使用相同的码字扩频的问题，图 5-2给出了 **UTRA** 中经过扩频和信道化码片速率的关系。因为经过信道化码扩频之后，已经达到了码片速率，所以扰码不影响符号速率。

下表总结了扰码和信道化码的功能和特点。

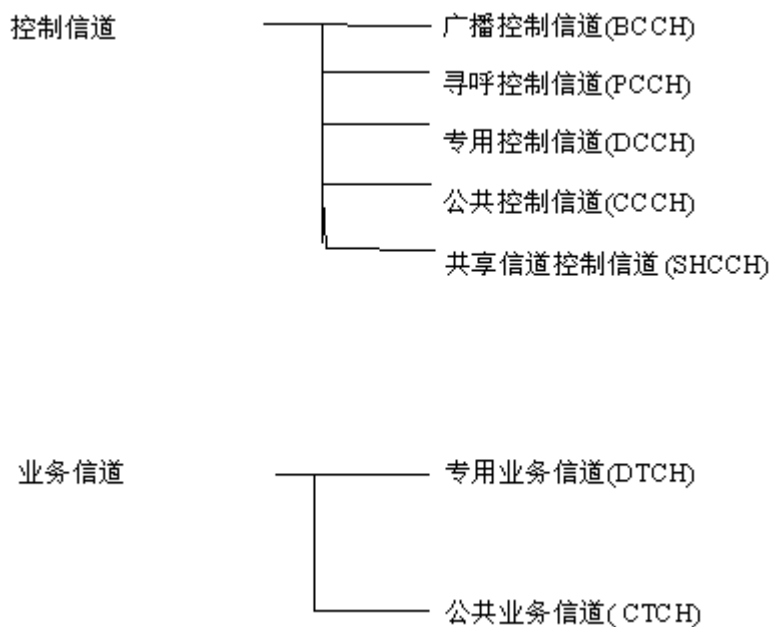
表5-1 扰码和信道化码的功能和特点

	信道化码	扰码
用途	上行链路：区分同一终端的物理数据（ DPDCH ）和控制信道（ DPCCH ） 下行链路：区分同一小区中不同用户的下行链路	上行链路：区分终端 下行链路：区分小区

长度	4-256个码片（1.0-66.7us） 下行链路还包括512个码片	上行链路：10ms=38400个码片或 66.7us=256码片 高级基站接收即可选用选项2 下行链路：10ms=38400码片
码字数目	一个扰码的下的码字数目=扩频因子	上行链路：几百万个 下行链路：512
码族	正交可变扩频因子	长10ms码：Gold码 短码：扩展的S（2）码族
扩频	是，增加了传输带宽	否，没有影响传输带宽

5.2 逻辑信道

逻辑信道类型见图 5-4：



1. 控制信道

以下控制信道只用于控制平面信息的传送：

广播控制信道(BCCH)。广播系统消息的下行链路信道。

寻呼控制信道(PCCH)。传送寻呼消息的下行链路信道。

公共控制信道(CCCH)。在网络和 UE 之间发送控制信息的双向信道，该信道映射到 RACH/FACH 传输信道。由于该信道中要求长 UTRAN UE 的标识



(U-RNTI, 包括 SRNC), 因此保证了上行链路消息能够正确传送到正确的 SRNC 中。

专用控制信道(DCCH)。在网络和 UE 之间发送控制信息的双向信道, 该信道在 RRC 建立的时候由网络分配给 UE 的点对点专用信道。

2. 业务信道

以下业务信道只用于用户平面信息的传送:

专用业务信道(DTCH): 是传输用户信息的专用于一个 UE 的点对点双向信道。

公共业务信道(CTCH): 向全部或者一组特定 UE 传输专用用户信息的点对多点的下行链路。

5.3 传输信道

5.3.1 传输信道分类

传输信道是指由物理层提供给高层的服务。传输信道定义了在空中接口上数据传输的方式和特性。

传输信道分为两类: 专用信道和公共信道。他们的主要区别在于公共信道是由小区内的所有用户或一组用户共同分配使用的资源; 而专用信道资源, 由特定频率上特定的编码确定, 只能是单个用户专用的。

5.3.2 专用传输信道

仅存在一种专用传输信道, 即专用信道(DCH)。专用信道(DCH) 是一个上行或下行传输信道。DCH 在整个小区或小区内的某一部分使用波束赋形的天线进行发射。

5.3.3 公共传输信道

共有六类公共传输信道: BCH, FACH, PCH, RACH, CPCH 和 DSCH。

- **BCH-广播信道:** 广播信道(BCH)是一个下行传输信道, 用于广播系统或小区特定的信息。BCH 总是在整个小区内发射, 并且有一个单独的传输格式。
- **FACH-前向接入信道:** 前向接入信道(FACH)是一个下行传输信道。FACH 在整个小区或小区内某一部分使用波束赋形的天线进行发射。

- **PCH-寻呼信道**：寻呼信道(PCH)是一个下行传输信道。PCH 总是在整个小区内进行发送。PCH 的发射与物理层产生的寻呼指示的发射是相随的，以支持有效的睡眠模式程序。
- **RACH-随机接入信道**：随机接入信道(RACH)是一个上行传输信道。RACH 总是在整个小区内进行接收。RACH 的特性是带有碰撞冒险，使用开环功率控制。
- **CPCH-公共分组信道**：公共分组信道(CPCH)是一个上行传输信道。CPCH 与一个下行链路的专用信道相随，该专用信道用于提供上行链路 CPCH 的功率控制和 CPCH 控制命令（例：紧急停止）。CPCH 的特性是带有初始的碰撞冒险和使用内环功率控制。
- **DSCH-下行共享信道**：下行共享信道(DSCH)是一个被一些 UEs 共享的下行传输信道。DSCH 与一个或几个下行 DCH 相随路。DSCH 使用波束赋形天线在整个小区内发射，或在一部分小区内发射。

5.3.4 指示符

WCDMA 协议中为传输信道定义了一系列的指示符功能，但是实际上指示符是一种快速的低层信令实体，没有在传输信道上占用的任何实体信息块，而是由物理信道在物理层直接完成。

相关的指示符有：捕获指示(AI)，接入前缀指示(API)，信道分配指示(CAI)，冲突检测指示(CDI)，寻呼指示(PI)和状态指示(SI)。指示符可以是二进制的，也可以是三进制的。它们到指示信道的映射是由物理信道决定的。发射指示符的物理信道叫做指示信道(ICH)。

5.3.5 逻辑信道到传输信道的映射

传输信道是为逻辑信道服务的，从图 5-5中，可以知道逻辑信道和传输信道之间的映射关系。

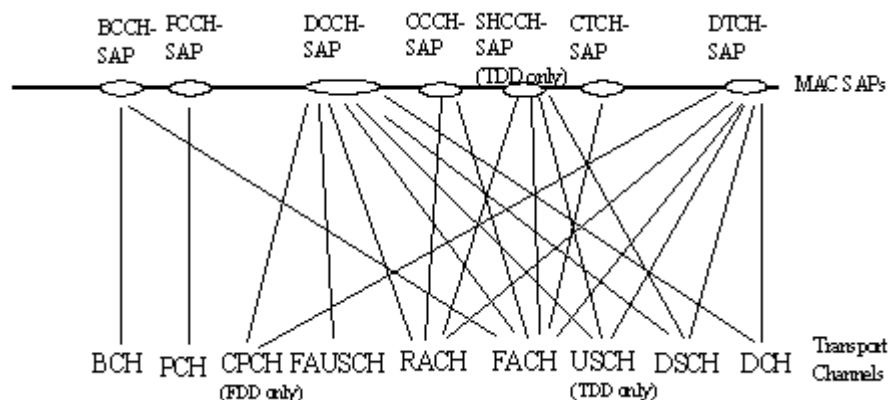




图5-5 逻辑信道与传输信道的映射

5.4 物理信道

5.4.1 物理信道的相关概念

物理信道是由一个特定的载频、扰码、信道化码（可选的）、开始、结束的时间段（有一段持续时间）和上行链路中相对的相位（0 或 $\pi/2$ ）定义的。持续时间由开始和结束时刻定义，用 chip 的整数倍来测量。

无线帧：无线帧是一个包括 15 个时隙的处理单元。一个无线帧的长度是 38400chips。

时隙：时隙是由包含一定比特的字段组成的一个单元。时隙的长度是 2560chips。

一个物理信道缺省的持续时间是从它的开始时刻到结束时刻这一段连续的时间。不连续的物理信道将会明确说明。

传输信道被描述（比物理层更抽象的高层）为可以映射到物理信道上。在物理层看来，映射是从一个编码组合传输信道（CCTrCH）到物理信道的数据部分。除了数据部分，还有信道控制部分和物理信令。

物理信令和物理信道一样，是有着相同的基于空中特性的实体，但是没有传输信道或指示符映射到物理信令。物理信令可以和物理信道一起支持物理信道的功能。

5.4.2 上行物理信道结构

上行物理信道分为：专用上行物理信道和公共上行物理信道；

专用上行物理信道分为：上行专用物理数据信道(上行 DPDCH)和上行专用物理控制信道(上行 DPCCH)；

公共上行物理信道分为：物理随机接入信道（PRACH）和物理公共分组信道（PCPCH）

1. DPDCH/DPCCH

图 5-6显示了上行专用物理信道的帧结构。每个帧长为 10ms，分成 15 个时隙，每个时隙的长度为 $T_{\text{slot}}=2560 \text{ chips}$ ，对应于一个功率控制周期。

