

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1544.3-2007

2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口物理层技术要求（第一阶段） 第 3 部分：复用与信道编码

Technical Specification for Uu Interface of 2GHz WCDMA Digital
Cellular Mobile Communication Network Physical Layer (Phase I)
Part 3: Multiplexing and Channel Coding

(3GPP R99 TS25.212 v3.b.0, IDT)

2007-05-16 发布

2007-05-16 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号和缩略语	1
4 复用、信道编码和交织	3
4.1 概述	3
4.2 传输信道编码/复用	4
4.3 传输格式检测	38
4.4 压缩模式	42
附 录 A(规范性附录) 盲传输检测	46
附 录 B(规范性附录) 压缩模式的等待时间	48
参考文献	50

前 言

本部分是标准《2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口物理层技术要求（第一阶段）》的一部分。该标准共分为 6 个部分：

- 第1部分：总则
- 第2部分：物理信道和传输信道到物理信道的映射
- 第3部分：复用与信道编码
- 第4部分：扩频与调制
- 第5部分：物理层过程
- 第6部分：测量

本标准是 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网系列标准之一，该系列标准的结构和名称预计如下：

- 1.YD/T1374-2007 2GHz TD-SCDMA/WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Iu 接口技术要求（第二阶段）
- 2.YD/T1543-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Iu 接口技术要求（第一阶段）
- 3.YD/T1544-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口物理层技术要求（第一阶段）
- 4.YD/T1545-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口层二技术要求（第一阶段）
- 5.YD/T1546-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口 RRC 层技术要求（第一阶段）
- 6.YD/T1547-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 终端设备技术要求（第二阶段）
- 7.YD/T1548-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第二阶段）
- 8.YD/T1549-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Iur 接口测试方法（第一阶段）
- 9.YD/T1550-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Iub 接口技术要求（第一阶段）
- 10.YD/T1551-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Iub 接口测试方法（第一阶段）
- 11.YD/T1552-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 无线接入网络设备技术要求（第一阶段）
- 12.YD/T1553-2007 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 无线接入网络设备测试方法（第一阶段）

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

本部分等同采用 3GPP TS 25. 212 v3.b.0 Multiplexing and channel coding (FDD)。

本部分的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：信息产业部电信研究院、华为技术有限公司、宁波波导股份有限公司

本部分主要起草人：徐 菲、张 翔、李志明、沈 玮、任 伟

2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网

Uu 接口物理层技术要求（第一阶段）

第 3 部分：复用与信道编码

1 范围

本部分规定了 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口物理层的复用与信道编码。

本部分适用于 2GHz WCDMA 数字蜂窝移动通信网中 Uu 接口物理层部分的开发、生产、引进和购买。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准中的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

3 术语、定义、符号和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分：

传输间隔（transmission gap, TG）：通过减少传输时间方法得到的连续空时隙称为传输间隔。传输间隔包含在一个或两个连续无线帧内。

传输间隔长度（transmission gap length, TGL）：传输时间减少方法得到的连续空时隙的数目称为传输间隔长度。 $0 \leq TGL \leq 14$ 。包含传输间隔第一个空时隙和最后一个空时隙的无线帧的连接帧号分别是 N_{first} 和 N_{last} ，传输间隔的长度可以根据参考文献[5]描述的压缩模式的参数进行计算。

传输信道号（transport channel number, TCN）：传输信道号在层 1 上下文中标识一个 TrCH。层 3 的传输信道标识（TrCH ID）映射到层 1 的传输信道号，其映射关系如下：TrCH 1 对应于 TrCH ID 最小的 TrCH，TrCH 2 对应于 TrCH ID 次小的 TrCH，依次类推。

3.2 符号

下列符号适用于本部分：

$\lceil x \rceil$ 不小于 x 的最大整数值，即满足如下条件的整数： $x \leq \lceil x \rceil < x+1$

$\lfloor x \rfloor$ 不大于 x 的最大整数值，即满足如下条件的整数： $x-1 < \lfloor x \rfloor \leq x$

$|x|$ x 的绝对值

$\text{sgn}(x)$: sgn 函数,
$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1; & x \geq 0 \\ -1; & x < 0 \end{cases}$$

N_{first} : 传输间隔的起始时隙；

N_{last} : 传输间隔的终止时隙

N_{tr} Number of transmitted slots in a radio frame.

除非另外说明，以下字符的含义为：

i TrCH 编号；

j TFC 编号；

k Bit 编号；

l TF 编号；

m 传输块编号；

n_i TrCH i 中的无线帧个数；

p PhCH 编号；

r 编码块编号；

I 一个 CCTrCH 中的 TrCH 个数；

C_i 在一个 TTI 中，TrCH i 的编码块个数；

F_j 在一个 TTI 中，TrCH i 中的无线帧个数；

M_i 在一个 TTI 中，TrCH i 中的传输块个数；

$N_{data,j}$ 当 TFC 取 j 时，一个无线帧中可用于 CCTrCH 的数据比特个数；

$N_{data,j}^{cm}$ 当 TFC 取 j 时，一个压缩无线帧中可用于 CCTrCH 的数据比特个数；

P 一个 CCTrCH 所用的 PhCH 信道个数；

PL: 上行打孔上限，由高层信令配置；

临时变量：

x, X ；

y, Y ；

z, Z 。

3.3 缩略语

本部分使用了以下缩略语：

ARQ	Automatic Repeat Request	自动重发请求
BCH	Broadcast Channel	广播信道
BER	Bit Error Rate	误比特率
BLER	Block Error Rate	误块率
BS	Base Station	基站
CCPCH	Common Control Physical Channel	公共控制物理信道
CCTrCH	Coded Composite Transport Channel	码组合传输信道
CFN	Connection Frame Number	连接帧号
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
DCH	Dedicated Channel	专用信道
DL	Downlink (Forward Link)	下行链路 (前向链路)
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel	专用物理控制信道
DPCH	Dedicated Physical Channel	专用物理信道

DPDCH	Dedicated Physical Data Channel	专用物理数据信道
DS-CDMA	Direct-Sequence Code Division Multiple Access	直扩码分多址
DSCH	Downlink Shared Channel	下行共享信道
DTX	Discontinuous Transmission	不连续发射
FACH	Forward Access Channel	前向接入信道
FDD	Frequency Division Duplex	频分双工
FER	Frame Erasure Rate, Frame Error Rate	帧删除率, 误帧率
GF	Galois Field	Galois(伽罗华)域
MAC	Medium Access Control	媒质接入控制
Mcps	Mega-chips Per second	每秒兆码片
MS	Mobile Station	移动台
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor	正交可变扩频因子
PCCC	Parallel Concatenated Convolutional Code	并行级联卷积码
PCH	Paging Channel	寻呼信道
PhCH	Physical Channel	物理信道
PRACH	Physical Random Access Channel	物理随机接入信道
RACH	Random Access Channel	随机接入信道
RSC	Recursive Systematic Convolutional Coder	递归系统卷积编码器
RX	Receive	接收
SCH	Synchronization Channel	同步信道
SF	Spreading Factor	扩频因子
SFN	System Frame Number	系统帧号
SIR	Signal to Interference Ratio	信干比
SNR	Signal to Noise Ratio	信噪比
TF	Transport Format	传输格式
TFC	Transport Format Combination	传输格式组合
TFCI	Transport Format Combination Indicator	传输格式组合指示
TPC	Transmit Power Control	发射功率控制
TrCH	Transport Channel	传输信道
TTI	Transmission Timing Interval	传输时间间隔
TX	Transmit	发射
UL	Uplink (Reverse Link)	上行链路(反向链路)

4 复用、信道编码和交织

4.1 概述

来自/去往 MAC 和高层的数据流(传输块/传输块集)将被编码/解码以在无线传输链路上提供传输服务。信道编码方案由差错检测、差错纠正、速率匹配、交织及“传输信道到物理信道的映射”和“物理信道到传输信道的分段”组成。

4.2 传输信道编码/复用

到达编码/复用单元的数据以传输块集的形式传输，在每个传输时间间隔传输一次。传输时间间隔从集合{10 ms, 20 ms, 40 ms, 80 ms}中取值。

编码/复用的步骤如下：

给每个传输块加 CRC(见 4.2.1 节)；

传输块级联和码块分段(见 4.2.2 节)；

信道编码(见 4.2.3 节)；

无线帧的均衡(见 4.2.4 节)；

速率匹配(见 4.2.7 节)；

插入非连续传输 DTX 指示比特(见 4.2.9 节)；

交织(分两步，见 4.2.5 节和 4.2.11)；

无线帧分段(见 4.2.6 节)；

传输信道的复用(见 4.2.8 节)；

物理信道的分割(见 4.2.10 节)；

到物理信道的映射(见 4.2.12 节)；

用于上行链路和下行链路的编码/复用步骤分别如图 1 和图 2 所示。

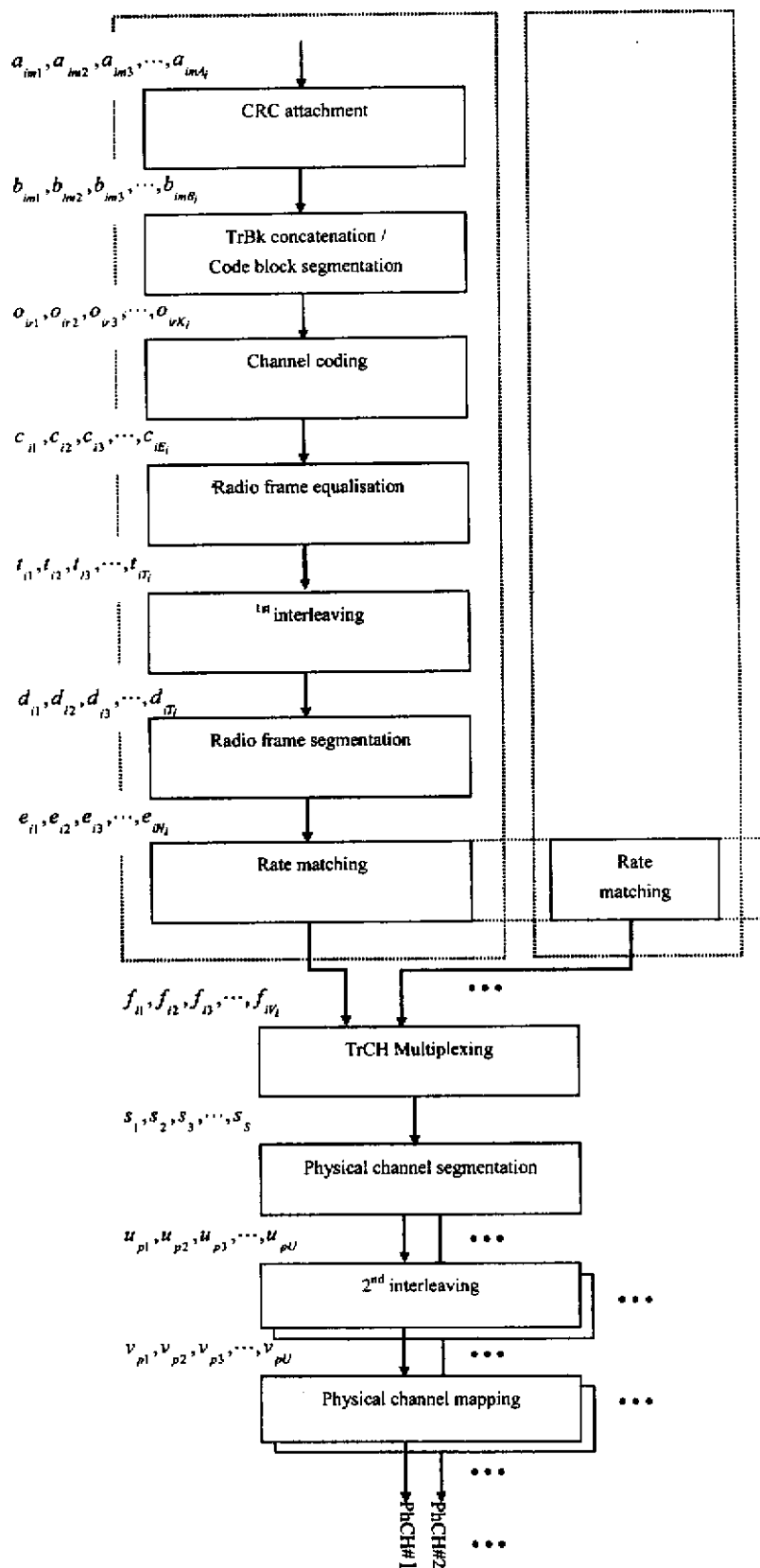


图 1 用于上行链路的传输信道复用结构

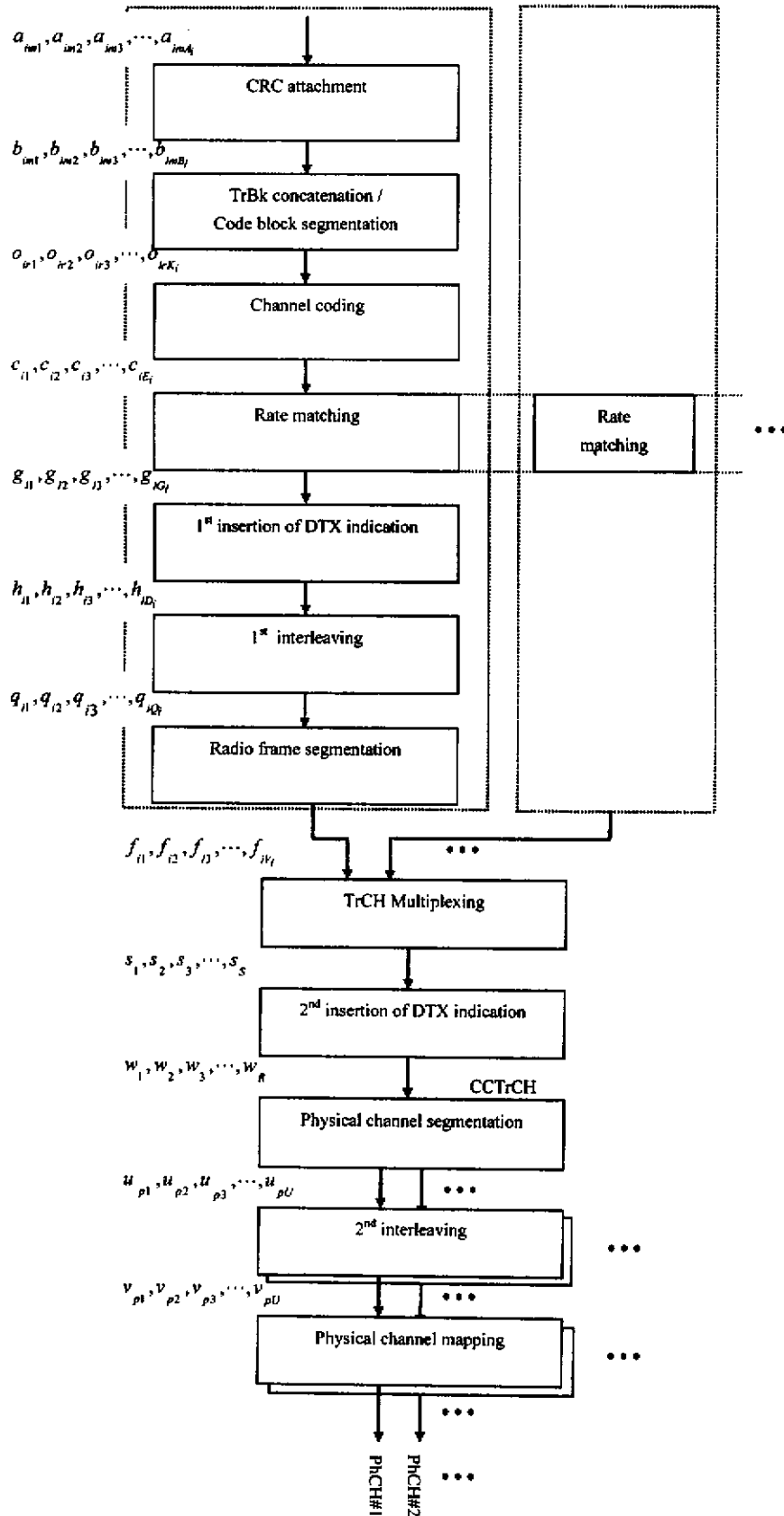


图2 用于下行链路的传输信道复用结构

来自 TrCH 复用的单个输出数据流（下行链路中包括不连续传输指示比特），用“码组合传输信道（CCTrCH）”表示，一个 CCTrCH 可以映射到一个或多个物理信道。

4.2.1 CRC 附加

差错检测功能通过传输块上的循环冗余校验（CRC）来提供。CRC 长为 24、16、12、8 或 0bit，每个 TrCH 使用的 CRC 长度由高层信令给出。

4.2.1.1 CRC 计算

整个传输块被用来计算每个传输块的 CRC 校验比特。校验比特通过下面的循环生成多项式产生：

$$g_{\text{CRC24}}(D) = D^{24} + D^{23} + D^6 + D^5 + D + 1$$

$$g_{\text{CRC16}}(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$$

$$g_{\text{CRC12}}(D) = D^{12} + D^{11} + D^3 + D^2 + D + 1$$

$$g_{\text{CRC8}}(D) = D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1$$

在一个传输块中传递给层 1 的比特用 $a_{im1}, a_{im2}, a_{im3}, \dots, a_{imA_i}$ 来表示，校验比特用 $p_{im1}, p_{im2}, p_{im3}, \dots, p_{imL_i}$ 来表示。 A_i 为传输块 TrCH i 的长度， m 为传输块的编号， L_i 是校验比特的长度，它的取值将根据高层信令来取值，可以为 24, 16, 12, 8 或 0。

编码在 GF(2) 中通过下面的多项式进行：

$$a_{im1}D^{A+23} + a_{im2}D^{A+22} + \dots + a_{imA_i}D^{24} + p_{im1}D^{23} + p_{im2}D^{22} + \dots + p_{im23}D^1 + p_{im24}$$

除以 $g_{\text{CRC24}}(D)$ 产生的余数等于 0；下面的多项式

$$a_{im1}D^{A+15} + a_{im2}D^{A+14} + \dots + a_{imA_i}D^{16} + p_{im1}D^{15} + p_{im2}D^{14} + \dots + p_{im15}D^1 + p_{im16}$$

除以 $g_{\text{CRC16}}(D)$ 产生的余数等于 0；下面的多项式

$$a_{im1}D^{A+11} + a_{im2}D^{A+10} + \dots + a_{imA_i}D^{12} + p_{im1}D^{11} + p_{im2}D^{10} + \dots + p_{im11}D^1 + p_{im12}$$

除以 $g_{\text{CRC12}}(D)$ 产生的余数等于 0；下面的多项式

$$a_{im1}D^{A+7} + a_{im2}D^{A+6} + \dots + a_{imA_i}D^8 + p_{im1}D^7 + p_{im2}D^6 + \dots + p_{im7}D^1 + p_{im8}$$

除以 $g_{\text{CRC8}}(D)$ 产生的余数等于 0。

如果 $M_i = 0$ ，即没有传输块进入 CRC 校验单元，则不需要附加 CRC 校验比特；

如果 $M_i \neq 0$ ，即有传输块进入 CRC 校验单元，但是传输块为空块（即 $A_i = 0$ ），则可以根据高层指示增加 24、16、12、8 或 0 个校验比特，这些附加比特值为 0。

4.2.1.2 带有 CRC 的码块输入和输出的关系

附加了 CRC 后的比特用 $b_{im1}, b_{im2}, b_{im3}, \dots, b_{imB_i}$ 来表示，其中 $B_i = A_i + L_i$ 。 a_{imk} 和 b_{imk} 之间的关系为：

$$b_{imk} = a_{imk}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, A_i$$

$$b_{imk} = p_{im(L_i + 1 - (k - A_i))}, \quad k = A_i + 1, A_i + 2, A_i + 3, \dots, A_i + L_i$$

4.2.2 传输块的级联和码块分段

在一个 TTI 中的所有传输块都是顺序级联起来的。如果在一个传输时间间隔（TTI）中的比特数比 Z 大，那么在传输块的级联后将进行码块分段。码块的最大尺寸根据传输信道（TrCH）使用卷积编码或 Turbo 编码而定。

4.2.2.1 传输块的级联

输入到传输块级联的比特用 $b_{im1}, b_{im2}, b_{im3}, \dots, b_{imB_i}$ 来表示，其中 i 为传输信道号， m 为传输块号，而 B_i 为每个块中的比特数。在传输信道 i 上的传输块数用 M_i 来表示。级联后的比特用 $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{iX_i}$ 来表示，其中 i 为传输信道号，而且 $X_i = M_i B_i$ 。

