

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.2047-0 建议书
(12/2013)

先进国际移动通信 (IMT-Advanced) 卫星无线电接口的详细指标

M 系列

**移动、无线电测定、业务无线电
以及相关卫星业务**

15 
1865-2015

 **ITU** 国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

(也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

| 系列 | 标题 |
|------------|---------------------------|
| BO | 卫星传送 |
| BR | 用于制作、存档和播出的录制；电视电影 |
| BS | 广播业务（声音） |
| BT | 广播业务（电视） |
| F | 固定业务 |
| M | 移动、无线电定位、业余和相关卫星业务 |
| P | 无线电波传播 |
| RA | 射电天文 |
| RS | 遥感系统 |
| S | 卫星固定业务 |
| SA | 空间应用和气象 |
| SF | 卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调 |
| SM | 频谱管理 |
| SNG | 卫星新闻采集 |
| TF | 时间信号和频率标准发射 |
| V | 词汇和相关问题 |

说明： 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版
2015年，日内瓦

© 国际电联 2015

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R M.2047-0 建议书

先进国际移动通信（IMT-ADVANCED）
卫星无线电接口的详细指标

（2013年）

范围

本建议书确定了先进国际移动通信（IMT-Advanced）的地面无线电接口技术，并提供了详细的无线电接口规范。

这些无线电接口规范详细列出了IMT-Advanced的特性和参数。本建议书包括确保世界各地兼容性、国际漫游和获得高速数据业务的能力。

关键词

卫星；无线电接口；IMT-Advanced；SAT-OFDM；BMSat。

缩写词/词汇表

| | |
|--------|-------------|
| 3GPP | 第三代合作伙伴计划 |
| ACK | （肯定的）确认 |
| AI | 捕获指示符（器） |
| AM | 确认方式 |
| AMC | 自适应调制和编码 |
| ARQ | 自动重复请求 |
| AS | 接入层 |
| 3GPP | 第3代一体化项目 |
| BCCH | 广播控制信道 |
| BCH | 广播信道 |
| BPSK | 二进制移相键控 |
| BSR | 缓冲器状态报告 |
| CCCH | 公共控制信道 |
| CCE | 控制信道要素 |
| CCSA | 中国通信标准化协会 |
| CFI | 控制格式指示符 |
| CGC | 地面补充部分 |
| CoMT | 协调多点发射 |
| CP | 周期性前缀 |
| CQI | 信道质量信息 |
| CRC | 循环冗余检验 |
| CRS | 小区专用参考信号 |
| C-RNTI | 控制-无线网临时标识符 |

| | |
|-----------|------------------|
| CSI | 信道状态信息 |
| DCCH | 专用控制信道 |
| DCI | 下行链路控制信息 |
| DFT | 离散傅里叶变换 |
| DFTS-OFDM | 离散傅里叶变换-扩展正交频分复用 |
| DL | 下行链路 |
| DL-SCH | 下行链路共用信道 |
| DM-RS | 解调参考信号 |
| DSAT-eNB | 施主卫星eNodeB |
| DTCH | 专用业务信道 |
| ECR | 有效码率 |
| EF | 包络波动 |
| EIRP | 等效全向辐射功率 |
| E-PPCH | 增强型物理寻呼信道 |
| E-USRA | 演进的通用卫星无线接入 |
| E-USRAN | 演进的通用卫星无线接入网 |
| FEC | 前向纠错 |
| FDD | 频分双工 |
| FDMA | 频分多址 |
| FFR | 分步频率再用 |
| FSTD | 频率切换发射分集 |
| GBR | 保证比特率 |
| GEO | 地球同步轨道 |
| GNSS | 全球导航卫星系统 |
| GPS | 全球定位系统 |
| GSO | 对地静止卫星轨道 |
| G/T | 天线增益噪声温度比 |
| GTP | 通用分组无线业务隧道协议 |
| HARQ | 混合ARQ |
| HEO | 大椭圆轨道 |
| HI | HARQ指示符 |
| IBIC | 波束间干扰协调 |
| ID | 标识 |
| IFFT | 快速傅里叶逆变换 |
| IMAP | Internet消息访问协议 |