数据部分（DPDCH）用于传输专用传输信道(DCH)。在每个无线链路中可以有 0 个、1 个或几个上行 DPDCHs；

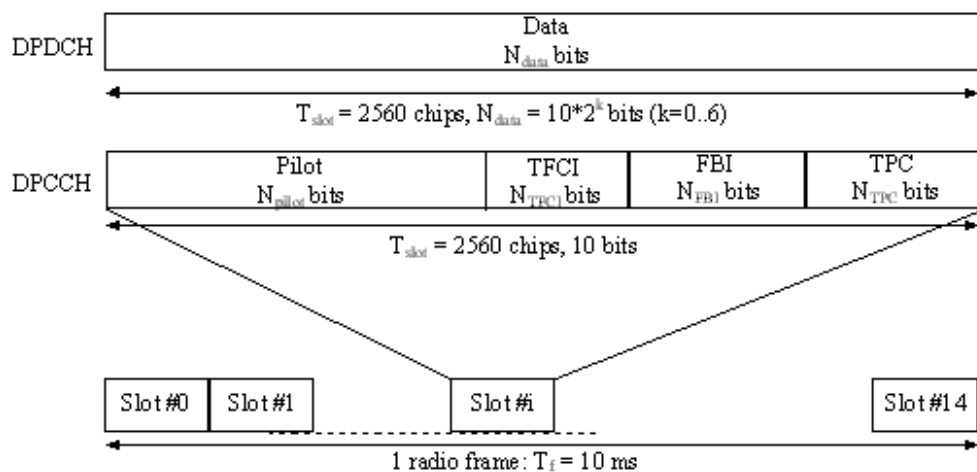


图5-6 DPCH 的信道结构

控制信息（DPCCH）包括支持信道估计以进行相干检测的已知导频比特（Pilot），发射功率控制指令(TPC)，反馈信息(FBI)，以及一个可选的传输格式组合指示(TFCI)。每个无线链路中只有一个 DPCCH。

图 5-6中的参数 k 决定了每个上行 DPDCH/DPCCH 时隙的比特数。它与物理信道的扩频因子 SF 有关, $SF=256/2^k$ 。DPDCH 的扩频因子的变化范围为 256 到 4。上行 DPCCH 的扩频因子一直等于 256，即每个上行 DPCCH 时隙有 10 个比特。

2. PRACH

物理随机接入信道用来传输 RACH。

随机接入信道的传输是基于带有快速捕获指示的时隙 ALOHA 方式。UE 可以在一个预先定义的时间偏置开始传输，表示为接入时隙。每两帧有 15 个接入时隙，间隔为 5120 码片。图 5-7显示了接入时隙的数量和它们之间的相互间隔。当前小区中哪个接入时隙的信息可用，是由高层信息给出的。

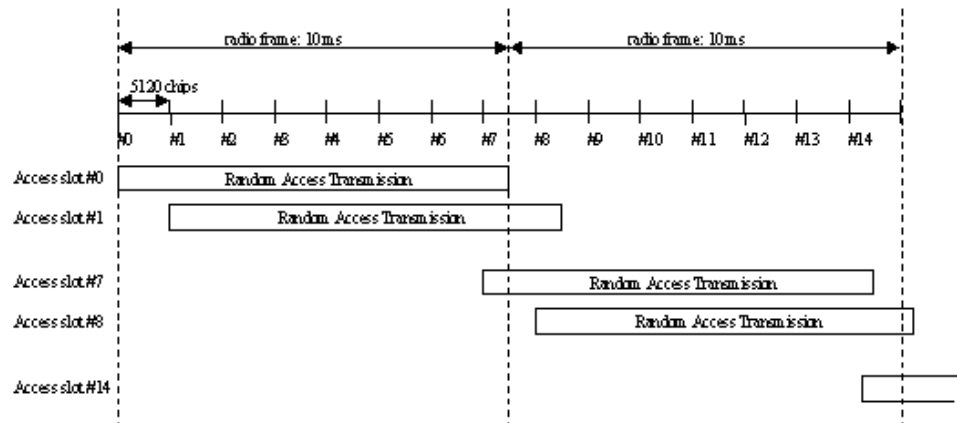


图5-7 RACH 接入时隙数量和间隔

随机接入发射的结构如图 5-8所示。随机接入发射包括一个或多个长为 4096 码片的前缀和一个长为 10ms 或 20ms 的消息部分。

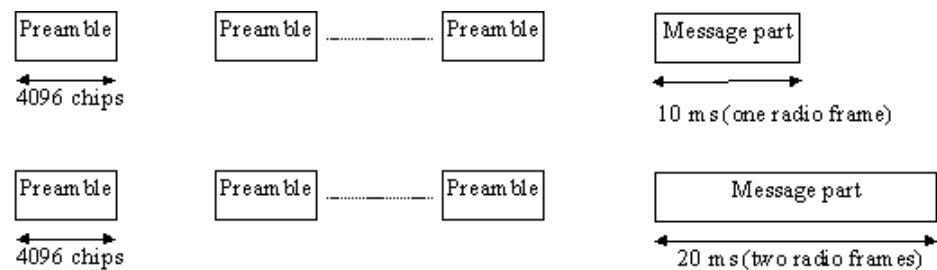


图5-8 随机接入发射的结构

- RACH 前缀部分

随机接入的前缀部分长度为 4096chips,是对长度为 16chips 的一个特征码 (signature)的 256 次重复。总共有 16 个不同的特征码。

- RACH 消息部分

图 5-9显示了随机接入的消息部分的结构。10ms 的消息被分作 15 个时隙,每个时隙的长度为 $T_{\text{slot}}=2560\text{chips}$ 。每个时隙包括两部分,一个是数据部分, RACH 传输信道映射到这部分;另一个是控制部分,用来传输层 1 控制信息。数据和控制部分是并行发射传输的。一个 10ms 消息部分由一个无线帧组成,而一个 20ms 的消息部分是由两个连续的 10ms 无线帧组成。消息部分的长度可以由使用的特征码和/或接入时隙决定,这是由高层配置的。

数据部分包括 10×2^k 个比特,其中 $k=0,1,2,3$ 。对消息数据部分来说分别对应着扩频因子为 256, 128, 64 和 32。

控制部分包括 8 个已知的导频比特,用来支持用于相干检测的信道估计,以及 2 个 TFCI 比特,对消息控制部分来说这对应于扩频因子为 256。在随机接

入消息中 TFCI 比特的总数为 $15 \times 2 = 30$ 比特。TFCI 值对应于当前随机接入消息的一个特定的传输格式。在 PRACH 消息部分长度为 20ms 的情况下，TFCI 将在第 2 个无线帧中重复。

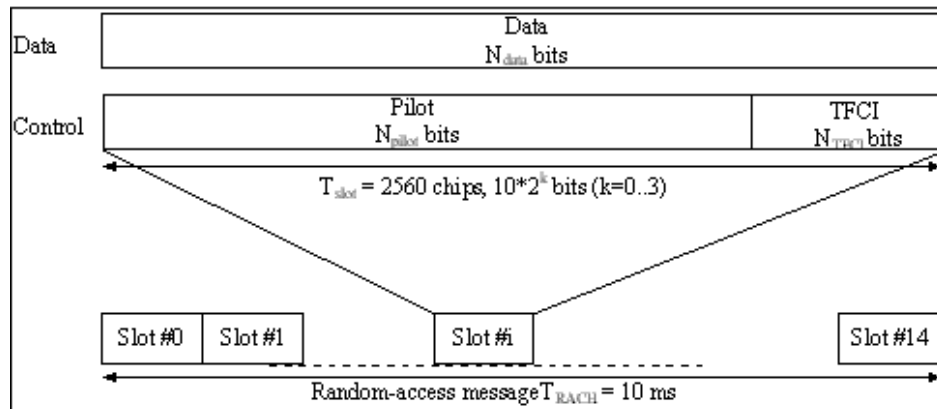


图5-9 随机接入消息部分的结构

3. PCPCH

物理公共分组信道(PCPCH)用于传输 CPCH。

• CPCH 传输结构

CPCH 的传输是基于带有快速捕获指示的 DSMA-CD(Digital Sense Multiple Access-Collision Detection)方法。UE 可在一些预先定义的与当前小区接收到的 BCH 的帧边界相对的时间偏置处开始传输。接入时隙的定时和结构与 RACH 相同。CPCH 随机接入传输的结构如图 5-10所示。CPCH 随机接入传输包括一个或多个长为 4096chips 的接入前缀[A-P]，一个长为 4096chips 的冲突检测前缀(CD-P)，一个长度为 0 时隙或 8 时隙的 DPCCH 功率控制前缀(PC-P)和一个可变长度为 $N \times 10\text{ms}$ 的消息部分。

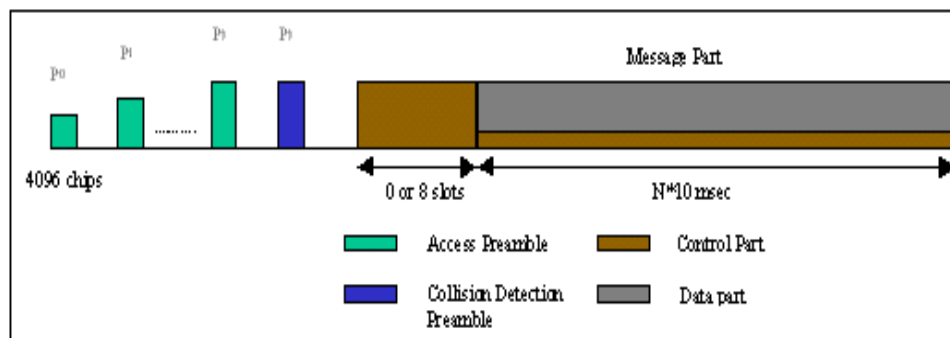


图5-10 CPCH 随机接入传输的结构

• CPCH 接入前缀部分

与 RACH 前缀部分类似。这里使用了 RACH 前缀的特征序列，但使用的数量要比 RACH 前缀少。扰码的选择为组成 RACH 前缀扰码的 Gold 码中一个不同的码段，也可在共享特征码的情况下使用相同的扰码。

• CPCH 冲突检测前缀部分

与 RACH 前缀部分类似。使用了 RACH 前缀特征序列。扰码的选择为组成 RACH 和 CPCH 前缀扰码的 Gold 码中一个不同的码段。

• CPCH 功率控制前缀部分

功率控制前缀部分叫做 CPCH 功率控制前缀 (PC-P) 部分。功率控制前缀长度是一个高层参数， $L_{pc-preamble}$ ，可以是 0 或 8 时隙

• CPCH 消息部分

图 5-11 显示了上行公共分组物理信道的帧结构。每帧长为 10ms，被分成 15 个时隙，每一个时隙长度为 $T_{slot} = 2560$ chips，等于一个功率控制周期。