各参数间的关系定义如下:

$$x_{ik} = b_{ik} \quad k = 1, 2, \dots, B_i;$$

$$x_{ik} = b_{i,2,(k-B_i)} \quad k = B_i + 1, B_i + 2, \dots, 2B_i;$$

$$x_{ik} = b_{i,3,(k-2B_i)} \quad k = 2B_i + 1, 2B_i + 2, \dots, 3B_i;$$

...

$$x_{ik} = b_{i,M_i,(k-(M_i-1)B_i)} \quad k = (M_i-1)B_i + 1, (M_i-1)B_i + 2, \dots, M_iB_i。$$

4.2.2.2 码块分段

如果 $X_i > Z$, 那么来自传输块级联后的比特序列将进行分段, 分段后的码块有相同的尺寸。在传输信道 i 上的码块号用 C_i 来表示。如果输入到分段功能的比特数 X_i 不是 C_i 的整数倍, 那么在第一块的开始处补充一些比特。如果使用 Turbo 码, 且 $X_i < 40$, 在码块的开始处加入补充比特。填充比特也将被传输, 且总是为 0。最大的码块尺寸为: 卷积编码 $Z = 504$; turbo 编码 $Z = 5114$ 。

来自码块分段输出的比特, 当 $C_i \neq 0$ 时, 用 $o_{ir1}, o_{ir2}, o_{ir3}, \dots, o_{irK_i}$ 来表示, 其中 i 为传输信道号, r 为码块号, 而 K_i 为每个编码块比特数。

码块的数量:

$$C_i = \lceil X_i / Z \rceil$$

每个码块中的比特数(仅当 $C_i \neq 0$ 时):

如果 $X_i < 40$, 而且使用 Turbo 码, 则 $K_i = 40$

否则,

$$K_i = \lceil X_i / C_i \rceil。$$

补充的比特数: $Y_i = C_i K_i - X_i$

for $k=1$ to Y_i ——补充比特的插入

$$o_{ik} = 0$$

end for

for $k=Y_i+1$ to K_i

$$o_{ik} = x_{i,(k-Y_i)}$$

end for

$r = 2$ ——分段

while $r \leq C_i$

for $k=1$ to K_i

$$o_{irk} = x_{i,(k+(r-1)K_i-Y_i)}$$

end for

$r = r + 1$

end while

4.2.3 信道编码

码块被发送到信道编码模块。用 $o_{ir1}, o_{ir2}, o_{ir3}, \dots, o_{irK_i}$ 标记, i 是 TrCH 号, r 是码块号, K_i 是每一个码

块的比特数。 C_i 是传输信道 i 上的码块数。编码完成之后的比特标记为 $y_{ir1}, y_{ir2}, y_{ir3}, \dots, y_{irY_i}$, Y_i 是编码后的比特数。 a_{irk} 和 y_{irk} 及 K_i 和 Y_i 之间的关系依赖于信道编码方案。

TrCH 根据以下的信道编码方案进行编码：卷积编码；turbo 编码。

表 1 中显示了不同类型的 TrCH 的编码方案和编码速率。

每一种编码方案中的 Y_i 值为：

- 卷积编码：速率为 1/2 时， $Y_i = 2 \times K_i + 16$ ；速率为 1/3 时， $Y_i = 3 \times K_i + 24$ 。
- turbo 编码：速率为 1/3 时， $Y_i = 3 \times K_i + 12$ 。

表 1 信道编码调度与编码效率的用法

传输信道 (Trch) 类型	编码方案	编码速率
广播信道 (BCH)	卷积编码	1/2
寻呼信道 (PCH)		
随机接入信道 (RACH)		
公共物理信道 CPCH, DCH, DSCH, FACH	卷积编码	1/3, 1/2
	Turbo 编码	1/3

4.2.3.1 卷积编码

约束长度 $K=9$, 编码率为 1/3 和 1/2。

卷积编码的结构如图 3 所示。

当卷积编码率为 1/3 时, 卷积编码的输出将按 output0, output1, output2, output0, output1, ..., output2 的次序进行。当卷积编码率为 1/2 时, 卷积编码的输出将按 output0, output1, output0, output1, ..., output1 的次序。

编码前码块的末端将加 8 个全 0 的尾比特。

编码器的移位寄存器的初始值将“全为 0”。

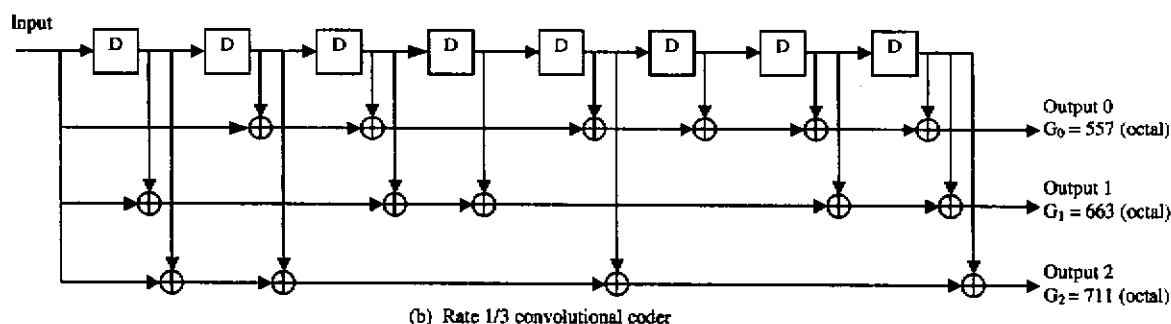
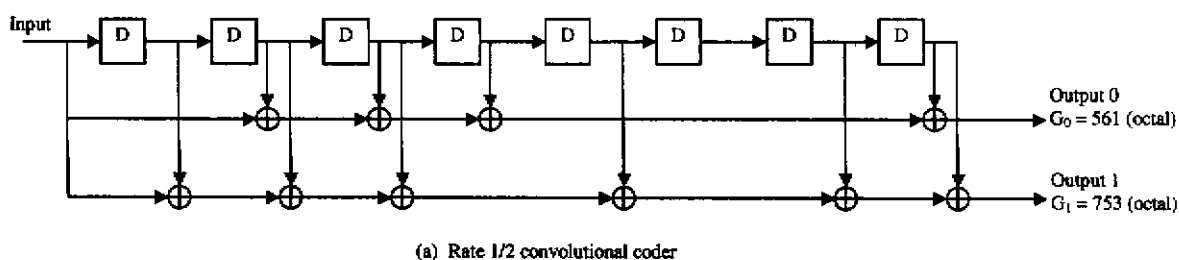


图 3 速率 1/2 和速率 1/3 卷积码编码器

4.2.3.2 Turbo 编码

4.2.3.2.1 Turbo 编码器

Turbo 编码方案采用并行级联卷积码(PCCC)，它由 8 状态子编码器和一个 Turbo 码内交织器组成。Turbo 码的编码速率是 1/3。Turbo 编码结构见图 4。

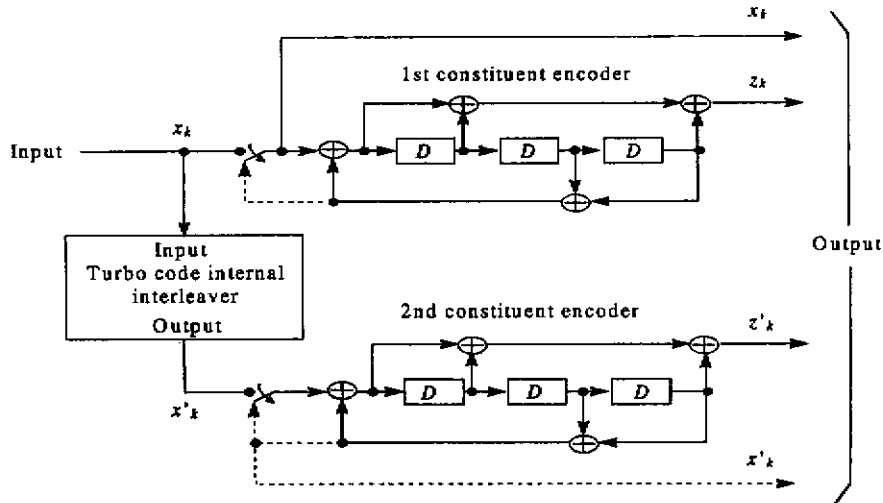


图 4 速率 1/3 Turbo 编码器结构 (虚线只在格栅终止时用到)

用于并行级联卷积码(PCCC)的 8 状态子编码器的传递函数为：

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1, & g_1(D) \\ & g_0(D) \end{bmatrix}$$

其中，

$$g_0(D) = 1 + D^2 + D^3; \quad g_1(D) = 1 + D + D^3。$$

并行级联卷积码编码器的移位寄存器的初始值将全为 0。

Turbo 编码器的输出：

$$x_1, z_1, z_1', x_2, z_2, z_2', \dots, x_K, z_K, z_K'$$

这里， x_1, x_2, \dots, x_K 是输入到第一个 8 状态编码器和 Turbo 码内交织器的比特， K 是比特数，而 z_1, z_2, \dots, z_K 和 z_1', z_2', \dots, z_K' 分别是第一个和第二个 8 状态子编码器的输出比特。

Turbo 码内交织器的比特输出可以表示为 x_1', x_2', \dots, x_K' ，这些输出可以输入到第二个 8 状态子编码器。

4.2.3.2.2 格栅终止 Turbo 编码

格栅终止的操作是在所有的信息比特编码后，从移位寄存器反馈中得到尾比特而实现的，尾比特在信息比特编码后加入。

最开始的 3 个尾比特将在第 2 个子编码器不工作时，用于终止第 1 个子编码器(图 4 中上面的开关打到上端时)，最后 3 个尾比特将在第 1 个子编码器不工作时，用于终止第 2 个子编码器(图 4 中下面的开关打到下端时)。

因此格栅终止的输出比特为：

$$x_{K+1}, z_{K+1}, x_{K+2}, z_{K+2}, x_{K+3}, z_{K+3}, x'_{K+1}, z'_{K+1}, x'_{K+2}, z'_{K+2}, x'_{K+3}, z'_{K+3}$$

4.2.3.2.3 Turbo 码内交织器

Turbo 码内交织器由比特输入矩阵、矩阵的行内置换和行间置换、矩阵修正后的比特输出这几部分组成。Turbo 码内交织器的输入标记为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_K$ ，其中 K 是比特数，范围是 $40 \leq K \leq 5114$ 。信道编码的输入比特和 Turbo 码内部交织器的输入比特之间的关系为 $x_k = o_{irk}$ ， $K = K_i$ 。

下面是 4.2.3.2.3.1 和 4.2.3.2.3.3 中要用到的符号：

K Turbo 码内交织器的输入比特数；

R 矩阵的行数；

C 矩阵的列数；

p 质数；

v 质根；

$\langle s(j) \rangle_{j \in \{0,1,\dots,p-2\}}$ 行内置换的基序列；

q_i 最小质数；

r_i 改变序列后的质数；

$\langle T(i) \rangle_{i \in \{0,1,\dots,R-1\}}$ 行间置换模式；

$\langle U_i(j) \rangle_{j \in \{0,1,\dots,C-1\}}$ 行内置换模式；

i 矩阵的行索引号；

j 矩阵的列索引号；

k 比特序列的索引号。

其中，质数 p 与相关质数根 v 之间的关系如表 2 所示。

4.2.3.2.3.1 输入矩阵的比特

输入到 Turbo 码内交织器的比特按以下规则输入到矩阵中：

(1) 按下式决定矩阵的行数 R

$$R = \begin{cases} 5, & 40 \leq K \leq 159 \\ 10, & 160 \leq K \leq 200 \text{ 或 } 481 \leq K \leq 530 \\ 20, & K = \text{其他} \end{cases}$$

矩阵的行从顶至底依次为 0, 1, 2, ..., $R-1$ 。

(2) 按下列规则决定矩阵的列数

if ($481 \leq K \leq 530$) then

$$p = 53 \text{ and } C = p$$

else

按下述方法寻找最小素数

$$K \leq R \times (p+1)$$

按如下办法确定 C

$$C = \begin{cases} p-1 & \text{if } K \leq R \times (p-1) \\ p & \text{if } R \times (p-1) < K \leq R \times p \\ p+1 & \text{if } R \times p < K \end{cases}$$

end if

矩阵从左到右的列数可标为 0, 1, 2, ..., C-1。

表2 质数 p 与相关质数根 v 之间的对应关系

p	v	p	v	p	v	p	v	p	v
7	3	47	5	101	2	157	5	223	3
11	2	53	2	103	5	163	2	227	2
13	2	59	2	107	2	167	5	229	6
17	3	61	2	109	6	173	2	233	3
19	2	67	2	113	3	179	2	239	7
23	5	71	7	127	3	181	2	241	7
29	2	73	5	131	2	191	19	251	6
31	3	79	3	137	3	193	5	257	3
37	2	83	2	139	2	197	2		
41	6	89	3	149	2	199	3		
43	3	97	5	151	6	211	2		

(3) 将输入比特序列 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_K$ 按行写入到 $R \times C$ 矩阵中, 第一个比特 y_1 放在第 0 行、第 0 列。

$$\begin{bmatrix} y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_C \\ y_{(C+1)} & y_{(C+2)} & y_{(C+3)} & \dots & y_{2C} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{((R-1)C+1)} & y_{((R-1)C+2)} & y_{((R-1)C+3)} & \dots & y_{R \times C} \end{bmatrix}$$

其中对于 $k=1, 2, \dots, K$ 时, $y_k=x_k$; 且当 $R \times C > K$, 填充伪比特, 对于 $k=K+1, K+2, \dots, R \times C$, $y_k=0$ 或 1。经行内置换和行间置换后, 从矩阵的输出中删除这些伪比特。

4.2.3.2.3.2 行间和行内置换

当输入比特写入矩阵后, $R \times C$ 矩阵按下述算法进行行内和行间置换。

(1) 从表 2 中选择一个初始根 v 。

(2) 按下式为行内置换构建基序列 $\langle s(j) \rangle_{j \in \{0, 1, \dots, p-2\}}$:

$$s(j) = (v \times s(j-1)) \bmod p, \quad j = 1, 2, \dots, (p-2), \quad s(0) = 1。$$

(3) 设质数集 $\langle q_i \rangle_{i \in \{0, 1, \dots, R-1\}}$ 的第一个质数为 $q_0=1$, 根据下式选择满足条件的连续的最小质数

$$\langle q_i \rangle_{i \in \{0, 1, \dots, R-1\}}:$$

$\text{g.c.d}\{q_i, p-1\} = 1, q_i > 6$, 和 $q_i > q_{(i-1)}, i = 1, 2, \dots, R-1$,

这里 g.c.d 是最大公约数。

(4) 按下列关系将 $\langle q_i \rangle_{i \in \{0, 1, \dots, R-1\}}$ 转换为 $\langle r_i \rangle_{i \in \{0, 1, \dots, R-1\}}$

$$r_{T(i)} = q_i, \quad i = 0, 1, \dots, R-1,$$

这里 $\langle T(i) \rangle_{i \in \{0,1,\dots,R-1\}}$ 根据表 3 中, 依据输入比特数 K 定义的 4 种行间置换模式中的一种。

表 3 Turbo 码内交织器的行间置换模式

输入比特数 K	行数 R	行间置换模式 $\langle T(0), T(1), \dots, T(R-1) \rangle$
$(40 \leq K \leq 159)$	5	$\langle 4, 3, 2, 1, 0 \rangle$
$(160 \leq K \leq 200)$ or $(481 \leq K \leq 530)$	10	$\langle 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 \rangle$
$(2281 \leq K \leq 2480)$ 或 $(3161 \leq K \leq 3210)$	20	$\langle 19, 9, 14, 4, 0, 2, 5, 7, 12, 18, 16, 13, 17, 15, 3, 1, 6, 11, 8, 10 \rangle$
K 为其他值	20	$\langle 19, 9, 14, 4, 0, 2, 5, 7, 12, 18, 10, 8, 13, 17, 3, 1, 16, 6, 15, 11 \rangle$

(5) 在第 $i(i=0, 1, \dots, R-1)$ 行进行行间置换,

if ($C = p$) then

$$U_i(j) = s((j \times r_i) \bmod (p-1)), \quad j = 0, 1, 2, \dots, (p-2), \quad \text{且 } U_i(p-1) = 0,$$

这里 $U_i(j)$ 是第 i 行置换后第 j 个输出比特在输入时的位置。

end if

if ($C = p + 1$) then

$$U_i(j) = s((j \times r_i) \bmod (p-1)), \quad j = 0, 1, 2, \dots, (p-2), \quad U_i(p-1) = 0, \quad \text{且 } U_i(p) = p,$$

这里 $U_i(j)$ 是第 i 行置换后第 j 个输出比特在输入时的位置,

if ($K = C \times R$) then

Exchange $U_{R-1}(p)$ with $U_{R-1}(0)$

end if

end if

if ($C = p-1$) then

$$U_i(j) = s((j \times r_i) \bmod (p-1)) - 1, \quad j = 0, 1, 2, \dots, (p-2),$$

这里 $U_i(j)$ 是第 i 行置换后第 j 个输出比特在输入时的位置。

end if

(6) 根据模式 $\langle T(i) \rangle_{i \in \{0,1,\dots,R-1\}}$ 进行行间置换, 其中, $T(i)$ 为置换后第 i 行原来的行位置。

4.2.3.2.3.3 矩阵的截断比特输出

内置换和行间置换后, 置换后矩阵的比特数可表示为 y'_k :

$$\begin{bmatrix} y'_1 & y'_{(R+1)} & y'_{(2R+1)} & \dots & y'_{((C-1)R+1)} \\ y'_2 & y'_{(R+2)} & y'_{(2R+2)} & \dots & y'_{((C-1)R+2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y'_R & y'_{2R} & y'_{3R} & \dots & y'_{CR} \end{bmatrix}$$

经过行内和行间置换的 $R \times C$ 矩阵的按列读出, 这些读出比特就是 Turbo 码内交织器的输出。从 0 行 0 列的 y'_1 开始到 $R-1$ 行 $C-1$ 列 y'_{CR} 。输出比特序列时将输入时没有的比特截去, 即截去 x_k ($k > K$) 对应的 y'_k 。从 Turbo 码内交织器输出的比特可以表示为 x'_1, x'_2, \dots, x'_K , x'_1 对应于截断后具有最小索引号的 y'_k , x'_2 对应于截短后第二小索引号的 y'_k 依次类推。Turbo 码内交织器的输出共 K bit, 截掉

的比特数为： $R \times C - K$ 。

4.2.3.3 编码块的连接

每一个码块经过信道编码后，如果 C_i 大于 1，这些码块进行级连。最小索引号 r 的码块先从信道编码模块中输出，否则，这个编码块单独输出。这些输出比特可表示为 $c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, \dots, c_{iE_i}$ ，其中， i 是传输信道号，并且 $E_i = C_i Y_i$ ，按下列关系定义输出比特：

$$\begin{aligned} c_{ik} &= y_{ilk} & k &= 1, 2, \dots, Y_i \\ c_{ik} &= y_{i,2,(k-Y_i)} & k &= Y_i + 1, Y_i + 2, \dots, 2Y_i \\ c_{ik} &= y_{i,3,(k-2Y_i)} & k &= 2Y_i + 1, 2Y_i + 2, \dots, 3Y_i \\ & \dots & & \\ c_{ik} &= y_{i,C_i,(k-(C_i-1)Y_i)} & k &= (C_i-1)Y_i + 1, (C_i-1)Y_i + 2, \dots, C_i Y_i \end{aligned}$$

如果没有码块输入到信道编码模块($C_i = 0$)，则信道编码模块没有输出 $E_i = 0$ 。

4.2.4 无线帧尺寸均衡

无线帧尺寸均衡是指对输入比特序列进行填充以保证输出可以分段成相同大小为 F_i 的数据段，无线帧尺寸均衡仅在上行链路(UL)进行。

输入到无线帧尺寸均衡的比特序列用 $c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, \dots, c_{iE_i}$ 来表示，其中 i 为传输信道号， E_i 为比特数量。输出比特序列表示为 $t_{i1}, t_{i2}, t_{i3}, \dots, t_{iT_i}$ ，其中 T_i 为比特数量。输出比特序列可由下式得到：

$$\begin{aligned} t_{ik} &= c_{ik}, \text{ for } k = 1 \dots E_i \text{ and} \\ t_{ik} &= \{0 \mid 1\} \text{ for } k = E_i + 1 \dots T_i, \text{ if } E_i < T_i \end{aligned}$$

其中

$$T_i = F_i \times N_i \text{ and}$$

$N_i = \lceil E_i / F_i \rceil$ 为尺寸均衡后每个分段的比特数量。

4.2.5 第一次交织

在打孔的压缩模式中，压缩无线帧引入一种比特，这些比特用除值 $\{0, 1, \delta\}$ 之外的第 4 个值标记，记为 p ，这些比特对应于各压缩无线帧间隙的首比特，它们在后面的复用过程中被删除，以产生间隙。在包含压缩的无线帧的 TTI 上，为了给这些 p 比特留出空间，在速率匹配时要进行额外的打孔操作。