| | |
|--------|-------------------|
| IMT | 国际移动通信 |
| IP | 网际协议 |
| ITS | 智能交通系统 |
| IU | 交织单元 |
| L2 | 第2层 |
| LCID | 逻辑信道标识符 |
| LEO | 近地轨道 |
| LHCP | 左手圆极化 |
| LTE | 长期演进 |
| MAC | 媒体访问控制 |
| MBMS | 多媒体广播和组播业务 |
| MBSFN | 单频网方式承载多媒体广播/组播业务 |
| MCCH | 组播控制信道 |
| MCH | 组播信道 |
| MCS | 调制和编码方案 |
| MEO | 中地球轨道 |
| MES | 移动地球站 |
| MIMO | 多入多出天线 |
| MME | 移动性管理实体 |
| MMEC | 移动性管理实体代码 |
| MSS | 卫星移动业务 |
| MTCH | 组播业务信道 |
| NACK | 否定的确认 |
| N/A | 不适用 |
| NAS | 非接入层 |
| NDI | 新数据指示符 |
| OFDM | 正交频分复用 |
| OFDMA | 正交频分多址 |
| OSC | 频偏调制单载波 |
| PAPR | 峰值-平均值功率比 |
| PBCH | 物理广播信道 |
| PCCC | 并行级联卷积码 |
| PCCH | 寻呼控制信道 |
| PCFICH | 物理控制格式指示符信道 |
| PCH | 寻呼信道 |

| | |
|--------|--------------|
| PDCCH | 物理下行链路控制信道 |
| PDCP | 分组数据会聚协议 |
| PDSCH | 物理下行链路共用信道 |
| PDU | 协议数据单元 |
| PHICH | 物理混合ARQ指示符信道 |
| PMCH | 物理组播信道 |
| PMI | 预编码矩阵指示符 |
| POP | 邮局协议 |
| PRACH | 物理随机接入信道 |
| PRB | 物理资源码块 |
| PRS | 定位参考信号 |
| PSD | 功率谱密度 |
| PSRACH | 卫星物理随机接入信道 |
| PSS | 主同步信道 |
| PUCCH | 物理上行链路控制信道 |
| PUSCH | 物理上行链路共用信道 |
| QAM | 正交调幅 |
| QoS | 业务质量 |
| QPSK | 四相移相键控 |
| RA | 随机接入 |
| RACH | 随机接入信道 |
| RAN | 无线接入网 |
| RB | 资源码块 |
| RBG | 资源码块组 |
| RE | 资源要素 |
| RF | 射频 |
| RHCP | 右手圆极化 |
| RI | 级别指示符 |
| RIT | 无线电接口技术 |
| RLC | 无线电链路控制 |
| RM | 收信机存储器 |
| ROHC | 稳健头压缩 |
| RRC | 无线电资源控制 |
| RRM | 无线电资源管理 |
| RS | 参考信号 |

| | |
|----------|--------------------|
| RTD | 往返延迟 |
| Rx | 接收机 |
| S-eNodeB | 卫星SAT-OFDM中的eNodeB |
| S1AP | S1应用协议 |
| SAT-eNB | 卫星eNodeB |
| SDU | 业务数据单元 |
| S-GW | 服务网关 |
| SC-FDMA | 单载波频分多址 |
| SCH | 同步信号 |
| SFBC | 空频分组编码 |
| SI | 系统信息 |
| SIR | 信号干扰比 |
| SN | 序列号 |
| SNR | 信噪比 |
| SRS | 探空参考符号 |
| SSS | 次同步信道 |
| STC | 时空编码 |
| TA | 时间提前量 |
| TB | 传送码块 |
| TDM | 时分复用 |
| TF | 传送格式 |
| TM | 透明方式 |
| TMSI | 移动用户临时标识 |
| TS | 技术规范 |
| TTA | 韩国电信技术协会n |
| TTI | 传输时间间隔 |
| Tx | 发信机 |
| UCI | 上行链路控制信息 |
| UE | 用户设备 |
| UL | 上行链路 |
| UL-SCH | 上行链路共用信道 |
| UM | 未确认方式 |
| UTC | 协调世界时 |
| VARQ | 虚HARQ |
| VoIP | 网络话音 |
| X2AP | X2应用协议 |