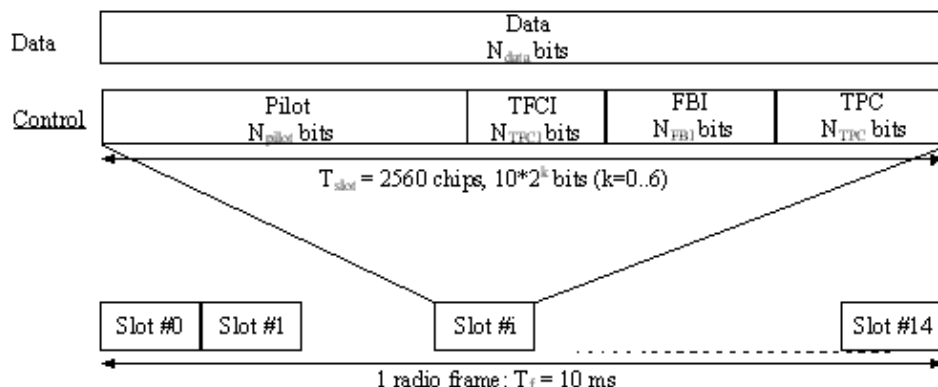


图5-11 上行 PCPCH 的数据和控制部分的帧结构

数据部分包括 10×2^k 个比特，这里 $k=0,1,2,3,4,5,6$ 分别对应于扩频因子 256, 128, 64, 32, 16, 8 和 4。

每个消息包括最多 N_{Max_frames} 个 10ms 的帧。 N_{Max_frames} 为一个高层参数。每个 10ms 帧分成 15 个时隙，每个时隙长度为 $T_{slot}=2560$ chips。每个时隙包括两个部分，用来传输高层信息的数据部分和层 1 控制信息的控制部分。数据和控制部分是并行发射的。

CPCH 消息部分的控制部分扩频因子为 256。

控制信息 (DPCCH) 包括支持信道估计以进行相干检测的已知导频比特 (Pilot)，发射功率控制指令(TPC)，反馈信息(FBI)，以及一个可选的传输格式组合指示(TFCI)。



5.4.3 下行物理信道结构

1. DPCH

只有一种类型的下行专用物理信道，即下行专用物理信道(下行 DPCH)。

在一个下行 DPCH 内，专用数据在层 2 以及更高层产生，即专用传输信道(DCH)，是与层 1 产生的控制信息(包括已知的导频比特，TPC 指令和一个可选的 TFCI)以时间复用的方式进行传输发射的。因此下行 DPCH 可看作是一个下行 DPDCH 和下行 DPCCH 的时间复用。

图 5-12显示了下行 DPCH 的帧结构。每个长 10ms 的帧被分成 15 个时隙，每个时隙长为 $T_{\text{slot}}=2560$ chips，对应于一个功率控制周期。

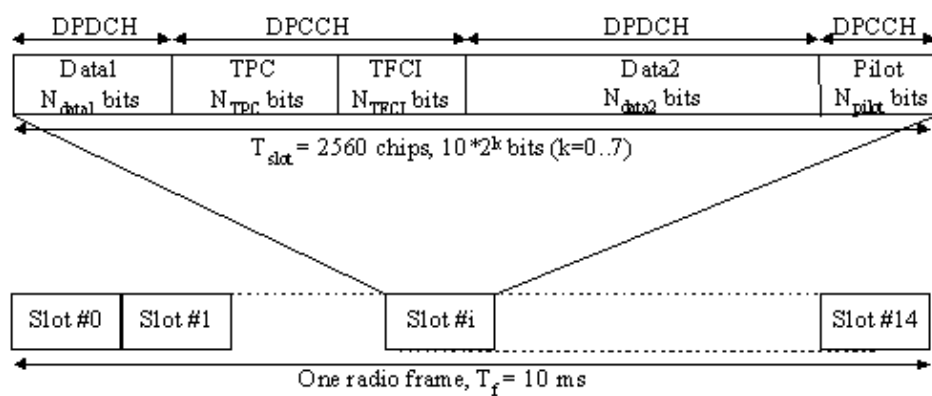


图5-12 下行 DPCH 的帧结构

图 5-12中的参数 k 确定了每个下行 DPCH 时隙的总的比特数。它与物理信道的扩频因子有关，即 $SF=512/2^k$ 。因此扩频因子的变化范围为 512 到 4。

有两种类型的下行专用物理信道；包括 TFCI 的(如用于一些同时发生的业务的)和那些不包括 TFCI 的(如用于固定速率业务的)。

2. CPCH 的 DL-DCCH

DL-DPCCH(消息控制部分)的扩频因子为 512。图 5-13显示了 CPCH 的 DL-DPCCH 的帧结构。

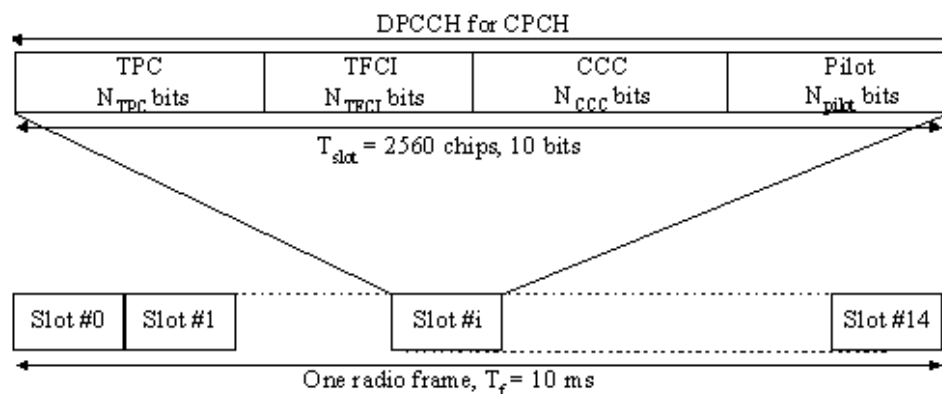


图5-13 CPCH 的下行 DPCCH 的帧结构

CPCH 的 DL-DPCCH 由已知的导频比特, TFCI, TPC 命令和 CPCH 控制命令 (CCC) 组成。CPCH 控制命令用于支持 CPCH 信令。有两种类型的 CPCH 控制命令: 层 1 控制命令, 例如消息开始指示; 和高层控制命令, 例如紧急停止命令。

3. CPICH

CPICH 为固定速率(30 kbps, SF=256)的下行物理信道, 用于传输预定义的比特/符号序列。图 5-14显示了 CPICH 的帧结构。

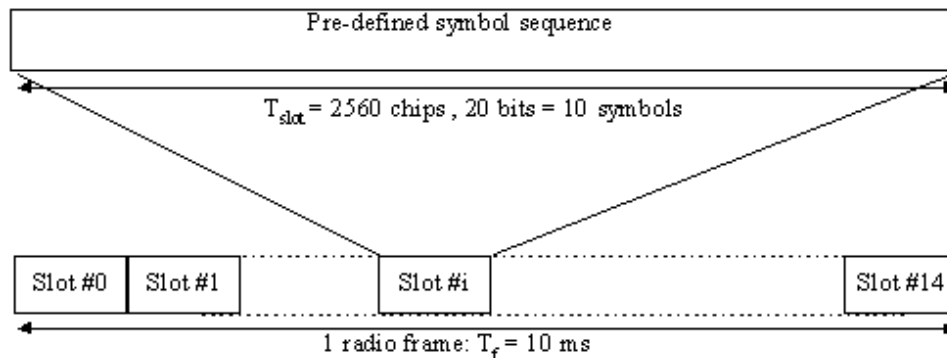


图5-14 用于公共导频信道的帧结构

在小区的任意一个下行信道上使用发射分集(开环或闭环)时, 两个天线使用相同的信道化码和扰码来发射 CPICH。在这种情况下, 对天线 1 和天线 2 来说, 预定义的符号序列是不同的, 见图 5-15。在没有发射分集时, 则使用图中的天线 1 的符号序列。

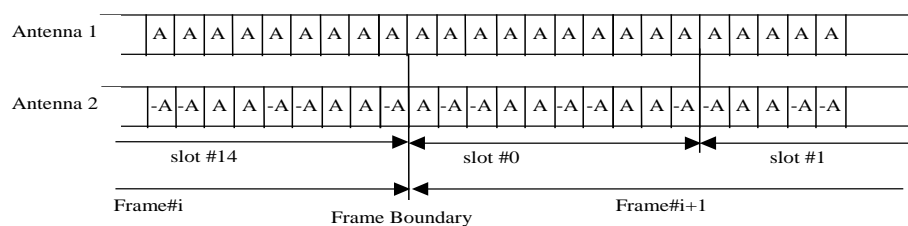


图5-15 用于公共导频信道的调制模式 (with $A = 1+j$)

有两种类型的公共导频信道，基本和辅助 CPICH。它们的用途不同，区别仅限于物理特性。

- 基本公共导频信道 (P-CPICH)

基本公共导频信道 (P-CPICH) 有以下特性：

- 此信道总是使用同一个信道化码
- 用基本扰码进行扰码
- 每个小区有且仅有一个 CPICH
- 在整个小区内进行广播

基本 CPICH 是下面各个下行信道的相位基准：SCH、基本 CCPCH、AICH 和 PICH。基本 CPICH 也是所有其它下行物理信道的缺省相位基准。

- 辅助公共导频信道(S-CPICH)

辅助公共导频信道有以下特性：

- 可使用 $SF=256$ 的信道化码中的任一个
- 可用基本或辅助扰码进行扰码
- 每个小区可有 0、1 或多个辅助 CPICH
- 可以在全小区或在小区的一部分进行发射
- 辅助 CPICH 可以是辅助 CCPCH 和下行 DPCH 的基准。如果是这种情况，则是通过高层信令来通知 UE 的。

4. P-CCPCH

基本 CCPCH 为一个固定速率(30kbps, $SF=256$)的下行物理信道，用于传输 BCH。

图 5-16显示了基本 CCPCH 的帧结构。与下行 DPCH 的帧结构的不同之处在于没有 TPC 指令，没有 TFCI，也没有导频比特。在每个时隙的第一个 256 chips