4.2.5.1 在输入第一次交织的比特序列中添加标记比特

在正常模式，高层调度压缩模式或减少扩频因子压缩模式：

$$x_{i,k} = z_{i,k} \text{ and } X_i = Z_i$$

如果 TTI 包含一打孔压缩无线帧，且采用固定位置方法，则比特 $z_{i,k}$ ， $k=1, \dots, Z_i$ ，加上 $Np_{i,\max}^{TTI,m}$ 个标记为 p 的比特构成输入到第一次交织的序列 $x_{i,k}$ ，且 $X_i = Z_i + Np_{i,\max}^{TTI,m}$ ，这将在后面讨论。

$Np_{i,\max}^{TTI,m}$ 在 4.2.7 节速率匹配中定义。

$P1_{F_i}(x)$ 定义为长度为 $F_i \times 10\text{ms}$ 的一个传输时间间隔上的列间置换函数，参见 4.2.5.2 表 3 中的定义。 $P1_{F_i}(x)$ 是 x 在 $\log_2(F_i)$ 比特上的比特翻转函数。

注 1: $C[x]$ ， $x=0$ 到 F_i-1 ，在传输时间间隔的 F_i 个数据段的每一段中，需插入 p 比特的个数。 x 是置换前的列号，即在第一次交织的每一列中。对于固定位置 x 从 0 到 F_i-1 ， $C[P1_{F_i}(x)] = Np_{i,\max}^{m \times F_i + x}$ 。在下面的初始化过程中，它被标记为 $Np_{i,\max}^{m \times F_i + x}$ 。

注 2: $\text{cbi}[x]$ ， $x=0$ 到 F_i-1 ，在 TTI 的 F_i 个数据段的每一个段中，需插入的 p 比特个数的计数器，即，在第一次交织的每一列中， x 是置换前的列号。

```

col = 0
while col < Fi do
    C [P1Fi(col)] = Npim×Fi+col
    cbi [P1Fi(col)] = 0
    col = col + 1
end do
n = 0, m = 0
while n < Xi do
    col = n mod Fi
    if cbi [col] < C [col] do
        xi,n = p
        cbi [col] = cbi [col] + 1
    else
        xi,n = zi,m
        m = m + 1
    endif
    n = n + 1
end do

```

——col 是列置换后的的列号
——在第 m 个传输时间间隔的 F_i 个数据段的每一个段中，初始化需插入 p 比特的数目。
在传输时间间隔的 F_i 个数据段的每一个段中，初始化需插入 p 比特个数的计数器
——从这开始，col 是列置换前的列号
——插入一个 p 比特
——更新插入 p 比特的计数器
——在此段中不再插入 p 比特

4.2.5.2 第一次交织的操作

第一次交织是一个进行列间置换的块交织，块交织的输入比特序列标识为 $x_{i,1}, x_{i,2}, x_{i,3}, \dots, x_{i,X_i}$ ，其中 i 是传输信道号， X_i 是比特个数，(这里 X_i 保证为传输时间间隔的无线帧个数整数倍)。块交织的输出比特序列由如下得到：

(1) 从表 4 中根据 TTI 选择列 $C1$ 的数量，列从左到右按 0, 1, 2, ..., $C1-1$ 编号。

(2) 根据下式确定矩阵行的数量， $R1$ 被定义为：

$$R1 = X_i / C1,$$

矩阵的行从上至下，按 0, 1, 2, ..., $R1-1$ 编号。

(3) 将输入比特序列按行写入 $R1 \times C1$ 矩阵中，开始比特为行 0 列 0 的 $x_{i,1}$ ，最后一个比特为第 $C1-1$ 行第 $R1-1$ 列的 $x_{i,(R1 \times C1)}$ ：

$$\begin{bmatrix} x_{i,1} & x_{i,2} & x_{i,3} & \dots & x_{i,C1} \\ x_{i,(C1+1)} & x_{i,(C1+2)} & x_{i,(C1+3)} & \dots & x_{i,(2 \times C1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i,((R1-1) \times C1+1)} & x_{i,((R1-1) \times C1+2)} & x_{i,((R1-1) \times C1+3)} & \dots & x_{i,(R1 \times C1)} \end{bmatrix}$$

(4) 根据表 4 中的模式 $\{P1_{C1}(j)\}_{j \in \{0,1,\dots,C1-1\}}$ 进行列间置换， $P1_{C1}(j)$ 为置换后第 j 列原来的列位置。

列置换后的比特可以表示为 y_{ik} ：

$$\begin{bmatrix} y_{i,1} & y_{i,(R1+1)} & y_{i,(2 \times R1+1)} & \dots & y_{i,((C1-1) \times R1+1)} \\ y_{i,2} & y_{i,(R1+2)} & y_{i,(2 \times R1+2)} & \dots & y_{i,((C1-1) \times R1+2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{i,R1} & y_{i,(2 \times R1)} & y_{i,(3 \times R1)} & \dots & y_{i,(C1 \times R1)} \end{bmatrix}$$

(5) 从列间置换 $R1 \times C1$ 矩阵中, 按列读出序列, $y_{i,1}, y_{i,2}, y_{i,3}, \dots, y_{i,(C1 \times R1)}$ 。比特 $y_{i,1}$ 对应于列 0 行 0 的比特, $y_{i,(R1 \times C1)}$ 对应第 $R1-1$ 行第 $C1-1$ 列的比特。

表 4 第一次交织的列间置换模式

传输时间间隔(TTI)	列数 C1	列间置换模式 <P1 _{C1} (0), P1 _{C1} (1), ..., P1 _{C1} (C1-1)>
10 ms	1	<0>
20 ms	2	<0, 1>
40 ms	4	<0, 2, 1, 3>
80 ms	8	<0, 4, 2, 6, 1, 5, 3, 7>

4.2.5.3 上行链路中第一次交织的输入和输出间的关系

输入到第一次交织的比特表示为 $t_{i1}, t_{i2}, t_{i3}, \dots, t_{iT_i}$, 其中 i 为传输信道号, E_i 为比特的数量。因此, $x_{ik} = t_{ik}$ 和 $X_i = T_i$ 。

从第一次交织输出的比特表示为 $d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}, \dots, d_{iT_i}$, 且 $d_{ik} = y_{ik}$ 。

4.2.5.4 下行链路中第一次交织的输入和输出间的关系

如果在一个无线帧中使用固定位置的传输信道, 那么输入到第一次交织的比特可表示为 $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, \dots, h_{iD_i}$, 其中 i 为传输信道号。因此, 有 $z_{ik} = h_{ik}$, $Z_i = D_i$ 。

如果在一个无线帧中使用可变位置的传输信道, 那么输入到第一次交织的比特可表示为 $g_{i1}, g_{i2}, g_{i3}, \dots, g_{iQ_i}$, 其中 i 为传输信道号。因此, 有 $x_{ik} = g_{ik}$ 和 $X_i = G_i$ 。

从第一次交织输出的比特表示为 $q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, \dots, q_{iQ_i}$, 其中 i 是传输信道号, 且 Q_i 为比特的数量。因此 $q_{ik} = y_{ik}$, 如果使用固定位置, 则有 $Q_i = F_i H_i$; 如果为可变位置, 则有 $Q_i = G_i$ 。

4.2.6 无线帧分段

如果传输时间间隔大于 10 ms, 那么输入比特序列将分段并映射到连续的无线帧上。下行链路在速率匹配之后, 上行链路在无线帧尺寸均衡之后, 使用无线帧分段, 可以保证输入比特序列长度为 F_i 的整数倍。输入序列比特表示为 $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{iX_i}$, 其中 i 为 TrCH 号, X_i 为比特数量。每个 TTI 的 F_i 个输出比特序列表示为 $y_{i,n_1}, y_{i,n_2}, y_{i,n_3}, \dots, y_{i,n_{Y_i}}$, 其中 n_i 为当前 TTI 的无线帧号, Y_i 为 TrCH i 的每个无线帧的比特数量。输出序列定义如下:

$$y_{i,n_k} = x_{i,((n_i-1)Y_i)+k}, \quad n_i = 1 \dots Y_i, \quad j = 1 \dots Y_i$$

其中:

$Y_i = (X_i / F_i)$ 为每个分段的比特数量,

第 n_i 个分段映射到传输时间间隔的第 n_i 个无线帧。

4.2.6.1 上行链路中无线帧分段的输入和输出间的关系

到无线帧分段的输入比特序列表示为 $d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}, \dots, d_{iT_i}$, 其中 i 为 TrCH 号而 T_i 为比特数量。因此, $x_{ik} = d_{ik}$ 且 $X_i = T_i$ 。

对应于无线帧 n_i 的输出比特序列表示为 $e_{i1}, e_{i2}, e_{i3}, \dots, e_{iN_i}$, 其中 i 为 TrCH 号, 而 N_i 为比特数量。因

此, $e_{i,k} = y_{i,n,k}$ 且 $N_i = Y_i$ 。

4.2.6.2 下行链路中无线帧分段的输入和输出间的关系

输入到无线帧分段的比特表示为 $q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}, \dots, q_{iQ_i}$, 其中 i 为 TrCH 号, 而 Q_i 为比特数量, 因此, $x_{ik} = q_{ik}$ 且 $X_i = Q_i$ 。

对应于无线帧 n_i 的输出比特序列表示为 $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, \dots, f_{iV_i}$, 其中 i 为 TrCH 号, 而 V_i 为比特数量。因此, $f_{i,k} = y_{i,n,k}$ 且 $V_i = Y_i$ 。

4.2.7 速率匹配

速率匹配表示比特在一个传输信道上被重复或者打孔。高层给每一个传输信道配置一速率匹配特性, 这个特性是准静态的并且只能通过高层来改变。速率匹配特性被用来计算出比特重复或者打孔的数量。

在一个传输信道中的比特数在不同的传输时间间隔内可能是变化的。在下行链路中, 如果该比特数低于最大比特数时, 传输将被中断。在上行链路中, 当比特数在不同的传输时间间隔内变化时, 比特将被重复或者打孔, 以确保在 TrCH 复用后总的比特率与所分配的专用物理信道的总比特率相同。

如果一个 CCTrCH 中的所有 TrCH 速率匹配模块都没有比特输入, 那么该 CCTrCH 中的所有 TrCH 的速率匹配模块必须没有比特输出, 若是上行链路速率匹配, 则没有 DPDCH 被选择。

4.2.7.1 节及其子节中的符号含义:

- N_{ij} : 上行链路: 在速率匹配之前的传输格式组合为 j 的第 i 个 TrCH 中一个无线帧的比特数。
下行链路: 一个中间计算变量 (不是整数, 却是 1/8 的整数倍)。
- N_{ij}^{TTI} : 一个传输时间间隔中, 在速率匹配之前传输格式组合为 l 的第 i 个 TrCH 中的比特数。仅用于下行链路。
- $\Delta N_{i,j}$: 上行链路: 如果为正比特数, 表示传输格式组合为 j 的第 i 个 TrCH 的每个无线帧中重复的比特数。
如果为负比特数, 表示传输格式组合为 j 的第 i 个 TrCH 的每个无线帧中打孔的比特数。
下行链路: 一个中间计算变量 (不是整数, 却是 1/8 的整数倍)。
- $\Delta N_{i,l}^{TTI}$: 如果为正比特数, 表示传输格式组合为 j 的第 i 个 TrCH 在每个传输时间间隔内被重复的比特数。如果为负比特数, 表示传输格式组合为 j 的第 i 个 TrCH 在每个传输时间间隔内被打孔的比特数。只用于下行链路。
- $Np_{i,l}^{TTI,m}$: m 从 0 到 $F_{\max}/F_i - 1$; 非负数: 对传输格式组合为 l 的第 i 个 TrCH, 在打孔压缩模式的情况下, 为了在最大 TTI 的压缩无线帧中建立必需的间隙, 而在 m 个这样的 TTI 中需要移去的比特数。在打孔压缩模式和固定位置情况下, 这个值标记为 $Np_{i,\max}^{TTI,m}$ 虽然这个值是对具有最大比特数的所有 TrCH 计算的, 但是对所有的 TFC 也一样。仅用于下行链路。
- $Np_{i,l}^n$: n 从 0 到 $F_{\max} - 1$; 非负数: 当 TrCH i 的传输格式组合为 l 时, 最大 TTI 内第 n 个无线帧中对应于压缩间隙的比特数。对没有压缩的无线帧, 这个值为 0。在打孔压缩模式和固定位置情况下, 这个值标记为 $Np_{i,\max}^n$ 虽然这个值是对具有最大比特数的所有 TrCH 计算的, 但是对所有的 TFC 也一样, 仅用于下行链路。
- $N_{TGL}[k]$: k 从 0 到 $F_i - 1$; 非负数: 对应于码组合传输信道 (CCTrCH) 的压缩模式中间隙的每个无线帧的比特数。
- RM_i : 传输信道 i 的准静态速率匹配特性。它的值由高层提供, 或如 4.2.13 节指出的那样取值。
- PL : 上行链路的打孔限定值。这个数值限定了可用于避免多码或允许使用高层的扩频因子

的打孔总数，由高层告知。允许打孔的值以百分比表示的实际值为 $(1-PL) \times 100$ 。

- $N_{data, j}$: CCTrCH 中传输格式组合为 j 的无线帧中的可获得的总比特数。
- I : CCTrCH 中的 TrCH 数。
- $Z_{i, j}$: 中间计算变量。
- F_i : 第 i 个 TrCH 中传输时间间隔内的无线帧数。
- F_{max} : CCTrCH 中一个传输时间间隔无线帧的最大数。

$$F_{max} = \max_{1 \leq i \leq I} F_i$$
- n_i : 第 i 个 TrCH 中一个传输时间间隔内的无线帧号 ($0 \leq n_i \leq F_i$)；
- q : 平均打孔或重复间隔 (归一化后只说明紧接着一个整数间隔余下的速率匹配)。仅用于上行链路。
- $P1_F(n_i)$: 第一个交织器的列置换函数， $P1_F(x)$ 为置换后第 x 列的原始位置。P1 的定义如 4.2.5.2 节中表 3 所示 ($P1_F$ 是自反转的)。仅用于上行链路的速率匹配。
- $S[n]$: 当 $n = P1_F(n_i)$ 时，第 n_i 个无线帧的打孔或重复模式的变化。仅用于上行链路
- $TF(j)$: 对于传输格式组合为 j 的 TRCH i 的传输格式。
- $TFS(i)$: 对于 TrCH i 的传输格式标号为 1 的集合。
- $TFCS$: 传输格式组合标号为 j 的集合。
- e_{ini} : 在 4.2.7.5 节的速率匹配模式判决算法中变量 e 的初始值。
- e_{plus} : 在 4.2.7.5 节的速率匹配模式判决算法中变量 e 的增加。
- e_{minus} : 在 4.2.7.5 节的速率匹配模式判决算法中变量 e 的减小。
- b : 系统指示和奇偶比特。
- $b=1$: 系统比特。在 4.2.3.2.1 节中以 x_k 表示。
- $b=2$: 第一奇偶比特 (来自 Turbo 编码器的高层组成要素)。在 4.2.3.2.1 节中以 z_k 表示。
- $b=3$: 第二奇偶比特 (来自 Turbo 编码器的底层组成要素)。在 4.2.3.2.1 节中以 z'_k 表示。

在带下标的变量 X_x 不依赖于下标 x 时，用星号*来代替下标 x 。当星号位于等式左边时，“ $X_x=Y$ ” 等效于“对于所有的 x , $X_x=Y$ ”。被星号位于等式右边时，“ $Y=X_x$ 。”等效于“对于取任何 x , 使 $Y=X_x$ ”。

下面的定义对所有的 TFC j 有效，用于计算速率匹配参数：

$$Z_{0,j} = 0$$

$$Z_{i,j} = \left\lfloor \frac{\left(\left(\sum_{m=1}^i RM_m \times N_{m,j} \right) \times N_{data,j} \right)}{\sum_{m=1}^i RM_m \times N_{m,j}} \right\rfloor \quad \text{for all } i = 1, \dots, I, \quad (1)$$

$$\Delta N_{i,j} = Z_{i,j} - Z_{i-1,j} - N_{i,j} \quad \text{for all } i = 1, \dots, I,$$

4.2.7.1 上行链路速率匹配参数的确定

4.2.7.1.1 扩频因子和所需物理信道 (PhCH) 数量的确定

在上行链路中, 打孔用来使 CCTrCH 的比特率和 PhCH 的比特率相匹配。PhCH(s) 的比特率受 UE 容量的限制和 UTRAN 的约束, 这种约束是通过限制 PhCH 的扩频因子来体现的。上层告知可用打孔的最大限量值为 $1-PL$, PL 由高层告知。在参考文献[2]中给出了在一个 PhCH 的无线帧中对于所有可能扩频因子的可获得比特数, 这些比特数表示为 N_{256} , N_{128} , N_{64} , N_{32} , N_{16} , N_8 , 和 N_4 , 其中下标表示扩频因子。CCTrCH 在全部 PhCH 上可获得的比特数, 表示为 N_{data} , 构成集合 $\{N_{256}, N_{128}, N_{64}, N_{32}, N_{16}, N_8, N_4, 2 \times N_4, 3 \times N_4, 4 \times N_4, 5 \times N_4, 6 \times N_4\}$ 。

对于随机接入信道 (RACH) 的 CCTrCH 来说, SET0 表示 UTRAN 所允许的 N_{data} 值的集合, 这也就是根据高层提供的最小的扩频因子设置的, SET0 可以是 $\{N_{256}, N_{128}, N_{64}, N_{32}\}$ 的一个子集, 这里的 SET0 并没有考虑 UE 的容量。

对于其他的 CCTrCH 来说 SET0 表示 UTRAN 允许的, 并且有 UE 支持的 N_{data} 值的集合, 作为 UE 容量的一部分, SET0 可以是 $\{N_{256}, N_{128}, N_{64}, N_{32}, N_{16}, N_8, N_4, 2 \times N_4, 3 \times N_4, 4 \times N_4, 5 \times N_4, 6 \times N_4\}$ 的子集。传输格式组合为 j 的 $N_{data, j}$ 通过下列算法来决定:

$$SET1 = \{ N_{data} \text{ 属于 SET0, 并满足 } \left(\min_{1 \leq y \leq I} \{RM_y\} \right) \times N_{data} - \sum_{x=1}^I RM_x \times N_{x,j} \text{ 是非负的} \}$$

If SET1 非空, 并且 SET1 中的最小元素仅需要一个 PhCH, 那么

$$N_{data, j} = \min SET1$$

Else

$$SET2 = \{ N_{data} \text{ 属于 SET0, 并满足 } \left(\min_{1 \leq y \leq I} \{RM_y\} \right) \times N_{data} - PL \times \sum_{x=1}^I RM_x \times N_{x,j} \text{ 是非负的} \}$$

按升序选择 SET2

$$N_{data} = \min SET2$$

While N_{data} 不是 SET2 中的最大值并且下一个 N_{data} 不需要额外的物理信道时, Do

N_{data} = 在 SET2 中的 N_{data} 的下一个

End While

$$N_{data, j} = N_{data}$$

End If

对于一 RACH CCTrCH, 当 UE 的能力不支持 $N_{data, j}$ 时, 不使用 TFC j 。

4.2.7.1.2 计算速率匹配的方式所需要参数的确定

在一个无线帧内, 对每一个 TrCH i 被重复或打孔的比特数 $\Delta N_{i,j}$ 采用方程式 1 进行计算, 该计算针对所有可能的传输格式组合 j 和选中的每一个无线帧。 $N_{data, j}$ 在 4.2.7.1.1 节中给出。

压缩模式中, 方程式 1 中的 $N_{data, j}$ 被 $N_{data, j}^{cm}$ 替代。 $N_{data, j}^{cm}$ 由下列的叙述给出:

由高层调度的压缩的一个无线帧中, $N_{data, j}^{cm}$ 可以通过执行 4.2.7.1.1 节中的算法获得, 不过一个 PhCH 中的一个无线帧包含的比特数减少到正常模式时的 $N_{tr}/15$ 。

N_{tr} 是在一个压缩的无线帧中传输的时隙数, 由下面的关系决定:

$$N_{ir} = \begin{cases} 15 - TGL, & \text{如果 } N_{\text{first}} + TGL \leq 15 \\ N_{\text{first}}, & \text{在第一帧内如果 } N_{\text{first}} + TGL > 15 \\ 30 - TGL - N_{\text{first}}, & \text{在第二帧内如果 } N_{\text{first}} + TGL > 15 \end{cases}$$

在 4.4 节中定义了 N_{first} 和 TGL 。

通过减小扩频因子压缩的一个无线帧中, $N_{\text{data},j}^{\text{cm}} = 2(N_{\text{data},j} - N_{TGL})$ 其中 $N_{TGL} = \frac{15 - N_{ir}}{15} \times N_{\text{data},j}$ 。