ITU-R相关建议书、报告和决议

| | |
|-------------------|---|
| ITU-R M.1224-1建议书 | 国际移动通信（IMT）的术语词汇 |
| ITU-R M.1645建议书 | IMT-2000和超IMT-2000系统未来发展的框架和总体目标 |
| ITU-R M.1822建议书 | IMT支持的业务的框架 |
| ITU-R M.1850-1建议书 | 国际移动通信-2000（IMT-2000）卫星部分无线电接口的详细技术规范 |
| ITU-R M.2176-1号报告 | 超级IMT系统的卫星无线电接口的愿景和要求 |
| ITU-R M.2279号报告 | 包括IMT-Advanced卫星无线电接口在内的IMT-Advanced的评估、寻求共识和决定进程（步骤4-步骤7）取得的成果 |
| ITU-R第56-1号决议 | 国际移动通信的命名 |
| ITU-R第57-1号决议 | IMT-Advanced开发过程中的原则 |

ITU-R无线电通信全会，

考虑到

- a) IMT系统是包括IMT-2000和IMT-Advanced二者在内的移动宽带系统；
- b) IMT-Advanced系统包括超越IMT-2000的IMT的新能力；
- c) 此类系统提供了获得范围广泛的先进电信服务的途径，这些服务得到日益分组化的移动和固定网络的支持；
- d) IMT-Advanced系统根据多用户环境中的用户和服务需求，支持移动性从低到高的各种应用和范围广泛的数据速率；
- e) IMT-Advanced还在范围广泛的服务和平台内具备高质量多媒体应用能力，使性能和服务质量得到显著改善；
- f) zIMT-Advanced的关键特性为：
 - 其功能在世界范围内具有高度通用性，同时又具备灵活性，能以低成本、高效益的方式支持范围广泛的服务和应用；
 - 与IMT内的服务和固定网络的服务兼容；
 - 与其他无线接入系统互通的能力；
 - 高质量移动服务；
 - 适合世界范围内使用的用户设备；
 - 方便用户的应用、服务和设备；
 - 世界范围内的漫游能力；
 - 支持先进业务和应用的提高的峰值数据速率（即宽带）；
- g) 这些特性让IMT-Advanced有能力解决不断演变的用户需求；

- h)* IMT-Advanced系统的能力正随着技术的发展不断增强;
- j)* IMT-Advanced卫星部分将成为提供优化业务的IMT基础设施的不可分割的一部分;
- k)* 在设计和开发IMT-Advanced卫星系统时宜应尽可能与地面部分具备共性,

认识到

- a)* 关于“IMTAdvanced开发过程的原则”的ITU-R第57号决议规定了开发IMT-Advanced建议书和报告过程的基本标准与原则,包括用于无线电接口规范的建议书;
- b)* ITU-R M.2198报告含有IMT-Advanced进程的步骤4至步骤7(包括评估和寻求共识)的成果和结论,并提供了IMT-Advanced地面无线电接口的特性,

建议

- 1** IMT-Advanced的地面无线电接口应为:
 - “BMSat”(宽带移动卫星); 和
 - “SAT-OFDM”(卫星正交频分复用);
- 2** 附件1和附件2中提供或引用的信息应作为IMT-Advanced地面无线电接口规范的一套完整标准。

附件1

BMSat无线电接口技术规范

目录

| | 页码 |
|--------------------------------|----|
| 1.1 无线电接口技术概述 | 8 |
| 1.1.1 无线电接口技术概述..... | 8 |
| 1.1.2 无线电接口技术（RIT）概述 | 8 |
| 1.1.3 无线电接口技术（RIT）具体特性概述 | 22 |
| 1.2 无线电接口技术的详细规范 | 33 |
| 1.2.1 BMSat特定 | 34 |
| 1.2.2 无线电第1层..... | 34 |
| 1.2.3 无线电第2层与第3层..... | 35 |
| 1.2.4 架构..... | 35 |