内，基本 CCPCH 不进行发射。反过来，在此段时间内，将发射基本 SCH 和辅助 SCH。

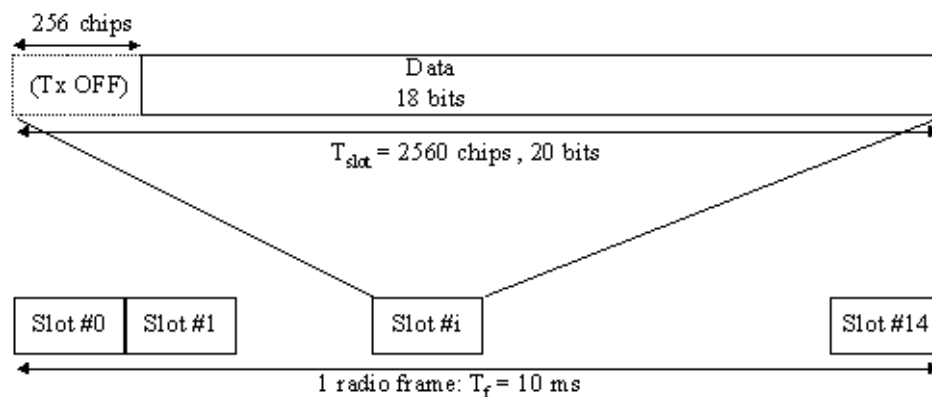


图5-16 基本公共控制物理信道的帧结构

当在 UTRAN 中使用分集天线，且使用开环发射分集来传输 P-CCPCH 时，P-CCPCH 的数据部分是经过 STTD 编码的。除了时隙 # 14 外的偶数时隙的最后两个数据比特和下一个时隙的最前两个数据比特一起进行 STTD 编码。时隙 # 14 的最后两个比特是不进行 STTD 编码的，而是以相同的功率从两个天线发射，参见图 5-17。高层信令决定 P-CCPCH 是否进行 STTD 编码。另外，通过调制 SCH，高层信令还指出了在 P-CCPCH 上 STTD 编码是否存在。在上电及小区间进行切换期间，通过接收高层消息、解调 SCH 或通过这两种方案的组合，UE 可确定在 P-CCPCH 上是否存在 STTD 编码。

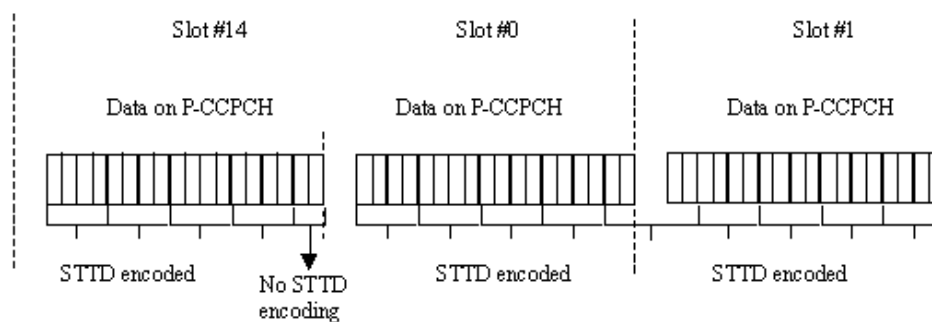


图5-17 P-CCPCH 的数据符号的 STTD 编码

5. S-CCPCH

辅助 CCPCH 用于传输 FACH 和 PCH。有两种类型的辅助 CCPCH：包括 TFCI 的和不包括 TFCI 的。是否传输 TFCI 是由 UTRAN 来确定的，因此对所有的 UEs 来说，支持 TFCI 的使用是必须的。可能的速率集与下行 DPCH 相同。辅助 CCPCH 的帧结构见图 5-18。

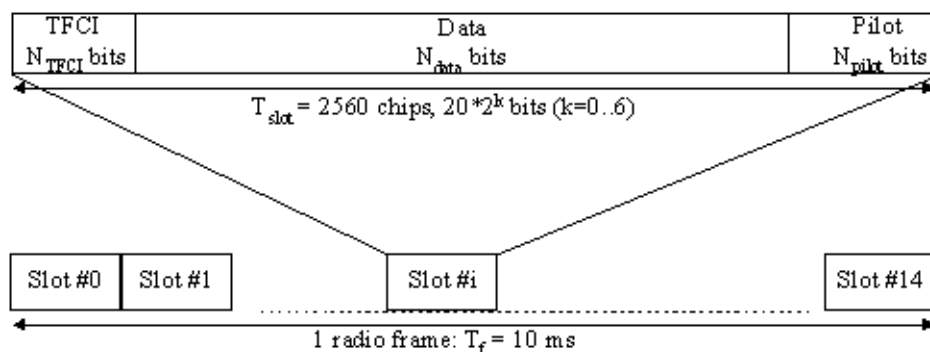


图5-18 辅助 CCPCH 的帧结构

图 5-18 中参数 k 确定了每个下行辅助 CCPCH 时隙的总比特数。它与物理信道的扩频因子 SF 有关， $SF = 256/2^k$ 。扩频因子 SF 的范围为 256 至 4。

FACH 和 PCH 可以映射到相同的或不同的辅助 CCPCHs。如果 FACH 和 PCH 映射到相同的辅助 CCPCH，它们可以映射到同一帧。CCPCH 和一个下行专用物理信道的主要区别在于 CCPCH 不是内环功率控制的。基本和辅助 CCPCH 的主要区别在于基本 CCPCH 是一个预先定义的固定速率而辅助 CCPCH 可以通过包含 TFCI 来支持可变速率。更进一步讲，基本 CCPCH 是在整个小区内连续发射的而辅助 CCPCH 可以采用与专用物理信道相同的方式以一个窄瓣波束的形式来发射(仅仅对传输 FACH 的辅助 CCPCH 有效)。

6. SCH

同步信道(SCH)是一个用于小区搜索的下行链路信号。SCH 包括两个子信道，基本和辅助 SCH。基本和辅助 SCH 的 10ms 无线帧分成 15 个时隙，每个长为 2560 码片。图 5-19 表示了 SCH 无线帧的结构。

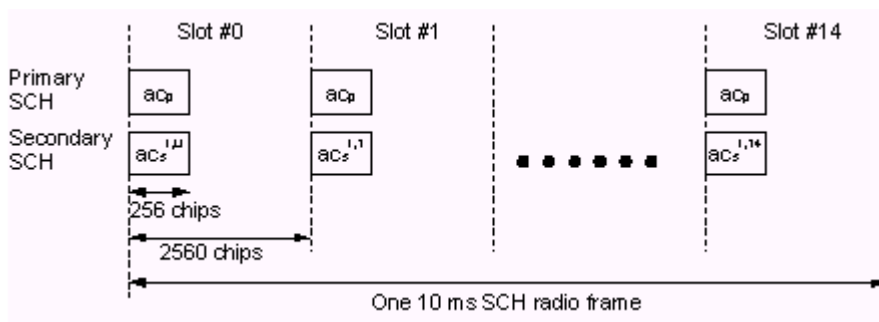


图5-19 同步信道(SCH)的结构

基本 SCH 包括一个长为 256 码片的调制码，基本同步码(PSC)，图 5-19 中用 C_p 来表示，每个时隙发射一次。系统中每个小区的 PSC 是相同的。

辅助 SCH 重复发射一个有 15 个序列的调制码，每个调制码长为 256chips，辅助同步码(SSC)，与基本 SCH 并行进行传输。在图 18 中 SSC 用 $c_s^{i,k}$ 来表示，其中 $i=0,1,\dots,63$ 为扰码码组的序号， $k=0,1,2,\dots,14$ 为时隙号。每个 SSC 是从长为 256 的 16 个不同码中挑选出来的一个码。在辅助 SCH 上的序列表示小区的下行扰码属于哪个码组。

当采用发射分集时采用 TSTD 方式

7. PDSCH

物理下行共享信道(PDSCH)，用于传输下行共享信道(DSCH)。

一个 PDSCH 对应于一个 PDSCH 根信道码或下面的一个信道码。PDSCH 的分配是在一个无线帧内，基于一个单独的 UE。在一个无线帧内，UTRAN 可以在相同的 PDSCH 根信道码下，基于码复用，给不同的 UEs 分配不同的 PDSCHs。在同一个无线帧中，具有相同扩频因子的多个并行的 PDSCHs，可以被分配给一个单独的 UE。这是多码传输的一个特例。在相同的 PDSCH 根信道码下的所有的 PDSCHs 都是帧同步的。

在不同的无线帧中，分配给同一个 UE 的 PDSCHs 可以有不同的扩频因子。

PDSCH 的帧和时隙结构如图 5-20所示。

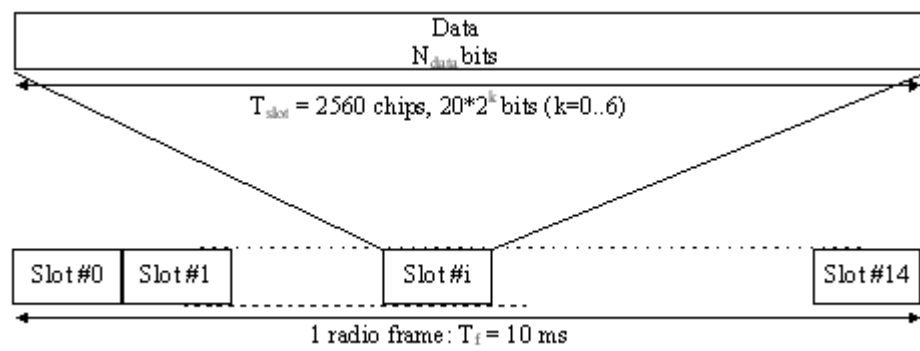


图5-20 PDSCH 的帧结构

对于每一个无线帧，每一个 PDSCH 总是与一个下行 DPCH 随路。PDSCH 与随路的 DPCH 并不需要有相同的扩频因子，也不需要帧对齐。

在随路的 DPCH 的 DPCCCH 部分发射所有与层 1 相关的控制信息，即 PDSCH 不携带任何层 1 信息。为了告知 UE，在 DSCH 上有数据需要解码，将使用两种可能的信令方法，或者使用 TFCI 字段，或使用在随路的 DPCH 上携带的高层信令。

使用基于 TFCI 的信令方法时，TFCI 除了告知 UE，PDSCH 的信道码外，还告知 UE 与 PDSCH 相关的瞬时的传输格式参数。

在其它情况时，将由高层信令来给出这些信息。

8. PICH

寻呼指示信道(PICH)是一个固定速率(SF=256)的物理信道用于传输寻呼指示(PI)。PICH总是与一个S-CCPCH随路，S-CCPCH为一个PCH传输信道的映射。