如果 $\Delta N_{ij} = 0$, 那么速率匹配的输出数据与输入数据是完全相同的, 并且在 4.2.7.5 节中不需要执行速率匹配算法。

如果 $\Delta N_{ij} \neq 0$, 4.4.2.7.1.2.1 节和 4.4.2.7.1.2.2 节中的参数将被用来确定 e_{ini} , e_{plus} , 和 e_{minus} (不管无线帧是否被压缩)。

4.2.7.1.2.1 采用卷积编码的传输信道

$$R = \Delta N_{i,j} \bmod N_{i,j}$$

注: $\Delta N_{i,j} \bmod N_{i,j}$ 在 0 到 $N_{i,j} - 1$ 范围内, 即 $-1 \bmod 10 = 9$ 。

$$R \neq 0 \text{ 且 } 2 \times R \leq N_{ij}$$

$$q = \lceil N_{i,j} / R \rceil$$

否则

$$q = \lceil N_{i,j} / (R - N_{i,j}) \rceil$$

注: q 是个有符号量。

if q is 偶数

then $q' = q + \gcd(|q|, F_i) / F_i$ —— $\gcd(|q|, F_i)$ 表示 q 和 F_i 的最大公约数,

注: q' 不是整数, 却是 1/8 的整数倍。

else

$$q' = q$$

endif

for $x = 0$ to $F_i - 1$

$$S[\lfloor \lfloor x \times q' \rfloor \rfloor \bmod F_i] = (\lfloor \lfloor x \times q' \rfloor \rfloor \text{ div } F_i)$$

end for

$$\Delta N_i = \Delta N_{i,j}$$

$$a = 2$$

利用 4.2.7.5 节中的算法计算出每一个无线帧的速率匹配模式,

$$X_i = N_{i,j}, \quad e_{\text{ini}} = (a \times S[PI_{F_i}(n_i)] \times |\Delta N_i| + 1) \bmod (a \times N_{i,j})$$

$$e_{\text{plus}} = a \times N_{i,j}$$

$$e_{\text{minus}} = a \times |\Delta N_i|$$

对于 $\Delta N < 0$ 的情况时打孔, 否则重复。

4.2.7.1.2.2 采用 Turbo 编码的传输信道

如果在 turbo 编码 TrCH 中执行了重复, 例如当 $\Delta N_{i,j} > 0$ 时, 使用 4.2.7.4.1 中的参数。如果执行了打孔, 则使用如下的参数。符号 b 被用来表示系统指示比特 ($b=1$), 第一奇偶比特 ($b=2$), 和第二奇偶比

特 ($b=3$)。

$a=2$, 当 $b=2$ 时;

$a=1$, 当 $b=3$ 时;

$$\Delta N_i = \begin{cases} \lfloor \Delta N_{i,j} / 2 \rfloor, & b = 2 \\ \lfloor \Delta N_{i,j} / 2 \rfloor, & b = 3 \end{cases} \quad \text{若在 } b=2 \text{ 或 } b=3 \text{ 时 } \Delta N_i=0, \text{ 那么相应的校验比特流无需执行下面的过程和}$$

4.2.7.5 节中的速率匹配算法。

$$X_i = \lfloor N_{i,j} / 3 \rfloor,$$

$$q = \lfloor X_i / \Delta N_i \rfloor$$

if ($q \leq 2$)

for $r=0$ to F_i-1

$$S[(3 \times r + b - 1) \bmod F_i] = r \bmod 2;$$

end for

else

if q is 偶数

then $q' = q - \gcd(q, F_i) / F_i$ —— $\gcd(q, F_i)$ 表示 q 和 F_i 的最大公约数,

注: q' 不是整数, 却是 $1/8$ 的整数倍。

else $q' = q$

endif

for $x=0$ to F_i-1

$$r = \lceil x \times q' \rceil \bmod F_i;$$

$$S[(3 \times r + b - 1) \bmod F_i] = \lceil x \times q' \rceil \div F_i$$

end for

endif

利用在 4.2.7.5 节中的算法计算出每一个无线帧的速率匹配模式

X_i 和上面一样,

$$e_{ini} = (a \times S[P1_{F_i}(n_i)] \times |\Delta N_i| + X_i) \bmod (a \times X_i), \text{ 如果 } e_{ini} = 0, \text{ 那么 } e_{ini} = a \times X_i$$

$$e_{plus} = a \times X_i$$

$$e_{minus} = a \times |\Delta N_i|$$

4.2.7.2 下行链路速率匹配参数的确定

对于除 PDSCH 信道之外下行链路信道, $N_{data,j}$ 不依赖传输格式组合 j , 可通过高层配置的信道化码得出 $N_{data,*}$ 。CCTrCH 所用的物理信道数用 P 表示。 $N_{data,*}$ 是一个无线帧中的 CCTrCH 可获得的比特数, 定义为 $N_{data,*} = P \times (15 \times N_{data1} + 15 \times N_{data2})$, 这里的 N_{data1} 和 N_{data2} 在参考文献[2]中定义。注: 与上行链路不同, 在包含非压缩无线帧的传输时间间隔中、通过减小扩频因子或高层调度实现压缩的无线帧的传输时间间隔中使用同一速率匹配模式。

对于一个 DSCH CCTrCH, 高层可以配置多组不同的信道化码, 导致 $N_{data,*}$ 可能取多个值。此处的 $N_{data,*}$ 指一无线帧中可用于 CCTrCH 的比特数, 定义为 $N_{data,*} = P \times 15 \times (N_{data1} + N_{data2})$, N_{data1} 和 N_{data2} 在参

考文献[2]中定义。每个 $N_{\text{data},*}$ 对应于已配置 TFCS 中的部分 TFC 的一个子集。对于一个 DSCH CCTrCH，只能应用可变位置方式。每个 $N_{\text{data},*}$ 通过 4.2.7.2.2 节中的速率匹配公式计算得到，且公式中的 TFCS 由与 $N_{\text{data},*}$ 相关的 TFC 组成。因此，在一个 TTI 间隔内，一传输信道 i 的速率匹配值为 $N_{\text{data},*}$ 的函数，且 $N_{\text{data},*}$ 的取值在整个 TTI 内为一常量，参见 4.2.14。

下面计算传输时间间隔的总的打孔或重复数。

在运用固定位置的情况下，如果传输时间间隔内包含打孔压缩无线帧，则需要进行的额外计算以确定速率匹配的总数目。与通过高层配置的速率匹配参数计算得到的打孔数相比，当 TTI 内包含打孔压缩模式无线帧时，需要打掉更多的比特或减少重复比特数。这就为当压缩模式时隙格式中的可用比特比正常模式下的可用比特数少的情况下，为后来的标记比特，即 p 比特，创建了空间， p 比特用来识别压缩无线帧中的间隙位置。

TrCH i 在 TTI 中产生压缩间隙所需额外打孔比特数，加上由于时隙格式的改变（在正常模式和压缩模式下可用数据比特数不同）所引起的比特差值。在采用固定位置的情况下，标记为 $Np_{i,\text{max}}^{\text{TTI},m}$ ，该值是除由高层配置的速率匹配数外额外计算获得的。

在固定位置情况下，为获得第 m 个 TTI 时的总速率匹配数 $\Delta N_{i,\text{max}}^{\text{TTI},cm,m}$ ，需要从 $\Delta N_{i,\text{max}}^{\text{TTI},m}$ （按照常规速率匹配下的高层 RM 参数计算得到）减去 $Np_{i,\text{max}}^{\text{TTI},m}$ ，为后来插入的 $Np_{i,\text{max}}^{\text{TTI},m}$ 个比特 p 创建空间。如果结果为 0，也就是重复总数和额外的打孔总数精确匹配，那么不需要速率匹配。

在打孔压缩模式和固定位置情况下，对于一些计算，在有间隙的无线帧中，用 $N'_{\text{data},*}$ 代替 $N_{\text{data},*}$ ， $N'_{\text{data},*} = P \times 15 \times (N'_{\text{data}1} + N'_{\text{data}2})$ 。 $N'_{\text{data}1}$ 和 $N'_{\text{data}2}$ 是用于打孔压缩模式的时隙格式数据字段中的比特数。

4.2.7.2.1 固定位置传输信道速率匹配参数的确定

4.2.7.2.1.1 正常模式和由扩频因子减半压缩模式的 $\Delta N_{i,\text{max}}$ 计算

首先，对于所有传输信道 i 的一个中间计算变量 $N_{i,*}$ ，通过下面的公式来计算：

$$N_{i,*} = \frac{1}{F_i} \times (\max_{l \in \text{TFS}(i)} N_{i,l}^{\text{TTI}})$$

为了计算参数 $\Delta N_{i,l}^{\text{TTI}}$ （对所有 TrCH i 和 TF l ），通过下面的公式计算中间变量 $\Delta N_{i,\text{max}}$ ，其中 $\Delta N_{i,*}$ 是通过 4.2.7 节中的公式从 $N_{i,*}$ 导出的：

$$\Delta N_{i,\text{max}} = F_i \times \Delta N_{i,*}$$

如果 $\Delta N_{i,\text{max}} = 0$ ，那么对于 TrCH i ，速率匹配的输出数据和输入数据是完全相同的，并且在 4.2.7.5 节中的速率匹配算法可以不必执行。这种情况下有：

$$\forall l \in \text{TFS}(i) \Delta N_{i,l}^{\text{TTI}} = 0$$

如果 $\Delta N_{i,\text{max}} \neq 0$ ，则需要应用 4.2.7.2.1.3 节和 4.2.7.2.1.4 节中所列的参数来计算 e_{mi} ， e_{plus} ， e_{minus} 和 $\Delta N_{i,l}^{\text{TTI}}$ 。

4.2.7.2.1.2 打孔压缩模式的计算

对所有的 TrCH i ，在最大 TTI 内对所有的第 m 个 TTI 计算 $\Delta N_{i,\text{max}}^{\text{TTI}}$ 。

首先，对于所有传输信道 i 的一个中间计算变量 $N_{i,*}$ ，通过下面的公式来计算：

$$N_{i,*} = \frac{1}{F_i} \times (\max_{l \in \text{TFS}(i)} N_{i,l}^{\text{TTI}})$$

然后，通过 4.2.7 节中的公式从 $N_{i,*}$ 得出中间计算变量 $\Delta N_{i,*}$ ，对于所有 TrCH i 。

为了计算所有的 TrCH i , 所有的 TF l 和在最大 TTI 中序号为 m 的所有 TTI 的参数 $\Delta N_{i,j}^{TTI,m}$, 通过

下面的公式计算中间计算变量 $\Delta N_{i,\max}^m$: $\Delta N_{i,\max}^m = F_i \times \Delta N_{i,\max}^*$

为应付由于隙格式改变, 导致压缩无线帧中可用数据比特减少的情况, 以及为压缩模式创建间隙, 需在 TrCH i 上清除的比特数记为 $Np_{i,\max}^n$, 在 TTI 的每一个无线帧 n 中都需要为 TrCH i 的传输格式组合计算该值, 其中 TrCH i 的比特数为最大。

TTI 中每一个无线帧 n 的 $Np_{i,\max}^n$ 的计算如下:

当 i 从 1 到 I 时, 使用 4.2.7 节中的公式 (1) 计算中间变量 Z_i , 对于打孔压缩帧, 计算中用 $(N_{TGL}[n] + (N_{data,*} - N'_{data,*}))$ 代替 $N_{data,j}$ 。

所有物理信道上的将被删除的比特数 $N_{TGL}[k]$ 可用于计算 TTI 中每一个无线帧内, 与 TrCH i 的间隙相对应的比特数, 其中 k 是最大 TTI 中的无线帧数。

对于最大 TTI 的每一个被传输间隙覆盖的无线帧 k , $N_{TGL}[k]$ 由下面的关系给出:

$$\begin{cases} \frac{TGL}{15} \times N'_{data,*}, & \text{如果 } N_{first} + TGL \leq 15 \\ \frac{15 - N_{first}}{15} \times N'_{data,*}, & \text{在间隙的第一个无线帧内如果 } N_{first} + TGL > 15 \\ \frac{TGL - (15 - N_{first})}{15} \times N'_{data,*}, & \text{在间隙的第二个无线帧内如果 } N_{first} + TGL > 15 \end{cases}$$

N_{first} 和 TGL 在 4.4 节中加以定义。

如果无线帧 k 没有被传输间隙覆盖, 则 $N_{TGL}[k] = 0$ 。

则

$$Np_{i,\max}^n = (Z_i - Z_{i-1}) \quad i \text{ 从 } 1 \text{ 到 } I$$

相应于 TTI 中 TrCH i 的压缩模式中间隙的总比特数 $Np_{i,\max}^{TTI,m}$ 的计算如下:

$$Np_{i,\max}^{TTI,m} = \sum_{n=\max F_i}^{n=(m+1) \times F_i - 1} Np_{i,\max}^n$$

最高 TrCH 比特速率的速率匹配数 $\Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m}$ 计算如下:

$$\Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m} = \Delta N_{i,\max}^m - Np_{i,\max}^{TTI,m}$$

如果 $\Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m} = 0$, 那么对于 TrCH i , 速率匹配的输出数据和输入数据是完全相同的, 并且在 4.2.7.5 节中的速率匹配算法可以不必执行。

如果 $\Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m} \neq 0$, 则需要执行 4.2.7.5 节中的速率匹配算法, 并且需要应用 4.2.7.2.1.3 节和 4.2.7.2.1.4 节中所列的参数来计算 e_{ini} , e_{plus} , e_{minus} 和 $\Delta N_{i,j}^{TTI,m}$ 。

4.2.7.2.1.3 采用卷积编码的传输信道的速率匹配参数的确定

$$\Delta N_i = \Delta N_{i,\max}$$

对打孔压缩模式, ΔN_i 的定义为: $\Delta N_i = \Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m}$, 而不是前面的关系。

$a=2$

$$N_{\max} = \max_{i \in TFS(i)} N_i^{TTI}$$

对于具有 TF l 的 TrCH i 的每一个传输时间间隔, 可以用 4.2.7.5 节中的算法计算出速率匹配模式。在输入时用到了下列参数:

$$X_i = N_i^{TTI};$$

$$e_{\text{ini}} = 1;$$

$$e_{\text{plus}} = a \times N_{\max};$$

$$e_{\text{minus}} = a \times |\Delta N_i|。$$

如果 $\Delta N_i < 0$ 则打孔, 否则重复。当 4.2.7.5 节的算法在运行时, $\Delta N_{i,l}^{TTI}$ 的值可以通过对重复或打孔的计数来计算。 $\Delta N_{i,l}^{TTI}$ 的结果值可以由下面的表达式表示:

$$\Delta N_{i,l}^{TTI} = \left\lfloor \frac{|\Delta N_{\max}| \times X_i}{N_{\max}} \right\rfloor \times \text{sgn}(\Delta N_i)$$

对于打孔压缩模式, 上式得出的结果为 $\Delta N_{i,l}^{TTI,m}$, 而不是 $\Delta N_{i,l}^{TTI}$ 。

4.2.7.2.1.4 采用 Turbo 编码的传输信道的速率匹配参数的确定

如果采用 Turbo 编码的 TrCH 中执行了重复, 也就是 $\Delta N_{\max} > 0$ 的情况, 参数就使用 4.2.7.2.1.3 节中的参数。如果在采用 Turbo 编码的 TrCH 中执行了打孔, 将使用下面的参数。符号 b 被用来表示系统指示比特 ($b=1$), 第一奇偶比特 ($b=2$), 和第二奇偶比特 ($b=3$)。

$$a=2, \quad \text{当 } b=2 \text{ 时};$$

$$a=1, \quad \text{当 } b=3 \text{ 时}。$$

$b=1$ 时的系统指示比特将不会被打孔。

$$\Delta N_i^b = \begin{cases} \lfloor \Delta N_{i,\max} / 2 \rfloor, & b=2 \\ \lceil \Delta N_{i,\max} / 2 \rceil, & b=3 \end{cases}$$

在打孔压缩模式下, 将使用下面的关系来代替上面的关系:

$$\Delta N_i^b = \lfloor \Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m} / 2 \rfloor, \quad b=2$$

$$\Delta N_{i,l}^b = \lceil \Delta N_{i,\max}^{TTI,cm,m} / 2 \rceil, \quad b=3$$

$$N_{\max} = \max_{i \in TFS(i)} (N_i^{TTI} / 3)$$

对于具有 TF l 的 TrCH i 的每一个传输时间间隔, 用 4.2.7.5 节中的算法计算出速率匹配模式。在输入时用到了下列参数:

$$X_i = N_i^{TTI} / 3;$$

$$e_{\text{ini}} = N_{\max};$$

$$e_{\text{plus}} = a \times N_{\max};$$

$$e_{\text{minus}} = a \times |\Delta N_i^b|。$$

当 4.2.7.5 节的算法在运行时, $\Delta N_{i,j}^{TTI}$ 的值可以通过对打孔的计数来计算。 $\Delta N_{i,j}^{TTI}$ 的结果值可以由下面的表达式表示:

$$\Delta N_{i,j}^{TTI} = - \left[\frac{|\Delta N_i^2| \times X_i}{N_{\max}} + 0.5 \right] - \left[\frac{|\Delta N_i^3| \times X_i}{N_{\max}} \right]$$

在上面的方程式中, 右边第一项代表 $b=2$ 时的打孔数, 第二项代表 $b=3$ 时的打孔数。对于打孔压缩模式, 上式得出的结果为 $\Delta N_{i,j}^{TTI,m}$, 而不是 $\Delta N_{i,j}^{TTI}$ 。

4.2.7.2.2 可变位置传输信道的速率匹配参数的确定

4.2.7.2.2.1 正常模式、由高层调度的压缩模式和减小扩频因子的压缩模式

首先, 所有的传输信道 i 和所有结合 j 的传输模式的中间计算变量 $N_{i,j}$ 在下列公式中给出:

$$N_{i,j} = \frac{1}{F_i} \times N_{i,TF_i(j)}^{TTI}$$

那么将求出每个传输信道 i 的速率匹配系数 RF_i , 以便求出 CCTrCH 的比特率是极大值时的 DTX 比特数的最小值。 RF_i 率由下式定义:

$$RF_i = \frac{N_{\text{data},*}}{\max_{j \in \text{TFCs}} \sum_{i=1}^I (RM_i \times N_{i,j})} \times RM_i$$

$\Delta N_{i,j}^{TTI}$ 的参数计算分两个阶段进行。在第一阶段, 计算出 $\Delta N_{i,j}^{TTI}$ 假设的临时数值, 并且在第二阶段被核定和修正。在第一阶段, 通过使用 RF_i 率, 确保在 CCTrCH 的比特率是最大时, DTX 的插入比特数是最小的, 但是它不能保证最大的 CCTrCH 的比特率不大于每 10ms 的 $N_{\text{data},*}$, 后一个条件在第二阶段通过核对与可能的修正予以满足。

在第二阶段的末尾, $\Delta N_{i,j}^{TTI}$ 最接近的数值是一个确定值。

在第一阶段, 利用下面的公式定义了对于所有的传输信道 i 和它的一些传输格式 1 所假设的临时 $\Delta N_{i,j}^{TTI}$:

$$\Delta N_{i,j}^{TTI} = F_i \times \left[\frac{RF_i \times N_{i,j}^{TTI}}{F_i} \right] - N_{i,j}^{TTI} = F_i \times \left[\frac{N_{\text{data},*} \times RM_i \times N_{i,j}^{TTI}}{F_i \times \max_{j \in \text{TFCs}} \sum_{i=1}^I (RM_i \times N_{i,j})} \right] - N_{i,j}^{TTI}$$

下面的算法描述了第二阶段的情况:

for all j in TFCs do

——对于所有的 TFC

$$D = \sum_{i=1}^I \frac{N_{i,TF_i(j)}^{TTI} + \Delta N_{i,TF_i(j)}^{TTI}}{F_i} \quad \text{——对于 TFC } j \text{ 的 CCTrCH 的比特率 (bit/10ms)}$$

if $D > N_{\text{data},*}$ then

for $i = 1$ to I do

——对于所有的 TrCH

$$\Delta N = F_i \times \Delta N_{i,j} \quad \text{——} \Delta N_{i,j} \text{ 由 } N_{i,j} \text{ 通过节 4.2.7 中所给出的公式得到。}$$

if $\Delta N_{i,TF_i(j)}^{TTI} > \Delta N$ then

$$\Delta N_{i,TF_i(j)}^{TTI} = \Delta N$$

end-if

end-for

end-if

end-for

如果 $\Delta N_{i,l}^{TTI} = 0$ ，那么对于具有 TF l 的 TrCH i ，速率匹配的输出数据与输入数据是相同的并且不必执行第 4.2.7.5 节中速率匹配的算法。

如果 $\Delta N_{i,l}^{TTI} \neq 0$ ，则需要使用 4.2.7.2.2.2 节和 4.2.7.2.2.3 节中所列的参数来确定 e_{ini} ， e_{plus} ，和 e_{minus} 。