1.1 无线电接口技术概述

1.1.1 无线电接口技术概述

以BMSat为名的IMT-Advanced卫星无线电接口指标由中国制定。BMSat是以地面先进长期演进（LTE-Advanced）规范和卫星需求为基础设计的，LTE-Advanced由第三代合作伙伴计划（3GPP）开发，也称为LTE Release 10及更高版本。对LTEAdvanced做了一些更改，以适应卫星无线电传输环境。

BMSat是一种旨在用于成对频谱操作的频分双工无线电接口技术（FDD RIT）。全双工和半双工FDD都支持。BMSat满足国际电联在业务、频谱和技术性能各方面为强制性开放环境中的IMT-Advanced规定的最低要求。

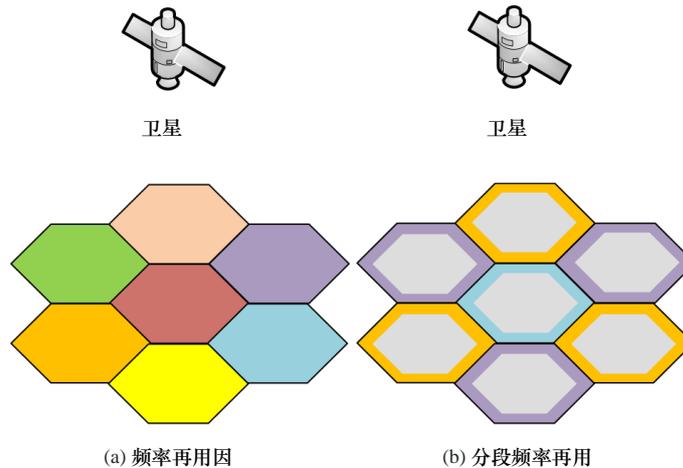
已确定为IMT-Advanced卫星无线电接口完整标准集的BMSat不仅含有IMT-Advanced的关键特性，还含有BMSat的附加能力，这两方面都有待增强。

1.1.2 无线电接口技术（RIT）概述

BMSat主要用于地球同步轨道（GEO）卫星。假定每颗卫星都部署了大口径反射面天线，能提供多个点波束。各波束间采用采用频率再用的方式。BMSat可支持固定频率再用方案，包括整数频率再用和分数频率再用，如图1.1所示。

图1.1

BMSat的频率再用方案



M.2047-1-01

传输方案以常规正交频分复用（OFDM）为基础。根据所部署的卫星/终端功率放大器性能的不同，OFDM框架内有两种低包络抖动传输模式可用，分别是离散傅里叶变换扩展正交频分复用（DFTS-OFDM）和频偏调制单载波（OSC）。之所以采用DFTS-OFDM和OSC传输，在于与常规OFDM相比，传输信号的峰值-平均值功率比（PAPR）较低。这样做可以让卫星/终端的功率放大器用起来更有效，相当于增加了覆盖范围和/或减小了功耗。

信道编码以1/3码率的Turbo编码为基础，由带有软组合的混合自动重发请求（HARQ）加以补充，数据调制在上行链路和下行链路均支持QPSK、16QAM和64QAM。

BMSat支持约1.4 MHz至100 MHz的带宽。采用载波聚合，也就是同一终端同时并行发送/接收多个分量载波，支持20 MHz以上的带宽。分量载波在频率上不一定是连续的，甚至可以位于不同的频段，以便能够借助频谱聚合利用分散的频谱划分。

BMSat支持三种调度类型：信道相关调度（动态）、半静态调度和固定调度。上行链路和下行链路均支持时域和频域的信道相关调度，由基站的调度程序负责（动态）选择发射资源及数据速率。半静态/固定调度能够向给定的用户设备（UE）划分发射资源和数据速率，保证时间敏感业务的业务质量（QoS）并减少控制信令的开销。基本调度单位是1 ms传输时间间隔（TTI）。为了提高覆盖效果，BMSat支持TTI绑定，允许发射比一个TTI长的时间（最多20 TTI）。