图 5-21表示了 PICH 的帧结构。一个 PICH 帧长为 10ms，包括 300 个比特(b_0, b_1, \dots, b_{299})。其中，288 个比特(b_0, b_1, \dots, b_{287})用于传输寻呼指示。余下的 12 个比特未用。这部分是为将来可能的使用而保留的。

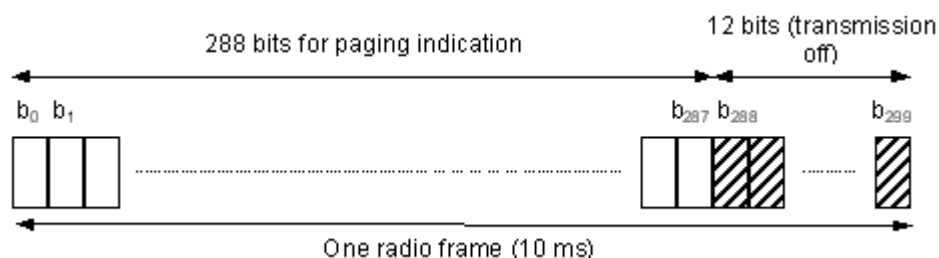


图5-21 PICH 寻呼指示信道的结构 (PICH)

9. AICH

捕获指示信道(AICH)是一个用于传输捕获指示(AI)的物理信道。捕获指示 AI_s 对应于 PRACH 上的特征码。

图 5-22说明了 AICH 的结构。AICH 由重复的 15 个连续的接入时隙 (AS) 的序列组成，每个长为 5120chips。每个接入时隙由两部分组成，一个是接入指示 (AI) 部分，由 32 个实数值符号 a_0, \dots, a_{31} 组成，另一部分是持续 1024 比特的空闲部分，它不是 AICH 的正式组成部分。时隙的无发射部分是为将来 CSICH 或其它物理信道可能会使用而保留的。

AICH 信道化的扩频因子是 256。

AICH 的相位参考是基本 CPICH。

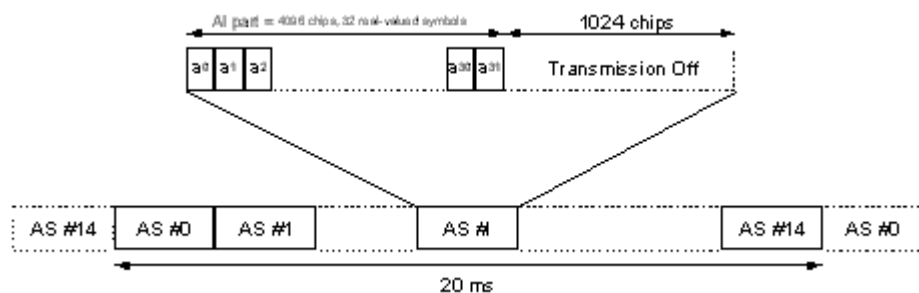


图5-22 捕获指示信道（AICH）的帧结构

10. AP-AICH

接入前缀捕获指示信道（AP-AICH）是一个固定速率（SF=256）的用来传输 CPCH 的 AP 捕获指示（API）的物理信道。AP 捕获指示 API 对应于 UE 发射的 AP 特征码。

AP-AICH 和 AICH 可以使用相同的或不同的信道码。AP-AICH 的相位参考是基本 CPICH。图 5-23 中说明了 AP-AICH 的结构。AP-AICH 用一个长为 4096chips 的部分来发射 AP 捕获指示（API），后面是一个长为 1024chips 的空闲部分，它不是 AP-AICH 的正式组成部分。时隙的这个空闲部分是为 CSICH 或其它物理信道将来可能会使用而保留的。

AP-AICH 信道化的扩频因子是 256。

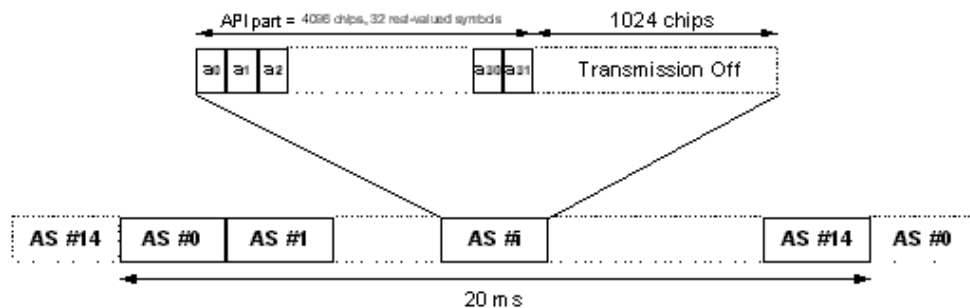


图5-23 AP 捕获指示信道(AP-AICH)的结构

11. CD/CA-ICH

冲突检测信道分配指示信道（CD/CA-ICH）是一个固定速率（SF=256）的物理信道。当 CA 不活跃时，用来传输 CD 指示（CDI），或当 CA 活跃时，用来同时传输 CD 指示/CA 指示（CDI/CAI）。图 5-24 显示了 CD/CA-ICH 的结构。CD/CA-ICH 和 AP-AICH 可以使用相同的或不同的信道码。

CD/CA-ICH 用一个长为 4096chips 的部分来发射 CDI/CAI，后面是一个长为 1024chips 的空闲部分。时隙的这个空闲部分是为 CSICH 或其它物理信道将来可能会使用而保留的。

CD/CA-ICH 信道化使用的扩频因子是 256。

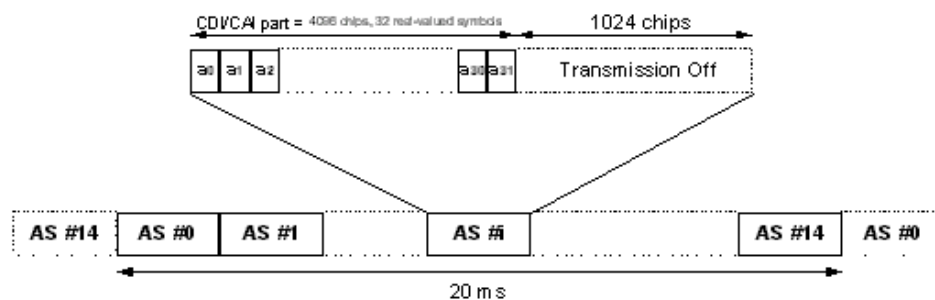


图5-24 CD/CA 指示信道 (CD/CA-ICH)的结构

12. CSICH

CPCH 状态指示信道（CSICH）是一个用于传输 CPCH 状态信息的固定速率（ $SF=256$ ）的物理信道。

CSICH 总是和一个用于发射 CPCH AP-AICH 的物理信道相关联，并和此信道使用相同的信道码和扰码。图 5-25说明了 CSICH 的帧结构。CSICH 帧由 15 个连续的接入时隙（AS）组成，每个 AS 长度为 40 比特。每个接入时隙由两部分组成，一部分是长为 4096chips 的空闲时刻，另一部分是由 8 比特 b_{8i}, \dots, b_{8i+7} 组成的状态指示（SI），其中 i 是接入时隙号。CSICH 使用的调制与 PICH 相同。CSICH 的相位参考也是基本 CPICH。

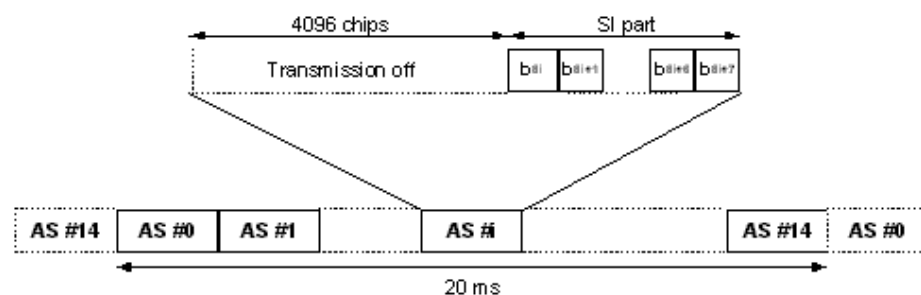


图5-25 CPCH 状态指示信道 (CSICH)的结构



5.4.4 传输信道到物理信道的映射

在 UTRAN 中，高层生成的数据由映射到物理层中不同物理信道的传输信道在空中传送，这就要求物理层具有支持可变速率的传输信道来提供宽带业务，并且还能够几种业务复用到一个连接上。

一个物理控制信道和一个或多个物理数据信道形成一个编码组合传输信道（CCTrCH）在一个给定的连接中可以有多个 CCTrCH，但只能有一个物理控制信道。

传输信道到物理信道的映射关系如图 5-26所示：

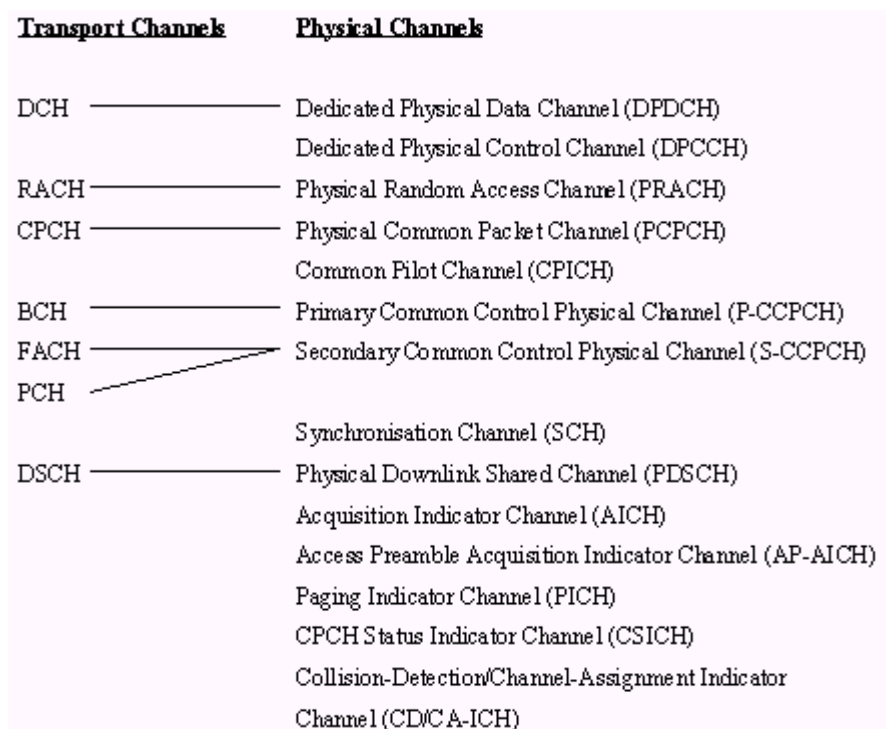


图5-26 传输信道到物理信道的映射关系

5.4.5 物理信道的扩频与调制

1. 上行信道的扩频

扩频应用在物理信道上。它包括两个操作。第一个是信道化操作，它将每一个数据符号转换为若干码片，因此增加了信号的带宽。每一个数据符号转换的码片数称为扩频因子。第二个是扰码操作，在此将扰码加在扩频信号上。在信道化操作时，I 路 和 Q 路的数据符号分别和正交扩频因子相乘。在扰码操作时，I 路 和 Q 路的信号再乘以复数值的扰码，在此，I 和 Q 分别代表实部和虚部。