4.2.7.2.2.2 采用卷积编码的传输信道速率匹配参数的确定

$$\Delta N_i = \Delta N_{i,l}^{TTI}$$

$$a=2$$

对于具有 TF l 的 TrCH i 的每一个传输时间间隔，用 4.2.7.4 节中的算法计算出速率匹配模式。同样在输入中也用到了下面的参数：

$$X_i = N_{i,l}^{TTI} ;$$

$$e_{ini} = 1 ;$$

$$e_{plus} = a \times N_{i,l}^{TTI} ;$$

$$e_{minus} = a \times |\Delta N_i|。$$

对于 $\Delta N_i < 0$ 时，进行打孔，否则重复。

4.2.7.2.2.3 采用 Turbo 编码的传输信道速率匹配参数的确定

对于 turbo 编码 TrCH，如果执行了重复，也就是 $\Delta N_{i,l}^{TTI} > 0$ 的情况，将使用 4.2.7.2.2.2 节中的参数。如果执行了打孔，参数如下，符号 b 被用来表示系统指示比特 ($b=1$)，第一奇偶比特 ($b=2$)，和第二奇偶比特 ($b=3$)。

$a=2$ ，当 $b=2$ 时； $a=1$ ，当 $b=3$ 时。

$b=1$ 时的系统指示比特将不会被打孔。

$$\Delta N_i = \begin{cases} \left\lfloor \Delta N_{i,l}^{TTI} / 2 \right\rfloor, & b=2 \\ \left\lfloor \Delta N_{i,l}^{TTI} / 2 \right\rfloor, & b=3 \end{cases}$$

对于具有 TF l 的 TrCH i 的每一个传输时间间隔，用第 4.2.7.5 节中的算法计算出速率匹配模式。同样在输入中也用到了下面的参数：

$$X_i = N_{i,l}^{TTI} / 3 ;$$

$$e_{ini} = X_i ;$$

$$e_{plus} = a \times X_i ;$$

$$e_{minus} = a \times |\Delta N_i|。$$

4.2.7.3 上行链路的比特分离和合并

采用 Turbo 编码的传输信道的系统比特不会被打孔，其他的比特可能被打孔。因此在输入速率匹配模块的比特序列中，包括系统比特，第一奇偶比特和第二奇偶比特，因而需要被分离为 3 个序列。

第一个序列包括：采用 Turbo 编码的传输信道中的所有系统比特；采用 Turbo 编码的传输信道中的从 0 到 2 的第一和第二奇偶校验比特，在无线帧分割后的一块中的比特数不是 3 的整数倍时，这些比特进入第一个序列；格栅终止的一些系统比特，第一和第二奇偶校验比特。

第二个序列包括：采用 Turbo 编码的传输信道中除了进入第一个序列的比特的所有第一奇偶校验比特；格栅终止的一些系统比特，第一和第二奇偶校验比特。

第三个序列包括：采用 Turbo 编码的传输信道中除了进入第一个序列的比特的所有第二奇偶校验比特；格栅终止的一些系统比特，第一和第二奇偶校验比特。

第二个序列和第三个序列应该等长，而第一个序列可能长 0 到 2 个比特。打孔只用于第二个序列和第三个序列。比特分离函数对采用卷积编码的 TrCH 和有重复的采用 Turbo 编码的 TrCH 是透明的，比特分离和比特合并如图 5 和图 6 所示。

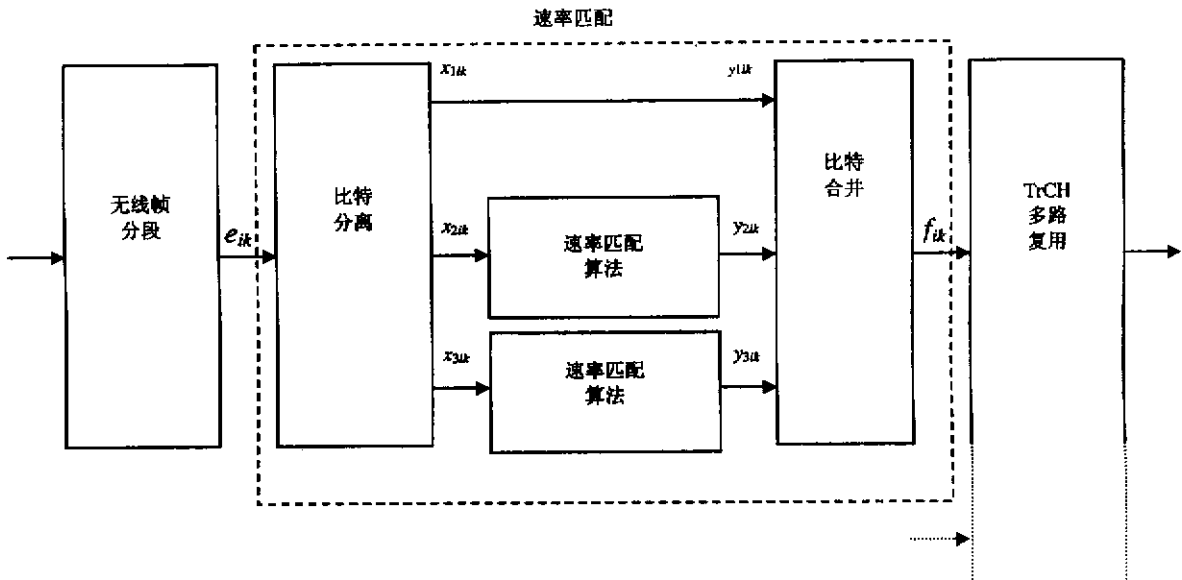


图 5 上行链路中 Turbo 编码 TrCH 的打孔

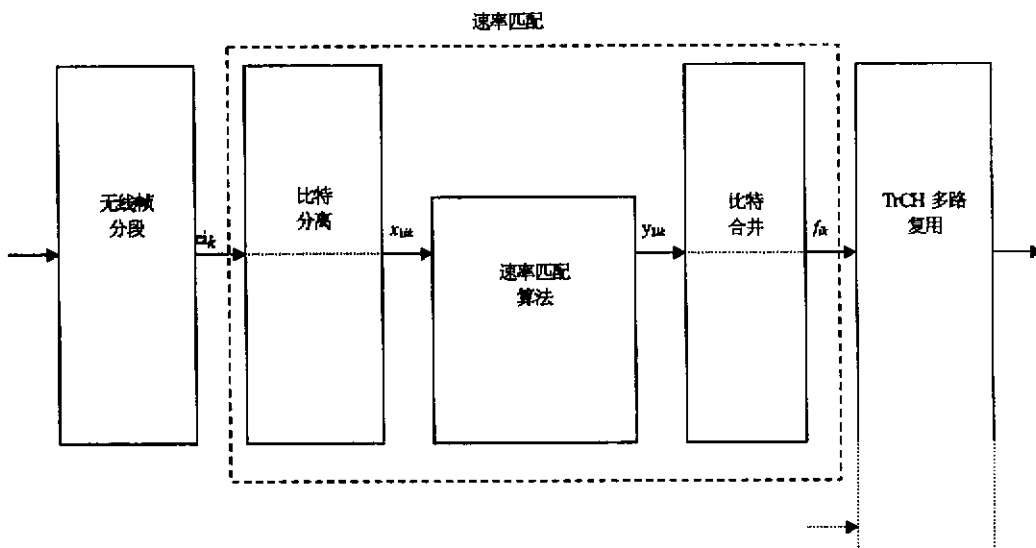


图 6 上行链路中采用卷积编码的传输信道 TrCH 和有重复的采用 Turbo 编码的 TrCH 的速率匹配

比特分离依赖于对不同的传输间隔时间用于描述分离的第一次交织和补偿。 b 指出了本节中描述的序列， $b=1$ 为第一个序列， $b=2$ 为第二个序列， $b=3$ 为第三个序列。表 5 列出了这些序列的补偿 α_b 。

表 5 比特分离需要的 TTI 所依赖的补偿

TTI(ms)	α_1	α_2	α_3
10, 40	0	1	2
20, 80	0	2	1

在 TTI 中对不同的无线帧比特分离也不相同，因此需要第二个补偿。TrCH i 的无线帧号记为 n_i ，而补偿记为 β_n 。

表 6 比特分离需要的无线帧所依赖的补偿

TTI(ms)	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
10	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20	0	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
40	0	1	2	0	NA	NA	NA	NA
80	0	1	2	0	1	2	0	1

4.2.7.3.1 比特分离

速率匹配的输入比特表示为 $e_{i1}, e_{i2}, e_{i3}, \dots, e_{iN_i}$ ，这里的 i 为 TrCH 号， N_i 为速率匹配模块的输入比特数。注意，为了简化，在比特编号中传输格式组合号 j 被略去，即 $N_i = N_{ij}$ 。在分离后比特记为 $x_{bi1}, x_{bi2}, x_{bi3}, \dots, x_{biX_i}$ 。对打孔的 Turbo 编码 TrCH， b 用于识别 4.2.7.3 节中所指的 3 种序列。 $b=1$ 的序列为第一个序列，包括所有的系统比特和一些系统比特的第一与第二奇偶格栅终止比特； $b=2$ 的序列为第二个序列，包括所有的第一奇偶比特和一些系统比特的第一与第二奇偶格栅终止比特； $b=3$ 的序列为第三个序列，包括所有的第二奇偶比特和一些系统比特的第一与第二奇偶格栅终止比特。在其他的情况下 b 被固定为 1。 X_i 则是每个分离后的比特序列的比特数。 e_{ik} 和 x_{bik} 的关系如下。

打孔的 Turbo 编码 TrCH:

$$x_{1,i,k} = e_{i,3(k-1)+1+(\alpha_1+\beta_n)\text{mod}3}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, X_i, \quad X_i = \lfloor N_i/3 \rfloor.$$

$$x_{1,i,\lfloor N_i/3 \rfloor+k} = e_{i,3\lfloor N_i/3 \rfloor+k}, \quad k = 1, \dots, N_i \text{ mod } 3, \quad \text{注: 当 } (N_i \text{ mod } 3) = 0 \text{ 时, 不需该行.}$$

$$x_{2,i,k} = e_{i,3(k-1)+1+(\alpha_2+\beta_n)\text{mod}3}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, X_i, \quad X_i = \lfloor N_i/3 \rfloor.$$

$$x_{3,i,k} = e_{i,3(k-1)+1+(\alpha_3+\beta_n)\text{mod}3}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, X_i, \quad X_i = \lfloor N_i/3 \rfloor.$$

采用卷积编码的 TrCH，和有重复采用 Turbo 编码的 TrCH:

$$x_{1,i,k} = e_{i,k}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, X_i, \quad X_i = N_i.$$

4.2.7.3.2 比特合并

比特 x_{bik} 是 4.2.7.5 节中描述的速率匹配算法的输入，而该速率匹配算法的输出记为 $y_{bi1}, y_{bi2}, y_{bi3}, \dots, y_{biY_i}$ 。

比特合并是比特分离的反函数。合并后的比特记为 $z_{bi1}, z_{bi2}, z_{bi3}, \dots, z_{biY_i}$ 。比特合并后，显示为打孔的比特将被移去，随后的比特记为 $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, \dots, f_{iV_i}$ ，这里 i 表示 TrCH 号， $V_i = N_{ij} + \Delta N_{ij}$ 。 y_{bik} 、 z_{bik} 和 f_{ik} 的关系如下。

打孔采用 Turbo 编码的 TrCH ($Y_i = X_i$):

$$z_{i,3(k-1)+1+(\alpha_1+\beta_n)\text{mod}3} = y_{1,i,k}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, Y_i.$$

$$z_{i,3\lfloor N_i/3\rfloor+k} = y_{1,i,\lfloor N_i/3\rfloor+k}, \quad k=1, \dots, N_i \bmod 3 \quad \text{注: 当 } (N_i \bmod 3) = 0 \text{ 时,}$$

不需该行。

$$z_{i,3(k-1)+1+(\alpha_2 + \beta_{n_i}) \bmod 3} = y_{2,i,k}, \quad k=1, 2, 3, \dots, Y_i。$$

$$z_{i,3(k-1)+1+(\alpha_3 + \beta_{n_i}) \bmod 3} = y_{3,i,k}, \quad k=1, 2, 3, \dots, Y_i。$$

比特合并后，如果比特 $z_{i,k}$ 有值 δ ， $\delta \notin \{0,1\}$ ，将被从比特序列中移去。比特 $f_{i,1}$ 相应于打孔后有最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ ，比特 $f_{i,2}$ 相应于打孔后有次最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ 等。

采用卷积编码的 TrCH，和有重复采用 Turbo 编码的 TrCH：

$$z_{i,k} = y_{1,i,k}, \quad k=1, 2, 3, \dots, Y_i。$$

如果执行了重复，则 $f_{i,k} = z_{i,k}$ 且 $Y_i = V_i$ 。

如果执行了打孔，则 $Y_i = X_i$ 且如果比特 $z_{i,k}$ 有值 δ ， $\delta \notin \{0,1\}$ ，将被从比特序列中移去。比特 $f_{i,1}$ 相应于打孔后有最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ ，比特 $f_{i,2}$ 相应于打孔后有次最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ 等。

4.2.7.4 下行链路的比特分离和合并

采用 Turbo 编码的 TrCH 的系统比特不会被打孔，其他的比特可能被打孔。因此在输入速率匹配模块的比特序列中，包括系统比特，第一奇偶比特和第二奇偶比特，因而需要被分离为三个序列。

第一个序列包括：采用 Turbo 编码的传输信道中的所有系统比特；格栅终止的一些系统比特，第一和第二奇偶校验比特。

第二个序列包括：采用 Turbo 编码的传输信道中的所有第一奇偶校验比特；格栅终止的一些系统比特，第一和第二奇偶校验比特。

第三个序列包括：采用 Turbo 编码的传输信道中的所有第二奇偶校验比特；格栅终止的一些系统比特，第一和第二奇偶校验比特。

打孔只用于第二个序列和第三个序列。比特分离函数对采用卷积编码的传输信道和有重复的采用 Turbo 编码的传输信道是透明的。比特分离和比特合并如图 7 和图 8 所示。

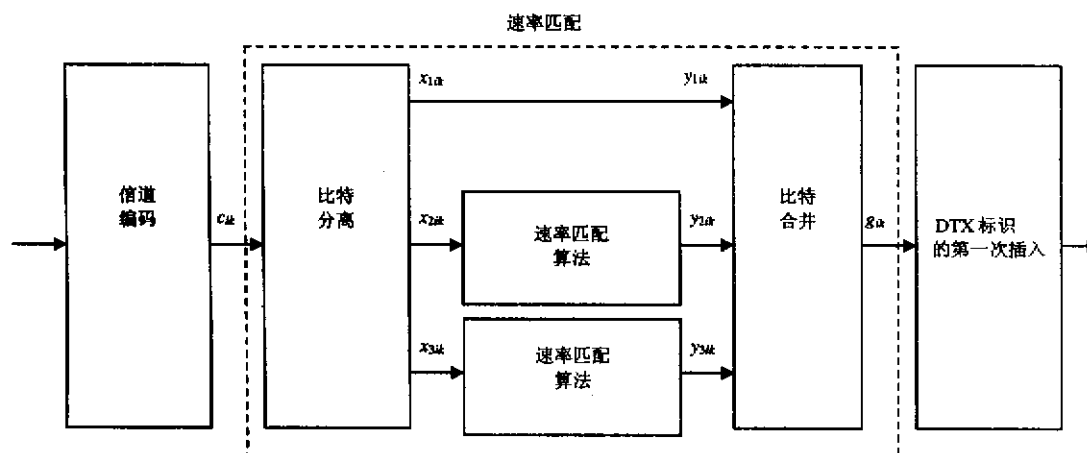


图 7 下行链路中采用 Turbo 编码的 TrCH 的打孔

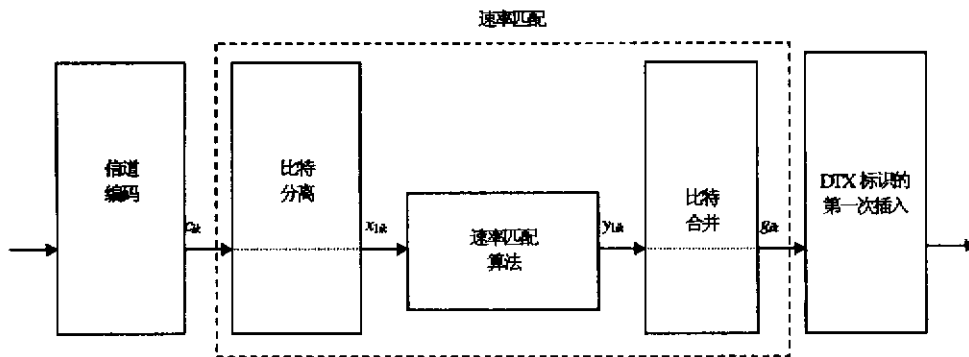


图 8 下行链路中采用卷积编码的 TrCH 和有重复采用 Turbo 编码的 TrCH 的速率匹配

4.2.7.4.1 比特分离

速率匹配的输入比特表示为 $c_{i1}, c_{i2}, c_{i3}, \dots, c_{iE_i}$ ，这里的 i 为 TrCH 号， E_i 为速率匹配模块的输入比特数。注意，对 Turbo 编码 TrCHs E_i 是 3 的倍数，为了简化，在比特编号中传输格式组合号 j 被略去，即 $E_i = N_{ij}$ 。在分离后比特记为 $x_{bi1}, x_{bi2}, x_{bi3}, \dots, x_{biX_i}$ 。对打孔的 Turbo 编码 TrCH， b 用于识别 4.2.7.4 节中所指的 3 种序列。在其他的情况下 b 被固定为 1。 X_i 则是每个分离后的比特序列的比特数。 c_{ik} 和 x_{bik} 的关系如下。

打孔采用 Turbo 编码的 TrCH:

$$x_{1,i,k} = c_{i,3(k-1)+1}, \quad k=1,2,3,\dots,X_i, \quad X_i = E_i/3。$$

$$x_{2,i,k} = c_{i,3(k-1)+2}, \quad k=1,2,3,\dots,X_i, \quad X_i = E_i/3。$$

$$x_{3,i,k} = c_{i,3(k-1)+3}, \quad k=1,2,3,\dots,X_i, \quad X_i = E_i/3。$$

采用卷积编码的 TrCH，和有重复采用 Turbo 编的码 TrCH:

$$x_{1,i,k} = c_{i,k}, \quad k=1,2,3,\dots,X_i, \quad X_i = E_i。$$

4.2.7.4.2 比特合并

比特 x_{bik} 是 4.2.7.5 节中描述的速率匹配算法的输入，而该速率匹配算法的输出记为 $y_{bi1}, y_{bi2}, y_{bi3}, \dots, y_{biY_i}$ 。

比特合并是比特分离的反函数。合并后的比特记为 $z_{bi1}, z_{bi2}, z_{bi3}, \dots, z_{biY_i}$ 。比特合并后，显示为打孔的比特将被移去，随后的比特记为 $g_{i1}, g_{i2}, g_{i3}, \dots, g_{iG_i}$ ，这里 i 表示 TrCH 号， $G_i = N_{ij} + \Delta N_{ij}$ 。 y_{bik}, z_{bik} ，和 g_{ik} 的关系如下。

打孔采用 Turbo 编码的 TrCH ($Y_i = X_i$):

$$z_{i,3(k-1)+1} = y_{1,i,k}, \quad k=1,2,3,\dots,Y_i。$$

$$z_{i,3(k-1)+2} = y_{2,i,k}, \quad k=1,2,3,\dots,Y_i。$$

$$z_{i,3(k-1)+3} = y_{3,i,k}, \quad k=1,2,3,\dots,Y_i。$$

比特合并后，如果比特 $z_{i,k}$ 有值 δ ， $\delta \in \{0,1\}$ ，将被从比特序列中移去。比特 $g_{i,1}$ 相应于打孔后有最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ ，比特 $g_{i,2}$ 相应于打孔后有次最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ 等。

采用卷积编码的 TrCH，和有重复采用 Turbo 编码的 TrCH：

$$z_{i,k} = y_{i,j,k}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, Y_i。$$

如果执行了重复，则 $g_{i,k} = z_{i,k}$ 且 $Y_i = G_i$ 。

如果执行了打孔，则 $Y_i = X_i$ 且如果比特 $z_{i,k}$ 有值 δ ， $\delta \in \{0,1\}$ ，将从比特序列中移去。比特 $g_{i,1}$ 相应于打孔后有最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ ，比特 $g_{i,2}$ 相应于打孔后有次最小指数 k 的比特 $z_{i,k}$ 等。

4.2.7.5 速率匹配模式的确定

速率匹配前的比特定义为： $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{iX_i}$ ，其中 i 是 TrCH 号并且上行链路或下行链路的序列分别在 4.2.7.3 节或在 4.2.7.4 节中加以描述。上行链路或下行链路的参数 $X_i, e_{\text{ini}}, e_{\text{plus}}$ ，和 e_{minus} 则分别在 4.2.7.1 节或 4.2.7.2 节中给出。