(1) DPCH

图 5-27描述了上行链路专用物理信道 DPCCH and DPDCH 的扩频原理。用于扩频的二进制 DPCCH 和 DPDCH 信道用实数序列表示，也就是说二进制的"0"映射为实数+1，二进制的"1"映射为实数-1。DPCCH 信道通过信道码 c_c 扩频到指定的码片速率，第 n 个 DPDCH 信道 $DPDCH_n$ 通过信道码 $c_{d,n}$ 扩频到指定的码片速率，一个 DPCCH 信道和六个并行的 DPDCH 信道可以同时发射，也就是说 $1 \leq n \leq 6$ 。

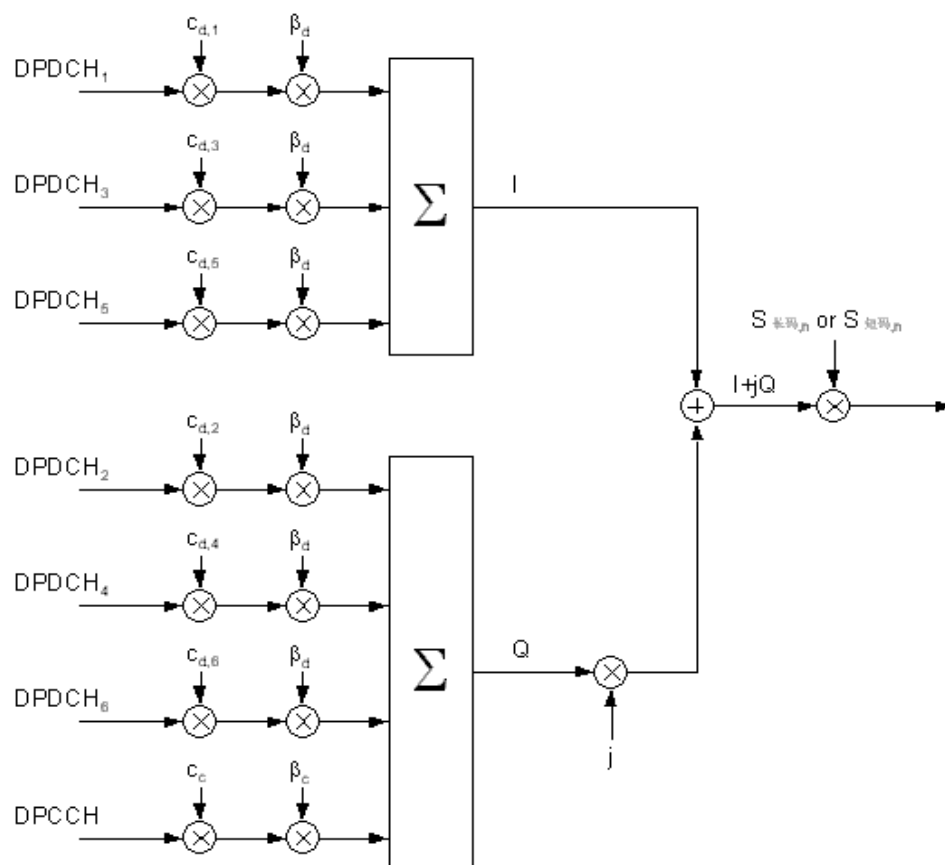


图5-27 上行链路专用物理信道 DPCCH and DPDCH 扩频

信道化之后，实数值的扩频信号进行加重处理，对 DPCCH 信道用增益因子 β_c 进行加重处理，对 DPDCH 信道用增益因子 β_d 进行加重处理；通过加重处理，可以调整 DPCCH 和 DPDCH 的功率配比。

(2) PRACH

- PRACH 前缀部分

PRACH 前缀部分包括复数值的码。

- PRACH 消息部分

图 5-28描述了 PRACH 消息部分扩频和扰码的原理, PRACH 消息部分包括数据和控制部分。用于扩频的二进制数据和控制部分用实数序列表示, 也就是说二进制的"0"映射为实数+1, 二进制的"1"映射为实数-1。控制部分通过信道码 c_c 扩频到指定的码片速率, 数据部分通过信道码 c_d 扩频到指定的码片速率。

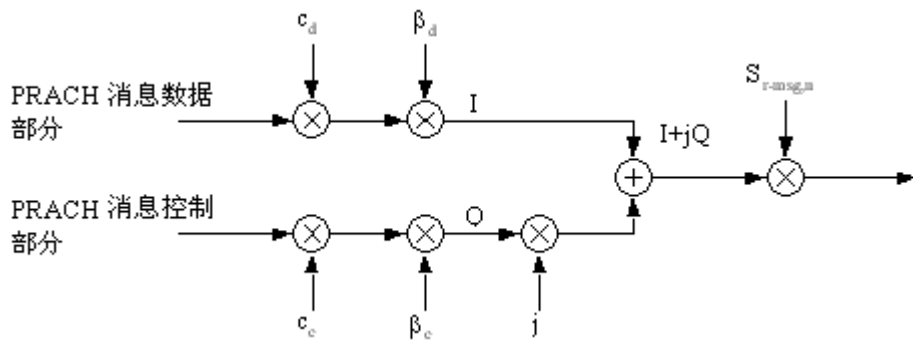


图5-28 PRACH 消息部分扩频

信道化之后, 实数值的扩频信号进行加重处理, 对数据部分用增益因子 β_d 进行加重处理, 对控制部分用 β_c 增益因子进行加重处理。

加重处理后, I 路和 Q 路的码流成为复数值的码流, 这个复数值的信号再通过复数值的 $S_{r-msg,n}$ 码进行扰码; 10 ms 的扰码和无线帧 10 ms 消息部分对应, 也就是说第一个扰码对应无线帧消息的开始部分。

(3) PCPCH

- PCPCH 前缀部分

PCPCH 前缀部分包括复数值的码。

- PCPCH 消息部分

图 5-29描述了 PCPCH 消息部分扩频的原理, 与 PRACH 消息部分的扩频原理相同。

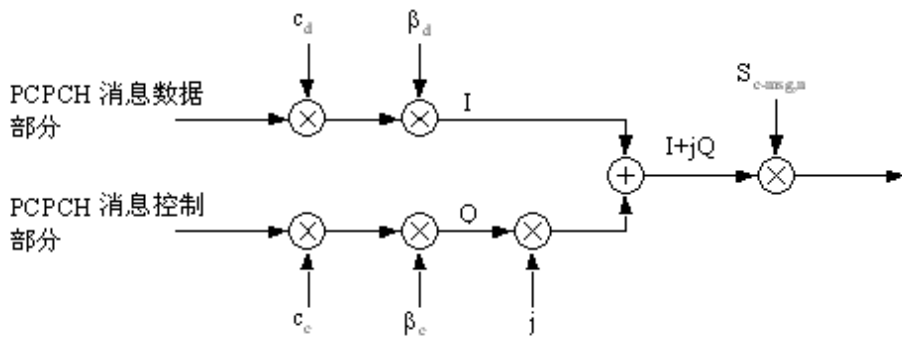


图5-29 PCPCH 消息部分扩频

2. 上行信道的调制

调制码片速率是 3.84 Mcps。

在上行链路,通过扩频产生的复数值码片序列用 QPSK 方式进行调制,见图 5-30。

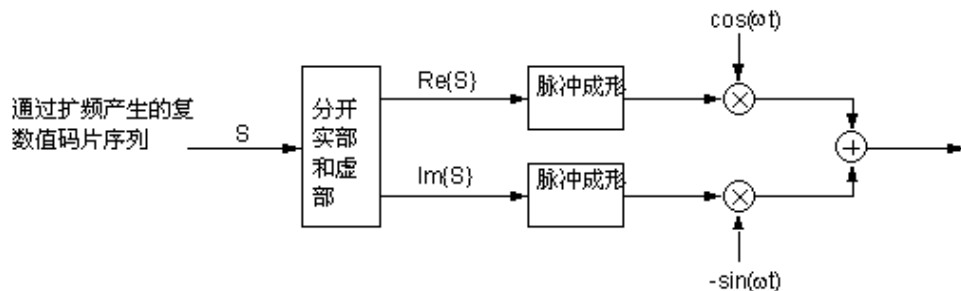


图5-30 上行链路调制.