速率匹配的准则如下：

如果执行了打孔

$e = e_{\text{ini}}$ ——当前打孔比率和期望打孔比率之间的初始误差

$m = 1$ ——当前比特的指数

do while $m \leq X_i$

$e = e - e_{\text{minus}}$ ——矫正误差

if $e \leq 0$ then ——如果比特数 m 核对无误后，将被打孔置比特 $x_{i,m}$ 为 δ ， $\delta \in \{0,1\}$

$e = e + e_{\text{plus}}$ ——矫正误差

end if

$m = m + 1$ ——下一个比特

end do

else

$e = e_{\text{ini}}$ ——当前打孔比率和期望打孔比率之间的初始误差

$m = 1$ ——当前比特指数

do while $m \leq X_i$

$e = e - e_{\text{minus}}$ ——矫正误差

do while $e \leq 0$ ——如果比特数 m 核对无误后，将被重复重复比特 $x_{i,m}$

$e = e + e_{\text{plus}}$ ——矫正误差

end do

$m = m + 1$ ——下一个比特

end do

end if

一个重复比特被直接放置在开始的任一个之后。

4.2.8 传输信道复用

每 10 ms，来自每个 TrCH 的无线帧被送到 TrCH 中。这些无线帧被连续地复用到一个码组合传输信道 (CCTrCH) 中。

输入到 TrCH 复用的比特用 $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, \dots, f_{iV_i}$ 来表示， i 是 TrCH 号，并且 V_i 是在 TrCH i 的无线帧中的比特数。TrCH 数用 l 来表示。从 TrCH 复用输出的比特用 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_S$ 来表示， S 是比特数。即 $S = \sum_i V_i$ 。TrCH 复用用下斜列叙述来表示：

$$s_k = f_{1k}, k = 1, 2, \dots, V_1;$$

$$s_k = f_{2,(k-V_1)}, k = V_1+1, V_1+2, \dots, V_1+V_2;$$

$$s_k = f_{3,(k-(V_1+V_2))}, k = (V_1+V_2)+1, (V_1+V_2)+2, \dots, (V_1+V_2)+V_3;$$

...

$$s_k = f_{L,(k-(V_1+V_2+\dots+V_{L-1}))}, k = (V_1+V_2+\dots+V_{L-1})+1, (V_1+V_2+\dots+V_{L-1})+2, \dots, (V_1+V_2+\dots+V_{L-1})+V_L.$$

注：每 10ms，来自各个 TrCH 的无线帧被送到 TrCH 复用单元中。在这个单元中，所有 TrCH 单元的比特根据顺序进行级联，合成一个码组合传输信道。

4.2.9 不连续发射(DTX)比特的插入

在下行链路中，利用 DTX 比特填充无线帧。DTX 指示比特的插入位置取决于无线帧中 TrCH 的位置是否固定。在连接时，UTRAN 决定每个码组合传输信道是否使用固定位置。当传输被关闭时，使用 DTX 指示比特，而且，这些指示比特不被发送。

4.2.9.1 第一次插入 DTX 比特

插入的 DTX 比特仅用于在无线帧中 TrCH 的位置是固定的情况。对于无线帧中的每一个 TrCH 预先利用固定位置来配置一个固定比特数。

来自速率匹配的比特用 $g_{i1}, g_{i2}, g_{i3}, \dots, g_{iG_i}$ 来表示， G_i 是 TrCH i 的一个传输时间间隔中的比特数。 H_i 表示 TrCH i 的一个无线帧的比特数。 D_i 表示第一个 DTX 插入块的输出比特数。

在不包含压缩帧或包含通过减少扩频因子进行压缩的帧的 TTI 中， H_i 为常数，对应于 TrCH i 的任何传输格式，一个无线帧从 TrCH i 输出的最大比特数， $D_i = F_i * H_i$ 。

在打孔的压缩模式下，速率匹配模块中进行额外的打孔。额外打孔留出的空位置将在第一次交织时被插入 p bit，因此 DTX 的插入仅限于后面 p bit 插入的位置。DTX 的插入直到输出的比特总数达到 $D_i = F_i * H_i - N_{p_{i,max}}^{TTI,m}$ ，和 $H_i = N_{i,*} + \Delta N_{i,*}$ 。

从 DTX 插入输出的比特用 $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, \dots, h_{iD_i}$ 来表示。这些比特是三值的。通过下列的叙述来定义：

$$h_{ik} = g_{ik}, k = 1, 2, 3, \dots, G_i;$$

$$h_{ik} = \delta, k = G_i+1, G_i+2, G_i+3, \dots, D_i.$$

DTX 插入比特用 δ 来表示，这里 $g_{ik} \in \{0, 1\}$ 并且 $\delta \notin \{0, 1\}$ 。

从 DTX 插入输出的比特可能取 3 个值之一，分别是 0、1 或 δ 。

4.2.9.2 第二次 DTX 指示比特的插入

DTX 比特插入这步只用在无线帧中的 TrCH 的位置不固定的情况。DTX 比特将被放置在无线帧的末端，DTX 将会分布在第二交织后的所有时隙。

输入到 DTX 插入模块的比特用 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_S$ 来表示， S 是 TrCH 复用的比特数。物理信道数用 P 和一个无线帧中的比特数来表示，包括 DTX 比特，对于每一个物理信道用 R 来表示。

在正常模式， $R = \frac{N_{data,*}}{P} = 15 \times (N_{data1} + N_{data2})$ ， N_{data1} 和 N_{data2} 在参考文献[2]中有定义。

在压缩模式下， $N'_{data,*}$ 定义为 $N'_{data,*} = P \times 15 \times (N'_{data1} + N'_{data2})$ 。 N'_{data1} 和 N'_{data2} 是当前压缩模式的时

隙格式的数据域的比特数，在参考文献[2]中定义时隙格式 A 和 B 对应所使用的扩频因子和传输时隙数。

在打孔的压缩模式和固定位置的情况下，由于前面插入了 p bit，已经保留了精确的空间，所以插入 DTX，直到比特数为 $N'_{data,*}$ ，所以 R 可以定义为 $R = N'_{data,*} / P$ 。

在上层进行调度的压缩模式下，如果上层调度所产生传输时间减少不能产生希望的 TGL 的传输间隔，需要根据正常模式加入额外 DTX。在 SF 减少和上层调度的压缩模式下，一个无线帧中，码组合

传输信道可用的比特数可以表示为 $N_{data,*}^{cm}$ 和 $R = \frac{N_{data,*}^{cm}}{P}$ 。

在时间减少 SF/2 的压缩模式下， $N_{data,*}^{cm} = \frac{N'_{data,*}}{2}$ ，

在通过上层调度的压缩模式下， $N_{data,*}^{cm}$ 的精确值由 TGL 决定，而 TGL 由上层信令给出。 $N_{data,*}^{cm}$ 由式 $N_{data,*}^{cm} = N'_{data,*} - N_{TGL}$ 计算得到。

N_{TGL} 表示传输间隔内的比特数，定义为：

$$N_{TGL} = \begin{cases} \frac{TGL}{15} \times N'_{data,*}, & \text{if } N_{first} + TGL \leq 15 \\ \frac{15 - N_{first}}{15} \times N'_{data,*}, & \text{在第一帧内 if } N_{first} + TGL > 15 \\ \frac{TGL - (15 - N_{first})}{15} \times N'_{data,*}, & \text{在第二帧内, if } N_{first} + TGL > 15 \end{cases}$$

在 4.4 中定义了 N_{first} 和 TGL 。

从 DTX 插入模块输出的比特用 $w_1, w_2, w_3, \dots, w_{(PU)}$ 来表示，这些比特是 3 个值。如果在打孔的压缩模式下，这些比特共有 4 个值。它们用下列的关系详细定义：

$$w_k = s_k, \quad k = 1, 2, 3, \dots, S;$$

$$w_k = \delta, \quad k = S+1, S+2, S+3, \dots, PU.$$

DTX 比特用 δ 来表示。这里 $s_k \in \{0, 1, p\}$ ，并且 $\delta \notin \{0, 1\}$ 。

4.2.10 物理信道的分段

当有超过一个物理信道被用到时，物理信道分段在不同的物理信道中分隔比特。输入到物理信道的分段用 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_Y$ 来表示， Y 是输入到物理信道的分段模块的比特数。物理信道的数目用 P 来表示。

物理信道分段后的比特被表示为 $u_{p1}, u_{p2}, u_{p3}, \dots, u_{pU}$ ， p 是物理信道数，并且 U 是对于每一个物理信道在一个无线帧中的比特数，即在打孔的压缩模式下 $U = (X - N_{TGL} - (N_{data,*} - N'_{data,*})) / P$ ，其他模式 $U = \frac{Y}{P}$ 。 x_k 与 u_{pk} 的关系通过下面给出。

对于所有模式，输入流的一些比特被映射成每一个码，直到映射为码的比特数达到 U 为止。对于打孔模式之外的其他模式，输入流的所有比特都被映射为码。而对于打孔的压缩模式，只有 p bit 以外的码被映射为码，为了留出打孔模式所需要的空间，删除每一个 p bit，如下所示：

在物理信道的分段后的第一个物理信道上的比特：

$$u_{1,k} = x_{i_v(k)}, \quad k = 1, 2, \dots, U$$

在物理信道的分段后的第二个物理信道上的比特：

$$u_{2,k} = x_{i_v(k+U)}, \quad k = 1, 2, \dots, U$$

...

在物理信道的分段后的第 P 个物理信道上的比特:

$$u_{pk} = x_{i,f(k)(P-1)+U}, \quad k = 1, 2, \dots, U.$$

其中, f 定义为:

对于除打孔压缩模式外的其他模式, $x_{i,f(k)} = x_{i,k}$, 即对于所有的 k , $f(k) = k$; 对于打孔压缩模式, 比特 $u_{1,1}$ 对应不包括比特 p 的最小序号 k 的比特 $x_{i,k}$, 比特 $u_{1,2}$ 对应不包括比特 p 的此小序号的比特 $x_{i,k}$ 对比特 $u_{1,3}, \dots, u_{1,U}, u_{2,1}, u_{2,2}, \dots, u_{2,U}, \dots, u_{P,1}, u_{P,2}, \dots, u_{P,U}$, 也依次类推。

4.2.10.1 在上行链路中物理分段模块的输入与输出之间的联系

输入到物理分段的比特用 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_S$ 来表示。因此, $x_k = s_k$, 且 $Y = S$ 。

4.2.10.2 在下行链路中物理信道分段模块的输入与输出之间的联系

输入到物理信道分段的比特用 $w_1, w_2, w_3, \dots, w_{(PU)}$ 来表示。因此, $x_k = w_k$, 且 $Y = PU$ 。

4.2.11 第二次交织

第二交织是一个块交织器, 由输入到矩阵中带有填充的比特, 矩阵的列间置换和从矩阵输出的带有修剪的输出比特组成。输入到第二交织的比特用 $u_{p,1}, u_{p,2}, u_{p,3}, \dots, u_{p,U}$ 来表示, p 是物理信道数, 且 U 是在一个无线帧中的物理信道上的比特数。从块交织器输出的输出比特序列通过下述方式得到:

- (1) $C_2 = 30$ 将是矩阵的列数。从左到右的列编号为 $0, 1, 2, \dots, C_2 - 1$ 。
- (2) 通过确定矩阵的最小整数 R_2 来找出行数 R_2 , 使 $U \leq R_2 \times C_2$ 。

矩阵的行数从上至下按 $0, 1, 2, \dots, R_2 - 1$ 编号。

输入到第二交织的输入比特序列 $u_{p,1}, u_{p,2}, u_{p,3}, \dots, u_{p,U}$, 从行 0 的列 0 比特 $y_{p,1}$ 开始按行写入到 $R_2 \times C_2$ 的正交矩阵中:

$$\begin{bmatrix} y_{p,1} & y_{p,2} & y_{p,3} & \dots & y_{p,C_2} \\ y_{p,(C_2+1)} & y_{p,(C_2+2)} & y_{p,(C_2+3)} & \dots & y_{p,(2 \times C_2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{p,((R_2-1) \times C_2+1)} & y_{p,((R_2-1) \times C_2+2)} & y_{p,((R_2-1) \times C_2+3)} & \dots & y_{p,(R_2 \times C_2)} \end{bmatrix}$$

其中 $y_{p,k} = u_{p,k}$ 对于 $k = 1, 2, \dots, U$; 并且当 $R_2 \times C_2 > U$ 时, $y_{p,k} = 0$ 或 $1, k = U + 1, U + 2, \dots, R_2 \times C_2$ 。

- (4) 以表 7 中给出的 $\{P_2(j)\}_{j \in \{0,1,\dots,C_2-1\}}$ 为基础来执行行列交互的排列。 $P_2(j)$ 是初始列第 j 列的位置。

在列的改变之后, 通过 $y'_{p,k}$ 来表示比特。

$$\begin{bmatrix} y'_{p,1} & y'_{p,(R_2+1)} & y'_{p,(2 \times R_2+1)} & \dots & y'_{p,((C_2-1) \times R_2+1)} \\ y'_{p,2} & y'_{p,(R_2+2)} & y'_{p,(2 \times R_2+2)} & \dots & y'_{p,((C_2-1) \times R_2+2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y'_{p,R_2} & y'_{p,(2 \times R_2)} & y'_{p,(3 \times R_2)} & \dots & y'_{p,(C_2 \times R_2)} \end{bmatrix}$$

- (5) 块交织的输出是从列间置换的 $R_2 \times C_2$ 矩阵中按列读出的比特序列。删除在进列间置换前, 输入到矩阵中的伪比特后输出比特, 即比特 $y'_{p,k}$ 与相应的比特 $y_{p,k}$ 在 $k > U$ 时比特 $y_{p,k}$ 从输出中分离。在第二交织之后的比特用 $v_{p,1}, v_{p,2}, \dots, v_{p,U}$ 来表示, $v_{p,1}$ 对应于比特 $y'_{p,k}$ 在删除之后的最小指数 k , $v_{p,2}$ 对应于比特 $y'_{p,k}$ 在删除之后的第二小指数 k , 等。

表7 第二次交织的列间置换模式

列数 C_2	列间置换模式 $\langle P2(0), P2(1), \dots, P2(C2-1) \rangle$
30	{0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17}

4.2.12 物理信道的映射

在参考文献[2]中定义了上行链路和下行链路的物理信道。输入到物理信道的映射的比特用 $v_{p1}, v_{p2}, \dots, v_{pU}$ 来表示, p 是物理信道数, 且 U 是一个物理信道的一个无线帧中的比特数。比特 v_{pk} 被映射到物理信道, 所以每个物理信道的比特以 k 的升序通过空中传输。

在压缩模式中, 没有比特被映射到物理信道的 (s) 某些时隙。如果 $N_{\text{first}} + TGL \leq 15$, 没有比特被映射到间隙 N_{first} 到 N_{last} 。如果 $N_{\text{first}} + TGL > 15$, 即传输间隔跨越两个连续的无线帧, 映射如下:

在第一个无线帧中, 没有比特被映射到间隙 $N_{\text{first}}, N_{\text{first}}+1, N_{\text{first}}+2, \dots, 14$; 在第二个无线帧中, 没有比特被映射到间隙 $0, 1, 2, \dots, N_{\text{last}}$ 。

TGL, N_{first} , 和 N_{last} 的定义在 4.4 节中给出。

4.2.12.1 上行链路

在上行链路的一个无线帧期间, 不是使用填满比特的物理信道, 这些比特通过空中发送, 就是不使用物理信道。惟一的例外是当 UE 符合压缩模式时。在连续的无线帧间隙期间, 传输可能被关掉。

4.2.12.2 下行链路

在下行链路中, 不需要通过空中发送的比特把物理信道填满。值 $v_{pk} \in \{0, 1\}$ 对应于 DTX 指示符, 该指示符映射到 DPCH/DPDCH 字段, 但不在空中传输。

在扩频因子减半的压缩模式下, 数据比特总是映射到一个压缩帧内的 7.5 个时隙中。根据下述规则, 没有比特映射到 DPDCH:

IF $N_{\text{first}} + TGL \leq 15$, 即传输间隔横跨一个无线帧,

IF $N_{\text{first}} + 7 \leq 14$

没有比特映射到间隙 $N_{\text{first}}, N_{\text{first}}+1, \dots, N_{\text{first}}+(7-TGL)$,

没有比特映射到间隙 $N_{\text{last}} + (8-TGL)$ 的前端 $(N_{\text{data1}} + N_{\text{data2}})/2$ 个比特位置上。

ELSE

没有比特映射到间隙 $N_{\text{first}}, N_{\text{first}}+1, \dots, N_{\text{first}}+14$;

没有比特映射到间隙 $N_{\text{first}}-1, N_{\text{first}}-2, N_{\text{first}}-3, N_{\text{first}}-(7-TGL-(14-N_{\text{last}}))$

没有比特映射到间隙 $N_{\text{first}}-(8-TGL-(14-N_{\text{last}}))$ 的最后 $(N_{\text{data1}} + N_{\text{data2}})/2$ 比特位置上。

END IF

IF $N_{\text{first}} + TGL > 15$, 即传输间隔横跨两个连续的无线帧。

在第一个无线帧中, 没有比特映射到间隙 7 的最后 $(N_{\text{data1}} + N_{\text{data2}})/2$ 比特位置上和间隙 8、9、10、14。

在第二个无线帧中, 没有比特映射到间隙 0、1、2、3、4、5、6 和间隙 7 的前端 $(N_{\text{data1}} + N_{\text{data2}})/2$ 个比特位置上。

在参考文献[2]中定义 N_{Data1} 和 N_{Data2} 。

4.2.13 对不同码组合传输信道类型的限制

在 TS 25.302 参考文献[11]的总括中描述了对不同码组合传输信道类型的限制。在这节中将通过层 1 的注释给出。

4.2.13.1 上行链路专用信道

在一个码组合传输信道中的 TrCH I 的最大值, 在每一个传输信道上的传输块 M_i 的最大值, 以及 DPDCH P 的最大值由 UE 的容量等级给出。

4.2.13.2 随机访问信道

- 在每一个 RACH 码组合传输信道中只能有一个 TrCH。即, $I=1$, $s_k = f_{ik}$, $S = V_1$ 。
- 由 UE 的容量等级给出在传输信道上的传输块 M_1 的最大值。
- 传输时间间隔为 10 ms 或 20 ms。

仅用到了一个 PRACH, 即 $P=1$, $u_{ik} = s_k$, 且 $U = S$ 。

与其他传输信道参数不同, 静态速率匹配参数 RM1, 它不是由高层信令通过系统信息提供。由于在码组合传输信道中只有一个传输信道, 所以可以使用任何一个值, 因而每个传输格式组合对应一个传输信道, 并且在多个传输信道之间不需要做任何平衡。

4.2.13.3 公用分组信道

在一个码组合传输信道中的 TrCH I 数的最大值, 在每一个传输信道上的传输块 M_i 数的最大值, 以及 DPDCH P 数的最大值由 UE 的容量等级给出。

注: 只有 CPCH 的数据部分才能被映射到多路物理信道 (这个注释取自 TS 25.302)。

4.2.13.4 下行链路专用信道

在一个码组合传输信道中的 TrCH I 数的最大值, 在每一个传输信道上的传输块 M_i 数的最大值, 以及 DPDCH P 数的最大值由 UE 的容量等级给出。

4.2.13.5 与 DCH 相随路的下行链路共用信道

- 扩频因子由伴随 DPCH 信道中的传输格式组合标识(TFCI)予以指示。
- 码组合传输信道中的 TrCH I 的最大个数, 在传输信道上传输块 M_1 数的最大值和下行链路共享物理信道(PDSCH) (下行物理共享信道) P 数的最大值由 UE 容量等级给出。

4.2.13.6 广播信道

- 在 BCH 码组合传输信道中只能存在一个 TrCH, 即 $I=1$, $s_k = f_{ik}$, $S = V_1$ 。
- 在每一个传输时间间隔中只能存在一个传输块, 即 $M_1 = 1$ 。
- 除了速率匹配 RM_1 之外, 所有传输格式属性都有一个预设值, 由参考文献[11]提供。
- 静态速率匹配参数 RM_1 不是由高层信令提供。由于在码组合传输信道中只有一个传输信道, 所以可以使用任何一个值, 因此每个传输格式组和对应一个传输信道, 并且在多个传输信道之间不需要做任何平衡。

- 只用到了一个主 CCPCH, 即 $P=1$ 。

4.2.13.7 前向接入信道与寻呼信道

— 在码组合传输信道中 TrCH I 数的最大值和在每一个传输信道上的传输块 M_i 数的最大值由 UE 的容量等级给出。

- 对于 PCH (寻呼信道) 类型的 TrCH, 传输时间间隔恒定在 10 ms。
- 在每一个码组合传输信道上只有一个 S-CCPCH 被用到, 即 $P=1$ 。

4.2.14 不同传输信道到一个码组合传输信道的复用以及一个码组合传输信道到物理信道的映射

下列规则适用于相同码组合传输信道部分的不同传输信道：

- (1) 复用到一个码组合传输信道的传输信道应该有一致的定时。当一个或多个传输信道加到码组合传输信道、或者码组合传输信道内部重新配置、再或者从码组合传输信道中删除 TrCH，码组合传输信道的 TFCS 会发生改变。只有当无线帧的 CFN 满足如下条件时，才可进行上述改变。

$$CFN \bmod F_{\max} = 0$$

其中， F_{\max} 表示这个传输时间间隔内复用到相同码组合传输信道的传输信道的最大无线帧数目，此处的传输信道包括添加的、重新配置的或被删除的传输信道 i ，CFN 表示已改变的码组合传输信道中第一个无线帧连接帧号。

将传输信道 i 加入或重新配置到码组合传输信道后，传输信道 i 的传输时间间隔开始于满足 CFN 条件的无线帧中，即 CFN 满足 $CFN \bmod F_i = 0$ 。

对于 DSCH CCTrCH 类型，当 CFN 满足 $CFN \bmod F_{\max} = 0$ 条件时，配置到一个无线帧中的比特数目 N_{data} 可以改变，此处的 F_{\max} 表示 TTI 内所有传输信道中的最大无线帧数目，此处的传输信道指在前一个无线帧中复用到 CCTrCH 的所有含非 0 传输块传输格式的传输信道。

- (2) 只有具有相同激活集的传输信道才可以被映射到相同的码组合传输信道。
- (3) 不同的码组合传输信道不能被映射到相同的物理信道。
- (4) 一个码组合传输信道可以被映射到一个或者几个。所有的物理信道将有相同的 SF。
- (5) 专用传输信道和公用传输信道不能被复用到相同码组合传输信道。
- (6) 对于公用传输信道，只有 FACH（前向接入信道）和 PCH（寻呼信道）可以处于相同的码组合传输信道中。

有两种类型的码组合传输信道：

- (1) 专用类型的码组合传输信道，对应于一个或者几个 DCH 编码和复用的结果。
- (2) 公用类型的码组合传输信道，对应于一个公用信道的编码和复用的结果，在上行链路中是 RACH（随机接入信道），在下行链路中是 DSCH、BCH 或者 FACH/PCH。

4.2.14.1 在一个 UE 中码组合传输信道合并的许可

4.2.14.1.1 在上行链路中码组合传输信道合并的许可

在上行链路中，一个 UE 允许有一个码组合传输信道的最大值。它适用于：一个专用类型的码组合传输信道；一个公用类型的码组合传输信道。

4.2.14.1.2 在下行链路中码组合传输信道合并的许可

对于一个 UE，允许有下列码组合传输信道的合并：

专用类型的 x 码组合传输信道+公用类型的 y 码组合传输信道。

用户的无线接入容量决定了所容许的专用和公用码组合传输信道的组合。对于 DSCH，一个公用类型的码组合传输信道有一个最大值，对于 FACH，一个公用类型的码组合传输信道有一个最大值。对于一个用于 DSCH 的公用码组合传输信道，至少有一个专用码组合传输信道与之合并。

注 1：在上行链路中只有一个 DPCCCH，因此在上行链路中一个 TPC 比特流可控制下行链路中多个不同的 DPDCH，这些 DPDCH 属于相同的或者几个码组合传输信道。

注 2：在下行链路中只有一个 DPCCCH，即使有多个码组合传输信道与之对应。当有多个码组合传输信道时，DPCCCH 被发送到多个码组合传输信道中有最小 SF 的码组合传输信道的物理信道。因而，即使有多个码组合传输信道，

下行链路只有一个 TPC 控制流和一个传输格式组合标识字。

注 3：本标准只支持一个专用 CCTrCH。

4.3 传输格式检测

如果 TrCH i 的传输格式集包括了不止一种的传输格式，可以用下列方法之一检测传输格式。

基于传输格式组合标识的检测。信令指示用传输格式组合标识进行传输格式组合时，使用这种检测方法。

— 显示盲检测。使用信道解码和 CRC 校验来检测 TrCH i 的 TF 组成该方法。

— 引导检测。当至少有一个其他的 TrCH i' 时(为简化考虑，称此传输信道为导引 TrCH)，使用该种方法，适用条件如下：导引 TrCH 和此 TrCH 有相同的传输时间间隔，即 $T_{PI} = T_{Pi}$ ；此 TrCH 的不同 TF 对应于导引 TrCH 的不同 TF；在导引 TrCH 上使用显示盲检测。

如果 TrCH i 的传输格式集中只有一个传输格式，且该传输信道上有多于 0 传输块时，则这个 TrCH 不需要使用显示盲传输格式检测。UE 可以使用引导检测方法或单传输格式检测，这时，UE 假设 TF 对应多个需要解码的传输块。

对于上行链路，盲传输格式选择是一个网络控制选项。对于下行链路，如果配置的 TrCH 满足某些限制，UE 可以使用盲传输格式检测。

对于与一个下行链路共享物理信道相关的专用物理信道，DPCCH 应包括传输格式组合标识。

4.3.1 盲传输格式检测

当一个码组合传输信道中有多个传输格式，而且得不到传输格式组合标识时，可以使用显示传输格式检测和引导检测，这种情况下不使用单传输格式检测。如果满足下面限制，UE 只需要支持盲格式检测：

- (1) UE 只接收到一个码组合传输信道。
- (2) 每个无线帧内接收的码组合传输信道的比特数小于等于 600。
- (3) 码组合传输信道传输格式组合的数目小于或等于 64。
- (4) 被检测的码组合传输信道的传输信道的位置是固定的。
- (5) 所有可显示检测的 TrCH 使用卷积编码。
- (6) 所有可显示检测的 TrCH 的传输块附加非零长度的 CRC 校验。
- (7) 在每个可显示检测的 TrCH，每个 TTI 内至少传输一个传输块；
- (8) 可显示检测的 TrCH 的数目等于或小于 3；
- (9) 对于所有可显示检测的 TrCH i ，一个传输时间间隔中码块的数目不能超过 1；
- (10) 对于所有可显示检测的 TrCH，其传输格式集尺寸之和小于等于 16。传输格式集尺寸的定义为传输格式集中传输格式的和。
- (11) 对于使用引导检测的所有传输信道，至少有一个 TrCH 被用作导引传输信道。

盲传输格式检测方法的例子在附录 A 中给出。

4.3.2 基于传输格式组合标识的显示传输格式检测

如果能得到传输格式组合标识，则可以使用基于传输格式组合标识的检测来检测码组合传输信道内的所有 TrCH。传输格式组合标识告知收信机有关码组合传输信道的传输格式组合，一旦检测到传输格式组合标识，就可以知道传输格式组合，也就知道每个传输信道的传输格式。

4.3.3 传输格式组合标志的编码

利用二阶 Reed-Muller 码的 (30, 10) 的子码对 TFCI 进行编码。编码流程如图 9 所示。

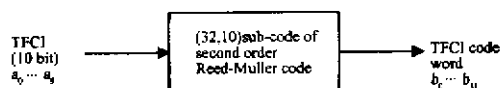


图 9 传输格式组合标识信息比特的信道编码

如果 TFCI 由小于 10bit 组成，那么将用 0 来填补至满 10bit，通过设定最高位比特为 0。传输格式组合标识码字的长度为 32bit。

二阶 Reed-Muller 码的 (32, 10) 子码的码字是 10 个基序列的线性组合，基序列如下表 8 所示。

表 8 传输格式组合标识码的基本序列 (32, 10)

i	$M_{i,0}$	$M_{i,1}$	$M_{i,2}$	$M_{i,3}$	$M_{i,4}$	$M_{i,5}$	$M_{i,6}$	$M_{i,7}$	$M_{i,8}$	$M_{i,9}$
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
3	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1
4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
5	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
6	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
7	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
8	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0
9	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
10	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
11	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1
13	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
14	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
15	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
16	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
17	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0
18	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
19	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
20	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
21	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
22	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
23	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
24	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
25	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
26	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
27	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
28	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
31	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

传输格式组合标识(TFCI)信息比特 a_0, a_1, \dots, a_9 (a_0 是 LSB, a_9 是 MSB) 对应于 RRC 层定义的 TFC 序号 (用无符号的二进制表示), 用于索引随路专用物理信道中码组合传输信道 (CCTrCH) 的传输格式组合(TFC)。

输出码字比特 b_i 的定义如下:

$$b_i = \sum_{n=0}^9 (a_n \times M_{i,n}) \bmod 2$$

式中 $i=0, \dots, 31$; 输出比特由 b_k 标识, $k=0, 1, 2, \dots, 31$ 。

在下行链路, 当 $SF < 128$ 时, 在正常模式下, 编码传输格式组合标识(TFCI)码字在每个时隙被重复以产生 8 个编码传输格式组合标识比特, 但在压缩模式下, TFCI 码字在每个时隙被重复以产生 16 个 TFC 比特。重复比特到时隙的映射方法参见 4.3.5。

4.3.4 在分裂模式中的传输格式组合标识 (TFCI) 的操作

如果一个 DCH 与一个 DSCH 相随路, 传输格式组合标识可能需要分裂, 在这种方式下, 与传输格式组合标识活动指示相关的码字不从每个小区中发送。上层信令指示如何使用该功能。

传输格式组合标识(TFCI)使用 (16, 5) 双正交码 (或一阶 Reed-Muller 码)。编码过程如图 10 所示。(16, 5) 双正交码字是由表 9 中的 5 个基本序列的线性组合。

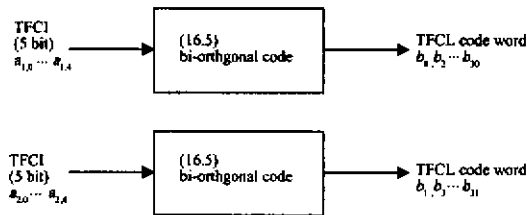


图 10 分裂模式传输格式组合标识信息比特的信道编码

表 9 传输格式组合标识码的基本序列 (16, 5)

I	$M_{i,0}$	$M_{i,1}$	$M_{i,2}$	$M_{i,3}$	$M_{i,4}$
0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1
2	1	1	0	0	1
3	0	0	1	0	1
4	1	0	1	0	1
5	0	1	1	0	1
6	1	1	1	0	1
7	0	0	0	1	1
8	1	0	0	1	1
9	0	1	0	1	1
10	1	1	0	1	1
11	0	0	1	1	1
12	1	0	1	1	1
13	0	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1
15	0	0	0	0	1

传输格式组合标识信息比特的第一个集 $a_{1,0}, a_{1,1}, a_{1,2}, a_{1,3}, a_{1,4}$ ($a_{1,0}$ 是最低位, $a_{1,4}$ 是最高位) 对应于 RRC 定义的 TFC 的索引 (无符号的二进制表示)。用于索引在一个相关专用物理信道(DPCH)无线帧中的 DCH 码组合传输信道的 TFC。

传输格式组合标识信息比特的第二个集 $a_{2,0}, a_{2,1}, a_{2,2}, a_{2,3}, a_{2,4}$ ($a_{2,0}$ 是最低位, $a_{2,4}$ 是最高位)。传输格式组合标识信息比特集对应于 TFC 的索引。用于索引在一个相关 PDSCH 无线帧中的 DSCH 码组合传输信道的 TFC。

输出码字比特 b_k 由下式给出:

$$b_{2i} = \sum_{n=0}^4 (a_{1,n} \times M_{i,n}) \bmod 2; \quad b_{2i+1} = \sum_{n=0}^4 (a_{2,n} \times M_{i,n}) \bmod 2;$$

$$i=0, \dots, 5, j=0, 1。$$

输出比特表示为 $b_k, k=0, 1, 2, \dots, 31$ 。

4.3.5 传输格式组合标识(TFCI)码字的映射

4.3.5.1 正常模式下传输格式组合标识的映射

码字的比特直接映射到无线帧的时隙中。一个时隙内, 低索引的比特在高索引的比特之前被发送。根据下述公式, 编码比特 b_k 可以映射到发送的传输格式组合标识比特 d_k , $d_k = b_{k \bmod 32}$, 此公式适用于上行物理信道 (与扩频因子无关) 和下行物理信道 ($SF \geq 128, k=0, 1, 2, \dots, 29$)。

注: 这意味着 b_{30} 和 b_{31} 不被发送。

对于下行物理信道, $SF < 128, k=0, 1, 2, \dots, 119$ 。这意味着比特 b_0 到 b_{23} 发送了 4 次, b_{24} 到 b_{31} 发送 3 次。

4.3.5.2 压缩模式下传输格式组合标识(TFCI)的映射

在压缩模式下, 上行链路、 $SF \geq 128$ 下行链路、 $SF < 128$ 下行链路的传输格式组合标识比特的映射是不同的。

4.3.5.2.1 上行链路压缩模式

对于上行链路压缩模式, 时隙格式会改变, 所以不会丢失传输格式组合标识比特。压缩模式下不同时隙格式不能对所有的 TGL 匹配精确数目的传输格式组合标识比特, 因此需要重复传输格式组合标识比特。

将一个压缩无线帧中传输格式组合标识域可用比特的数目用 D 表示, 一个时隙内传输格式组合标识域中的可用比特数用 N_{TFCI} 表示。用 E 表示第一个传输格式组合标识比特被重复的数目。

如果传输间隔的起始位置位于当前帧, $E = N_{\text{first}} N_{TFCI}$, 如果传输间隔的起始位置位于前一帧, 或传输间隔的终止位置位于当前帧, 则 $E=0$ 。

传输格式组合标识编码比特 b_k 被映射到传输格式组合标识域的 d_k , 下面的关系定义了每个压缩帧的映射。

$$d_k = b_k, k=0, 1, \dots, \min(31, D-1)$$

如果 $D > 32$, 空余位置由以下码字重复填满 (逆序),

$$d_{D-k-1} = b_{(E+k) \bmod 32}, k=0, \dots, D-33$$

4.3.5.2.2 下行压缩模式

对于下行链路压缩模式, 时隙格式会改变, 所以不会丢失传输格式组合标识(TFCI)比特。压缩模式下不同时隙格式不能对所有的 TGL 匹配精确数目的传输格式组合标识(TFCI)比特, 因此当一无线压缩帧

中的 TFCI 域中的可用比特大于时隙格式允许的 TFCI 比特数目时, 需要使用 DTX。在压缩间隙之后的第一个 TFCI 域中插入 DTX。如果在压缩间隙之前的 TFCI 域中有多余可用的比特(除了用于 TFCI 比特), 在压缩间隙之前的最后一个 TFCI 域中插入 DTX。

将一个压缩无线帧中传输格式组合标识(TFCI)域可用比特的数目用 D 表示, 一个时隙内传输格式组合标识(TFCI)域中的可用比特数用 N_{TFCI} 表示。用 E 表示传输格式组合标识(TFCI)域中插入首个 DTX 比特的位置。

如果压缩间隙起始位置位于当前帧, $E = N_{first} N_{TFCI}$ 。如果传输间隔的起始位置位于前一帧, 或传输间隔的终止位置位于当前帧, 则 $E=0$ 。

记需要传送的 TFCI 比特的数目为 F 。对于时隙格式 nA 或 nB , 其中 $n=0, 1, \dots, 11$ (参见参考文献[2]中的表 11), 则 $F=32$ 。否则 $F=128$ 。传输格式组合标识(TFCI) 码比特 b_k 被映射到传输格式组合标识(TFCI)字段比特 d_k 。下面定义了每一个压缩帧的映射关系。

If $E > 0$, $d_k = b_{k \bmod 32}$, $k = 0, 1, 2, \dots, \min(E, F) - 1$ 。

If $E \leq F$, $d_{k+D-F} = b_{k \bmod 32}$, $k = E, \dots, F - 1$ 。

在 d_k 上使用 DTX, 其中 $k = \min(E, F), \dots, \min(E, F) + D - F - 1$ 。

4.4 压缩模式

在压缩模式中, 从 N_{first} 到 N_{last} 的 TGL 个时隙不被用做数据的传输。如图 11 中所示, 为保证业务质量 (BER, FER 等) 不受处理增益减少的影响, 在压缩帧中提高瞬时发射功率。功率增加的数量与减少发射时间的方法有关 (参阅 4.4.3 节)。网络确定压缩哪些帧, 在压缩模式中时, 压缩帧可以周期性地出现, 如图 11 所示, 或者在请求时出现。压缩帧的速率和类型是一个变量, 且依赖于外界条件和测量要求。

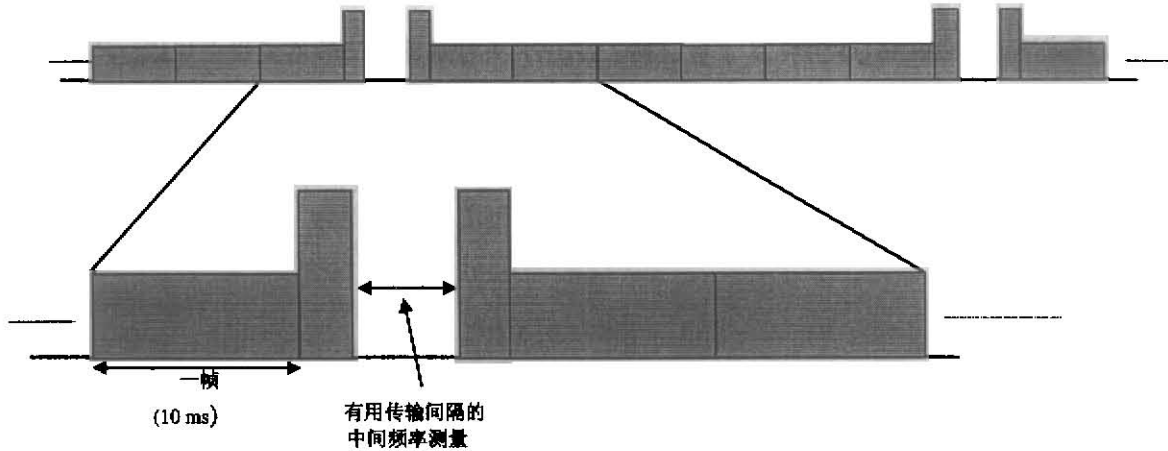


图 11 压缩模式传输

4.4.2 上行链路的帧结构

对于上行链路的帧结构的压缩模式如图 12 所示。

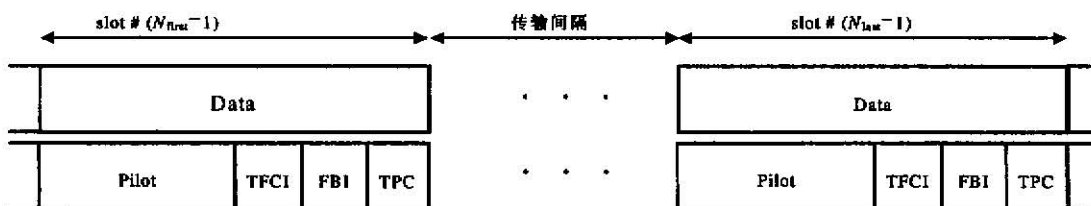


图 12 上行链路中帧结构的压缩传输

4.4.2 下行链路帧结构的类型

下行链路压缩帧有两种不同的帧结构类型：类型 A 使传输间隔的长度最大化（即最大发射空隙）；类型 B，对功率控制进行了优化。类型 A 或 B 由高层设置，压缩帧结构类型与时隙格式类型 A 或 B 无关。

— 关于 A 类型的帧结构，发射空隙中最后一个时隙的导频字段将被发送，发射空隙的其余时间将关闭发射（图 13（a））。

— 关于 B 类型的帧结构，发射空隙中的第一个时隙的 TPC 字段和发射空隙中的最后一个时隙的导频字段将被发射，发射空隙的其余时间将关闭发射（图 13（b））。

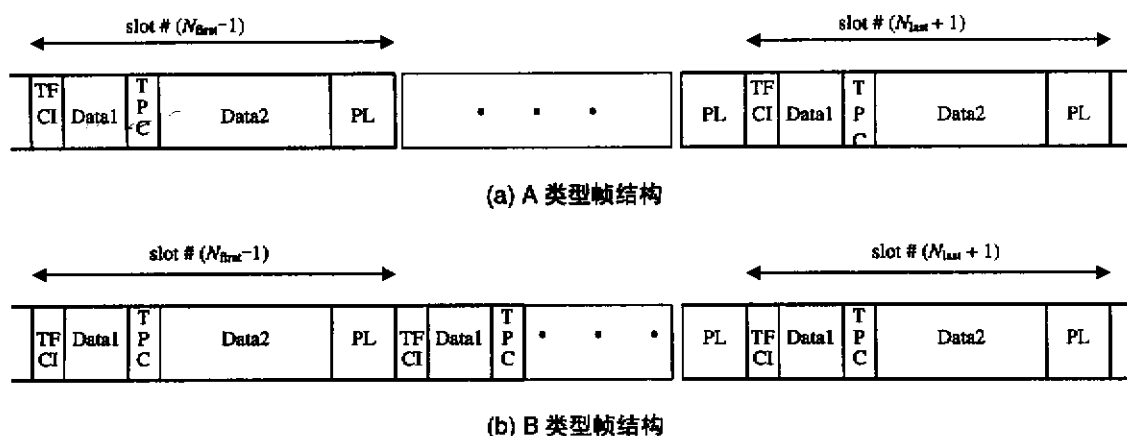


图 13 下行链路中帧结构类型的压缩传输

4.4.3 减少传输时间的方法

在压缩模式下，通常在 10 ms 帧内传输的信息被压缩。可以采用打孔、扩频因子减半或高层调度实现压缩。下行链路支持上述所有的方法，上行链路不支持打孔方法。每 10 ms 帧内的最大空闲长度为 7 个时隙。压缩帧中使用的时隙格式参见参考文献[2]。