3. 下行信道的扩频

图 5-31描述了除了 SCH 信道以外的所有下行链路物理信道的扩频,也就是 P-CCPCH、S-CCPCH、CPICH、AICH、PICH、PD-SCH 和下行 DPCH 信道。未扩频的物理信道包括一个实数值符号的序列。除了 AICH 信道以外的信道,符号可以取值+1, -1, 和 0, 这里 0 代表 DTX (非连续发射)。

每一对连续的两个符号在经过串并转换后分成 I 路和 Q 路。分路原则是偶数编号的符号分到 I 路和奇数编号的符号分到 Q 路。实数值的 I 路和 Q 路经过扩频、相位调整、相加合并后,就变为复数值的序列。这个序列经过复数值的扰码 $S_{dl,n}$ 进行加扰处理。

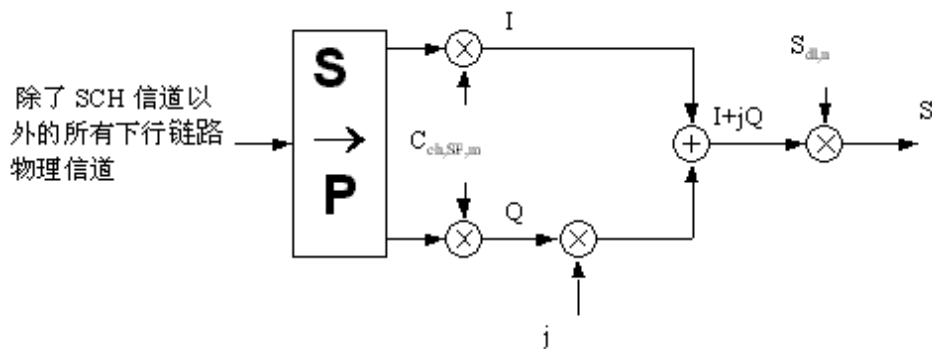


图5-31 除了 SCH 信道以外的所有下行链路物理信道的扩频

图 5-31描述了不同的下行链路如何进行组合。经过扩频以后的复数值信号(图 5-32中的箭头 S)用加重因子 G 进行加重。复数制的 P-SCH 和 S-SCH 信道,

分别用加重因子 G_p 和 G_s 进行加重. 所有下行链路物理信道进行复数加组合在一起.

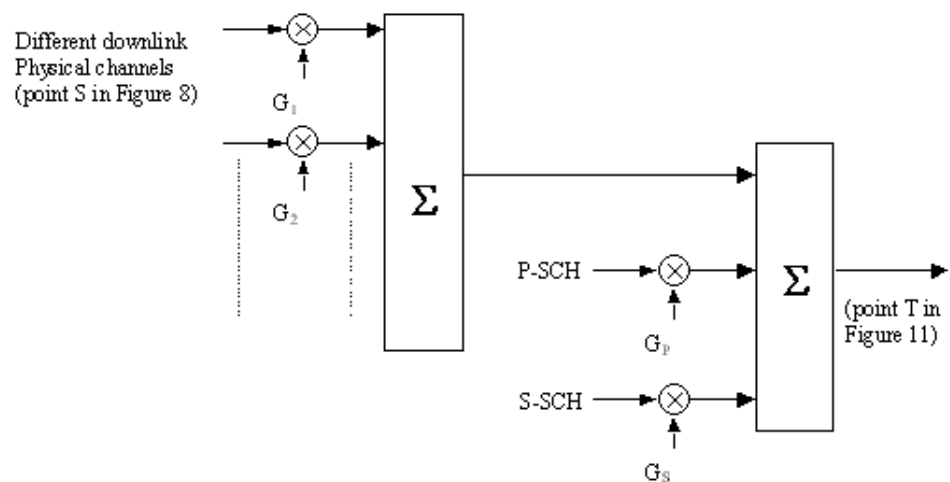


图5-32 SCH 和 P-CCPCH 信道的扩频和调制

4. 下行信道的调制

调制码片速率是 3.84 Mcps.

在下行链路, 通过扩频产生的复数值码片用 QPSK 方式进行调制, 见图 5-33

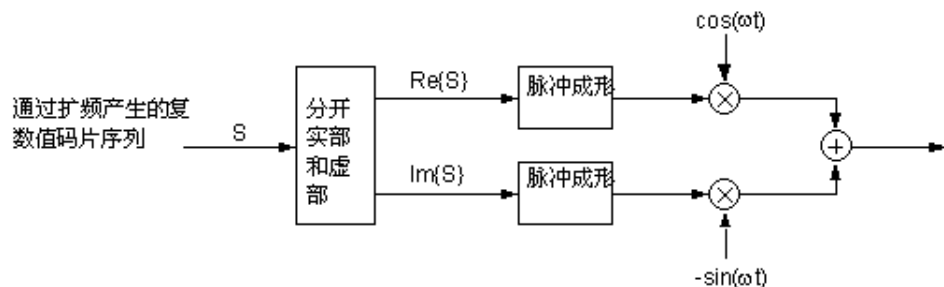


图5-33 下行信道的调制.

5.5 物理层过程

5.5.1 同步过程

1. 小区搜索

在小区搜索过程中, UE 搜索到一个小区并确定该小区的下行扰码和其公共信道的帧同步。小区搜索一般分为三步:



步骤一：时隙同步

在第一步，UE 使用 SCH 的基本同步码去获得该小区的时隙同步。典型的是使用一个匹配滤波器来匹配对所有小区都为公共的基本同步码。小区的时隙定时可由检测匹配滤波器输出的波峰值得到。

步骤二：帧同步和码组识别

在第二步，UE 使用 SCH 的辅助同步码去找到帧同步，并对第一步中找到的小区的码组进行识别。这是通过对收到的信号与所有可能的辅助同步码序列进行相关得到的，并标识出最大相关值。由于序列的周期移位是唯一的，因此码组与帧同步一样，可以被确定下来。

步骤三：扰码识别

在第三步，UE 确定找到的小区所使用的确切的基本扰码。基本扰码是通过在 CPICH 上对识别的码组内的所有的码按符号相关而得到的。在基本扰码被识别后，则可检测到基本 CCPCH 了。系统和小区特定的 BCH 信息也就可以读取出来了。

如果 UE 已经收到了有关扰码的信息，那么步骤二和三可以简化。

2. 公共信道同步

所有公共物理信道的无线帧定时都可以在小区搜索完成之后确定。在小区搜索过程中可以得到 P-CCPCH 的无线帧定时，然后根据给出的其它公共物理信道与 P-CCPCH 的相对定时关系确定这些信道的定时。

3. 专用信道同步

在公共信道同步完成后，在业务建立及其它相关过程中，UE 可以根据相应的协议规则，完成上行和下行的专用信道同步。

5.5.2 寻呼过程

终端注册到网络之后，就会分配一个寻呼组中，如果有寻呼信息要发送任何属于该寻呼组的终端时，寻呼指示 (PI) 就会周期性地在寻呼指示信道 (PICH) 中出现。

终端检测到 PI 后，会对在 S-CCPCH 中发送的下一个 PCH 帧进行译码以察看是否有发送给它的寻呼信息。当 PI 接收指示判决可靠性较低时，终端也需要对 PCH 进行译码。寻呼的间隔如图 5-34 所示。

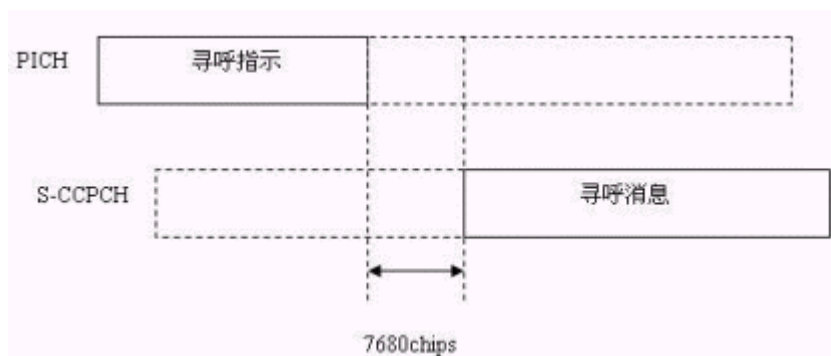


图5-34 PICH 和 PCH 的关系

PI 出现得越少，将终端从冬眠模式中唤醒的次数就少，电池的寿命就越长，显然，折中方案在于对网络产生的呼叫的响应时间。但是寻呼指示的间隔增长，并不会电池的寿命无限增长，因为终端在空闲模式时还有其他任务需要处理。

5.5.3 随机接入过程

CDMA 系统的随机接入过程必须要克服远近效应的问题，因为在初始化传输时并不知道发送所需要的功率值。利用开环功率控制的原理，根据接收功率测量得到的绝对功率来设定发射功率的值会有很大的不确定性。UTRA 的 RACH 具有以下的操作过程：

- 终端对 BCH 进行解码，找出可用的 RACH 子信道及扰码和特征符号；
- 终端从可用的接入组随机选择一个 RACH 子信道，终端还要从可用的特征符号中随机地选择一个特征符号；
- 终端测量下行链路的功率电平，根据开环功率控制算法，设定上行的 RACH 初始功率电平；
- 在接入前导（Preamble）中发送选择的特征码；
- 终端对 AICH 进行解码，查看基站给的 1dB 的倍数步长增加前导的发射功率，前导将在下一个可用的接入时隙中重新发送；
- 当检测到基站的 AICH 时，终端开始发送 RACH 传输的 10ms 或 20ms 的消息部分。

RACH 过程如图 5-35 所示，其中终端一直发送前导直到接收到 AICH 中的确认，接着终端开始发送消息部分。

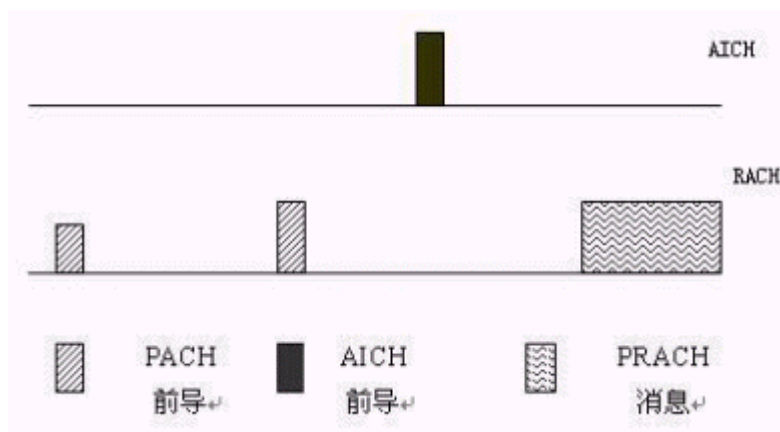


图5-35 PRACH 的前导的功率变化与消息的传输

在 RACH 传输数据时，扩频因子和数据速率在帧之间是可变的；这由 PRACH 中控制部分上的 TFCI 所指示。可用的扩频因子可以从 256 到 32，因此，RACH 中单帧可以有 1200 个信道符号，根据信道编码，这些符号可映射为 600 或 400 个比特。对于最大的比特数目，可达到的覆盖范围小于以最小速率传输可达到的覆盖范围，尤其当 RACH 没有在专用信道中使用宏分集时。

5.5.4 CPCH 接入过程

上行链路公共分组信道(CPCH)的操作与 RACH 相似，主要的区别在于 CPCH 还有与 PRACH 的前导符号结构相似的第一层碰撞检测 (CD)。

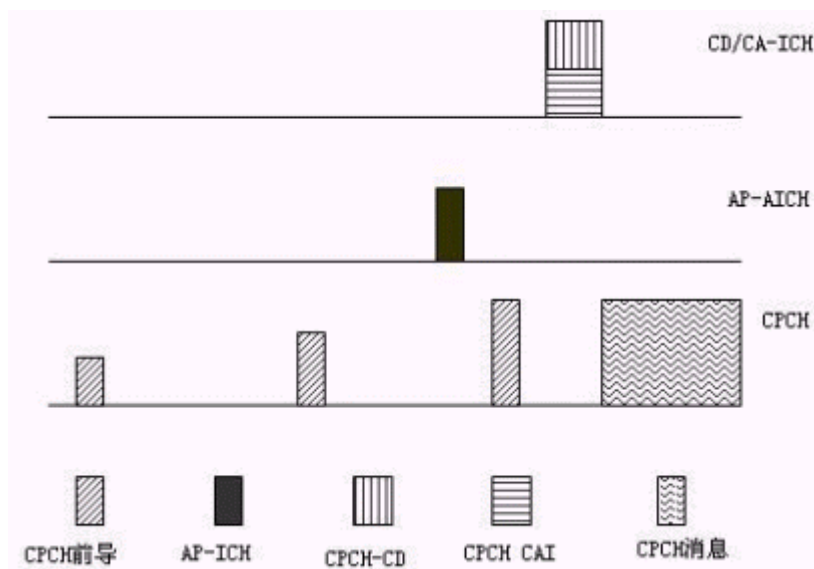


图5-36 CPCH 信道接入过程

为了减少碰撞的发生和降低干扰，在新版本的协议中，为 CPCH 信道新增了 CPCH 状态指示信道（CSICH）。CSICH 是一个基站发射的独立信道，它具有指示不同 CPCH 信道状态的指示比特。当所有的 CSICH 信道被占用时，它避免了不必要的接入尝试，所以它提高了 CPCH 的吞吐量。只有 CSICH 信道指示有 CPCH 空闲可用时，UE 才能在上行 CPCH 信道上发出随机接入前导。

- 在终端检测到 AICH 之前，CPCH 操作与 RACH 相同，如图 5-36 所示；
- 之后终端会以相同的功率电平发送具有另一个特征序列的碰撞检测前导（CD），该特征序列是从给定的特征序列集中随机选取的；
- 接着，基站会在 CD 指示信道（CD-ICH）中发送相同的特征序列来回应终端，这一方法可以减小第一层的碰撞概率；
- 终端在 CD 指示信道（CD-ICH）上收到基站的正确回应之后，进行 CPCH 消息部分的传输，传输可能会持续几个帧。
- CPCH 信道分配指示信道（CPCH-CAI）是系统的一个可选项，它以信道分配的形式指示终端使用未被其他接入过程占用的 CPCH 信道。CA 消息与碰撞检测消息并行发送。

为什么需要在 CPCH 中使用碰撞检测机制，而在 RACH 信道中可以没有？

首先，长时间的传输需要物理层的碰撞检测机制。在 RACH 过程中，只有一个 RACH 消息可能会因碰撞而丢失，但在 CPCH 过程中，未检测到的碰撞会造成发送的几个帧丢失，并引起额外的干扰。

其次，CPCH 的快速功控有助减小数据传输引起的干扰，同时也强调了 CPCH 中加入碰撞检测机制的重要性。如果某一终端以使用于其他终端的功率控制命令调整功率，并在几个帧的时间内发送数据，就会在小区中造成严重的干扰，尤其高数据速率传输时，干扰将更加严重。

在 CPCH 消息部分传输开始之前，有一段长度可选的功率控制前导作为可选部分，为了功率控制的收敛速度更快，8 个时隙的功率控制前导使用 2dB 的步长。

CPCH 传输需要限制最大持续时间，这是因为 CPCH 不支持软切换和压缩模式进行频率内和系统内的测量，过长的传输可能造成掉话和强干扰。UTRAN 在业务协商时设定最大的 CPCH 传输。

5.5.5 下行发射分集

1. 基于空间时间块编码的发射天线分集(STTD)

下行开环发射分集采用了基于空间时间块编码的发射分集(STTD)。在 UTRAN 中，STTD 编码为可选项。在 UE 处对 STTD 的支持为必选项。

在 4 个连续的信道比特块中使用 STTD 编码，信道比特 b_0, b_1, b_2, b_3 的通用 STTD 编码器的框图如图 5-37 所示。信道编码、速率匹配和交织是在非分集模式下进行的。

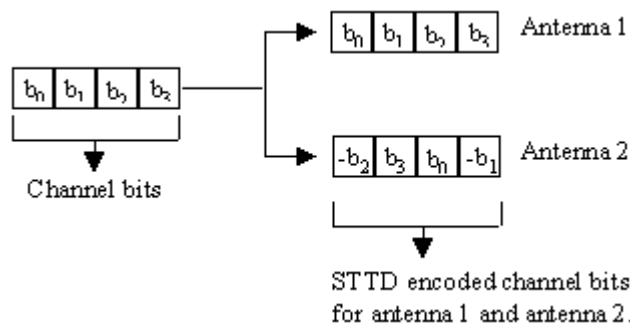


图5-37 STTD 编码器的通用模块框图

2. 用于 SCH 的时间切换的发射分集(TSTD)

发射分集，以时间切换的发射分集的形式(TSTD)，可以用于 SCH。在 UTRAN 中，用于 SCH 的 TSTD 为可选项。在 UE，对 TSTD 的支持为必选项。

图 5-38 表示了使用 TSTD 方案进行发射的 SCH 的结构。在偶数时隙 PSC 和 SSC 都在天线 1 上进行发射，而在奇数时隙 PSC 和 SSC 在天线 2 上进行发射。

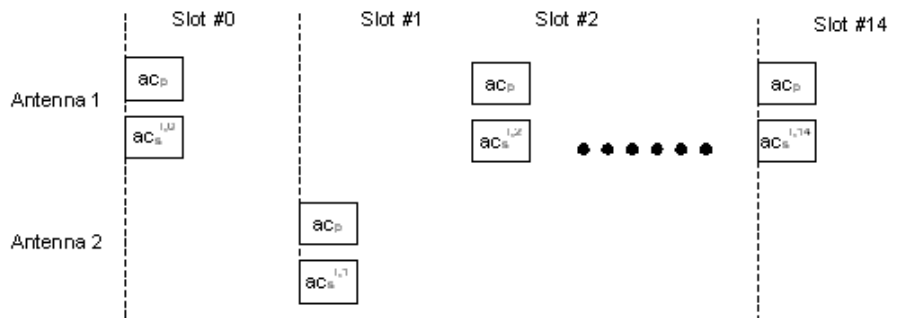


图5-38 用 TSTD 方案进行发射的 SCH 结构

3. 闭环模式发射分集

支持 DPCH 闭环模式发射分集的发射机的大概结构如图 5-39 所示。信道编码、交织和扩频与非分集模式相同。扩频后的复信号送到两个发射天线，并被天线的特定复数加权因子 w_1 和 w_2 加权。加权因子由 UE 决定，并利用上行 DPCH 的 FBI 字段的 D 个比特通知 UTRAN 小区收发信机。

闭环模式发射分集关键是加权因子的计算，按加权因子计算方法不同分为两种模式：

- 模式 1 采用相位调整量；两个天线发射 DPCCH 的专用导频符号不同(正交)；
- 模式 2 采用相位/幅度调整量；两个天线发射 DPCCH 的专用导频符号相同。

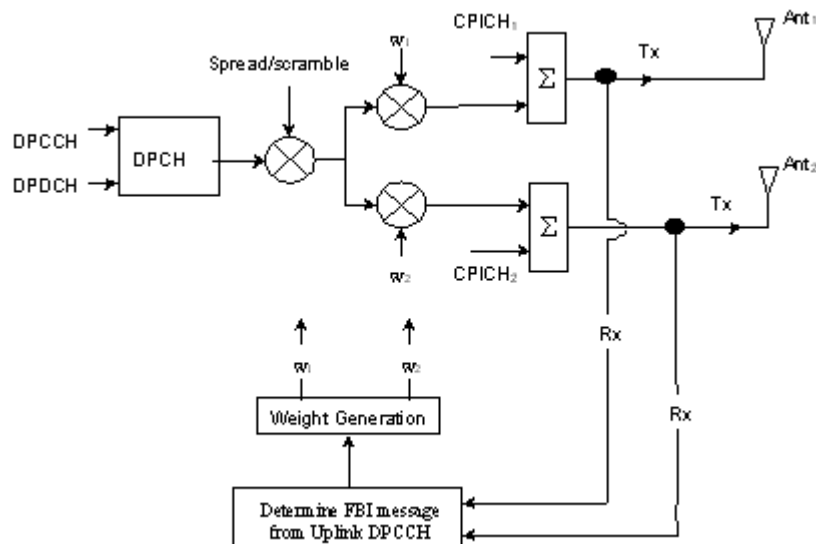


图5-39 支持 DPCH 闭环模式发射分集的下行发射机的大概结构

表 5-2总结了在不同的下行物理信道类型上可能应用的开环和闭环发射分集模式。不允许在同一个物理信道上同时使用 STTD 和闭环模式。并且，如果在任何一个下行物理信道上使用了发射分集，那么在 P-CCPCH 和 SCH 也将使用发射分集。

此外，在 PDSCH 帧上使用的发射分集模式必须和与此 PDSCH 帧随路的 DPCH 上使用的发射分集模式相同。在 PDSCH 帧的持续时间内，和在此 PDSCH 帧前的一个时隙内，在随路的 DPCH 上的发射分集模式（开环或闭环）是不可以改变的。然而从闭环模式 1 转到闭环模式 2 或反之，都是允许的。

下行物理信道上分集模式的应用"√"表示可以应用,"X"表示不可应用。

表5-2 物理信道类型与发射分集模式

物理信道类型	开环发射分集模式		闭环发射分集模式
	TSTD	STTD	
P-CCPCH	X	√	X



SCH	√	X	X
S-CCPCH	X	√	X
DPCH	X	√	√
PICH	X	√	X
PDSCH	X	√	√
AICH	X	√	X
CSICH	X	√	X