4.4.3.1 通过打孔实现压缩模式

在压缩模式下，应用速率匹配（打孔）在一个帧内产生传输间隔。使用的是在 4.2.7 节中描述的速率匹配（打孔）的算法。

4.4.3.2 通过扩频因子减半实现的压缩模式

在压缩模式下，一个无线帧内的扩频因子减半，使得信息比特在压缩帧的剩余时隙内传输。当 $SF=4$ 时，不使用本方法。

下行链路，UTRAN 可以配置 UE 在压缩帧中使用与非压缩帧不同的扰码。压缩帧和非压缩帧使用的扰码存在一一对应的关系，参见参考文献[3]中 5.2.1 节所述。

4.4.3.3 由上层调度的压缩模式

压缩模式可以由上层调度得到。上层设定限制条件，在压缩模式中只可以使用被容许的 TFC 的一个子集，从而得到在无线压缩帧内传递到物理层的最大可用比特数，进而产生传输间隔。注意，在下行链路中以数据字段为代价，扩大了传输格式组合标识字段，因此，高层在设置受限 TFC，应考虑此因素。当 TCH 在无线帧中采用固定位置时，不使用上层调度的压缩模式。

4.4.4 传输间隔位置

为了进行频率间功率测量、其他系统/载波控制信道的捕获、实际的切换操作，可以将传输间隔设置在不同的位置如图 14 和 15 所示。

使用单帧方法时，压缩帧内的传输间隔由传输间隔长度决定，如图 14(a)所示。使用双帧方法时，传输间隔设置在两个连接帧的中间，如图 14(b)所示。

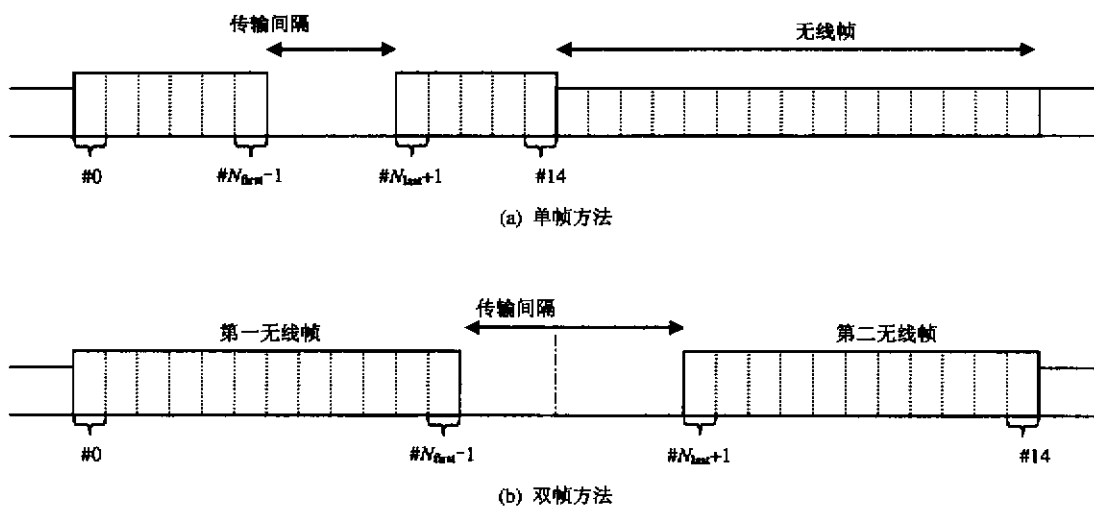


图 14 传输间隔位置

传输间隔位置的参数通过下面计算出：

TGL 压缩模式期间连续空闲时隙数；

$TGL = 3, 4, 5, 7, 10, 14$ 。

N_{first} 指出连续空闲时隙的开始时隙；

$N_{first} = 0, 1, 2, 3, \dots, 14$ 。

N_{last} 表示最终空闲时隙数且计算出，如下：

如果 $N_{first} + TGL \leq 15$ ，then $N_{last} = N_{first} + TGL - 1$ (在相同帧中)；

如果 $N_{first} + TGL > 15$ ，then $N_{last} = (N_{first} + TGL - 1) \bmod 15$ (在下一帧中)。

当传输间隔跨越两个连续无线帧时， N_{first} 和 TGL 必须被选择，所以在每一个无线帧中至少有 8 个时隙被传输。

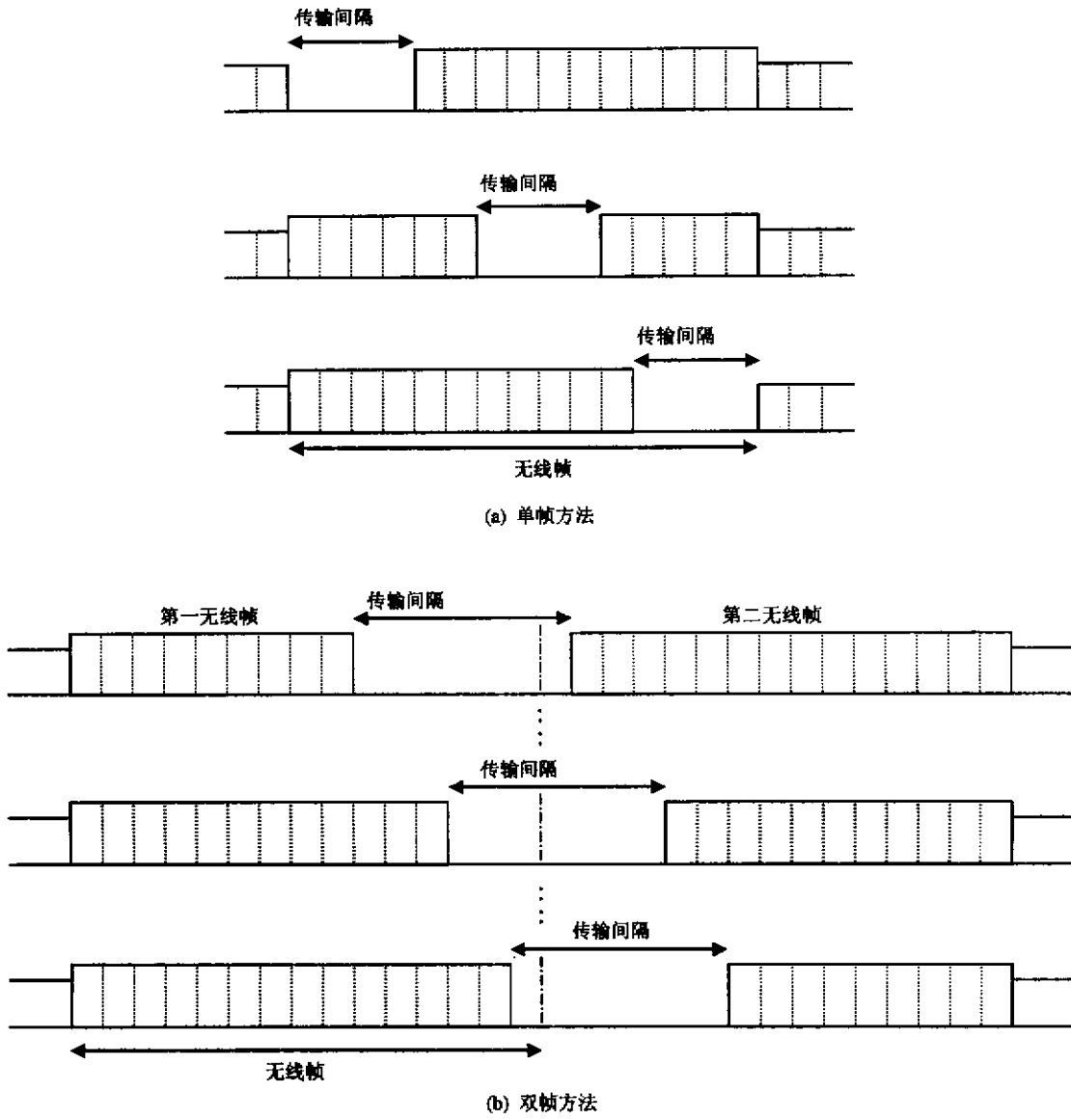


图 15 不同 N_{first} 下的传输间隔位置

附 录 A
(规范性附录)
盲传输检测

A.1 使用接收功率比的盲传输格式检测

对于双传输格式的情况（数据速率可能是 0 或全速，只有在全速时发射 CRC），可以用接收到的功率比进行盲传输格式检测。

使用 DPDCH 和 DPCCH 的平均功率比来进行传输格式的检测。定义下列：

- P_c : 由一个无线帧上每时隙所有导频和 TPC 比特，计算得到的 DPCCH 的每个比特的接收功率；
- P_d : 由一个无线帧上每时隙 X 比特，计算得到的 DPDCH 的每个比特的接收功率；
- X : 传输格式为全速时，每个时隙的 DPCCH 的比特数；
- T : 用于传输格式检测的 DPDCH 和 DPCCH 的平均接收功率比门限。

判决规则由下面公式表示：

If $P_d/P_c > T$ then:

- 检测全速传输格式

else

- 检测零速传输格式。

A.2 使用 CRC 的盲传输格式检测

对于多传输格式的情况（可能的数据速率为 0, ……，（全速） f_r , ……，全速，和对所有的传输格式都发射 CRC），可以使用 CRC 进行盲传输格式检测。

在发射机端，从高层来的具有可变比特数的数据流是经过循环冗余码（CRC）的分组编码和卷积编码。CRC 奇偶比特加在具有可变比特数的数据流的后面，如图 A.1 所示。

通过层 3 的协商，接收机仅知道可能的传输格式（或可能的尾比特位置 n_{end} ）。接收机在软判决抽样序列上执行维特比译码（Viterbi-decoding）。维特比译码器的正确 trellis 路径应该在正确的结束比特位置结束，这时 trellis 上应为零状态。

使用 CRC 的盲传输格式检测方法回溯在零状态和在每一个可能的结束比特位置结束的幸存路径（假定的 trellis 路径）来恢复数据序列。对于每一个被恢复的数据序列，通过检查 CRC 来进行错误检测，如果没有错误，说明被恢复的序列是正确的。

定义下面变量：

$$s(n_{end}) = -10 \log ((a_0(n_{end}) - a_{min}(n_{end})) / (a_{max}(n_{end}) - a_{min}(n_{end}))) \quad (1)$$

式中 $a_{max}(n_{end})$ 和 $a_{min}(n_{end})$ 是在结束比特位置 n_{end} 的所有幸存路径中路径长度值的最大值和最小值， $a_0(n_{end})$ 是零状态的路径长度值。

为了减少错误检测的可能性（当选择的路径是错误的而 CRC 却是正确时，发生此类情况），引入一个路径选择门限 D 。门限 D 决定了这个连接到零状态的假设路径是否应该在每一个结束比特位置 n_{end} 进行回溯。如果连到零状态的假设的 trellis 路径满足：

$$s(n_{end}) \leq D \quad (2)$$

这条路径被回溯去恢复帧数据，其中 D 是路径选择门限，且是一个设计参数。

如果不止一个结束比特位置满足公式 2，则认为具有最小的 $s(n_{\text{end}})$ 值的结束比特位置是正确的。如果对于所有的结束比特位置，都没有路径满足公式 2，则认为接收到的帧数据流是错误的。

图 A.2 说明了使用 CRC 进行盲传输格式检测的过程。

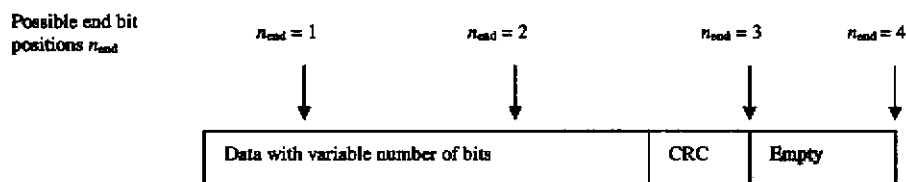


图 A.1 可变比特数的数据实例 4 个可能的传输格式，且传输格式比特位置 $n_{\text{end}}=3$

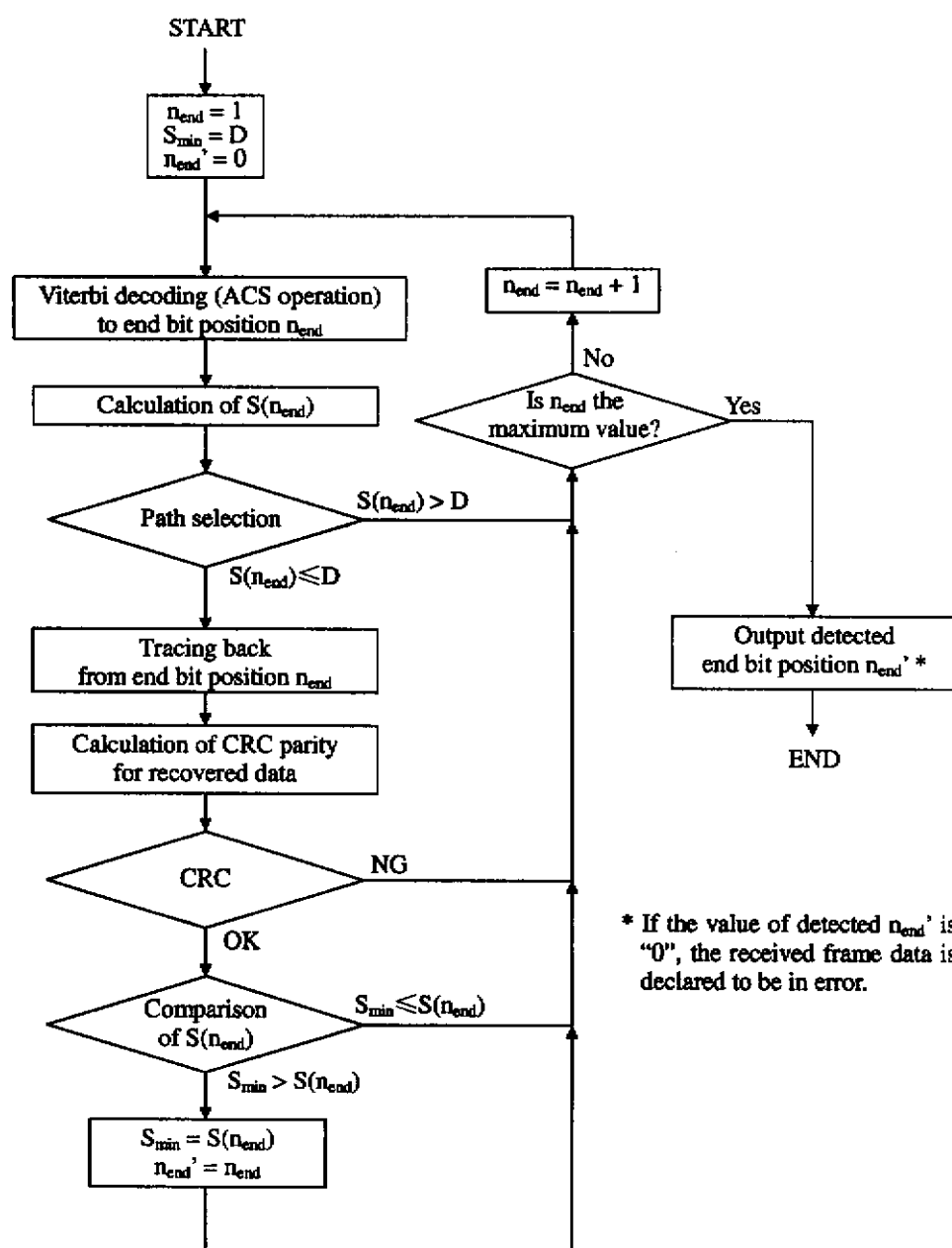


图 A.2 盲传输格式检测的基本处理流程

附录 B

(规范性附录)

压缩模式的等待时间

表 9~11 列出了不同传输间隔长度, UL/DL 模式和 DL 帧类型的等待时间。给出的等待时间完全是由时隙、帧结构和 UL/DL 偏置计算得到。等待时间不包含合成器开关的余量。

表 9 压缩模式参数 (下行)

传输间隔长度	下行帧类型	扩频因子	空闲长度(ms)	缩短传输时间的办法	空闲帧结合
3	A	512~4	1.73~1.99	凿孔、扩频因子除以 2 或者在上层进行解决	(S) (D)=(1, 2)或(2, 1)
	B		1.60~1.86		(S) (D)=(1, 3)、(2, 2)或(3, 1)
4	A		2.40~2.66		(S) (D)=(1, 4)、(2, 3)、(3, 2)或(4, 1)
	B		2.27~2.53		(S) (D)=(1, 6)、(2, 5)、(3, 4)、(4, 3)、(5, 2)或(6, 1)
5	A		3.07~3.33		(S) (D)=(3, 7)、(4, 6)、(5, 5)、(6, 4)或(7, 3)
	B		2.93~3.19		(D)=(7, 7)
7	A		4.40~4.66		
	B		4.27~4.53		
10	A		6.40~6.66		
	B		6.27~6.53		
14	A		9.07~9.33		
	B		8.93~9.19		

表 10 压缩模式参数 (上行)

传输间隔长度	扩频因子	空闲长度(ms)	缩短传输时间的办法	空闲帧结合
3	256~4	2.00	扩频因子除以 2 或者在上层进行解决	(S) (D)=(1, 2)或(2, 1)
4		2.67		(S) (D)=(1, 3)、(2, 2)或(3, 1)
5		3.33		(S) (D)=(1, 4)、(2, 3)、(3, 2)或(4, 1)
7		4.67		(S) (D)=(1, 6)、(2, 5)、(3, 4)、(4, 3)、(5, 2)或(6, 1)
10		6.67		(D)=(3, 7)、(4, 6)、(5, 5)、(6, 4)或(7, 3)
14		9.33		(D)=(7, 7)

表 11 合成的上/下行压缩模式的参数

传输间隔长度	下行帧类型	扩频因子	空闲长度(ms)	缩短传输时间的办法	空闲帧结合
3	A 或 B	DL: 512~4	1.47~1.73	下行: 凿孔、扩频因子除以 2 或者在上层进行解决 上行: 扩频因子除以 2 或者在上层进行解决	(S) (D)=(1, 2)或(2, 1)
4			2.13~2.39		(S) (D)=(1, 3), (2, 2)或(3, 1)
5		UL: 256~4	2.80~3.06		(S) (D)=(1, 4), (2, 3), (3, 2)或(4, 1)
7			4.13~4.39		(S) (D)=(1, 6), (2, 5), (3, 4), (4, 3), (5, 2) or (6, 1)
10			6.13~6.39		(D)=(3, 7), (4, 6), (5, 5), (6, 4)或(7, 3)
14			8.80~9.06		(D)=(7, 7)

(S): 图 14 (1) 给出的单帧法;

(D): 图 14 (2) 给出的双帧法。(x, y) 中 x 是第一帧的等待时隙数, y 是第二帧的等待时隙数。

注: 当正常模式下使用 SF=4 时, 不支持扩频因子减少的压缩模式。

参考文献

- [1] 3GPP TS 25.201: Physical Layer—General Description
- [2] 3GPP TS 25.211: Physical Channels and Mapping of Transport Channels Onto Physical Channels (FDD)
- [3] 3GPP TS 25.213: Spreading and Modulation (FDD)
- [4] 3GPP TS 25.214: Physical Layer Procedures (FDD)
- [5] 3GPP TS 25.215: Physical Layer-Measurements (FDD)
- [6] 3GPP TS 25.221: Physical Channels and Mapping of Transport Channels Onto Physical Channels (TDD)
- [7] 3GPP TS 25.222: Multiplexing and Channel Coding (TDD)
- [8] 3GPP TS 25.223: Spreading and Modulation (TDD)
- [9] 3GPP TS 25.224: Physical Layer Procedures(TDD)
- [10]3GPP TS 25.225: Physical Layer-Measurements(TDD)
- [11]3GPP TS 25.302: Services Provided by the Physical Layer
- [12]3GPP TS 25.402: Synchronisation in UTRAN, Stage2

注：参考的 3GPP 规范是 3GPP R99 2002 年 12 月版。