多天线发射方案是BMSat的一部分。支持在上行链路和下行连采用最多两层的空间复用。支持上行链路采用以空频分组编码（SFBC）为基础或以SFBC和频率切换发射分集（FSTD）的某种组合为基础的发射分集，或者支持下行链路采用自主天线选择分集。

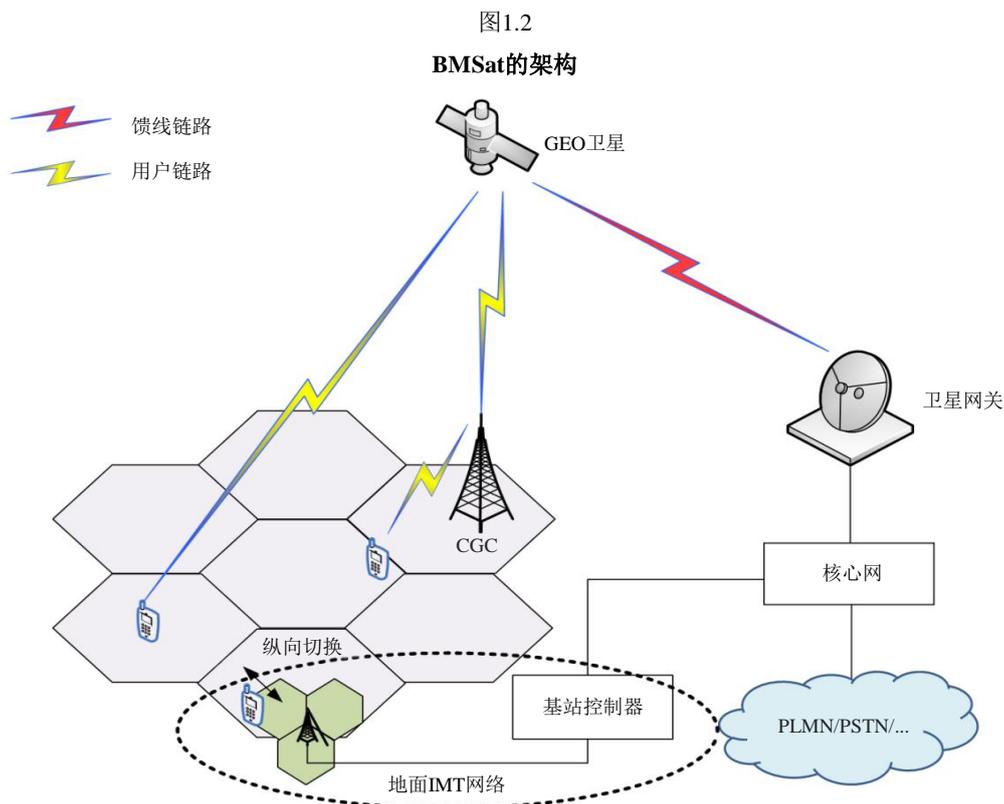
RIT支持波束间干扰协调（IBIC），也就是相邻波束间交换能帮助调度的信息，以便减小干扰。IBIC可用于同源部署，其中发射功率类似的波束不重叠。

1.1.2.1 网络架构

图1.2所示的BMSat架构包括采用或不采用星载处理与切换系统的GEO卫星，卫星网关，卫星核心网，以及地面补充部分。卫星网关是一个物理实体，可能含有多个逻辑实体：卫星eNodeB（SAT-eNB）。每个SAT-eNB在逻辑上控制一个波束或若干波束，每个波束在逻辑上都受一个SAT-eNB控制。地面补充部分（CGC）在BMSat中发挥着转发功能，以填补卫星信号未覆盖的空隙（如室内方案）或提供更高的业务质量。CGC不是一个单纯的转发器，而是有其自己的波束标识、同步信道和参考符号，且能产生自己的波束。CGC对前向链路中的信号进行解调和解码，然后根据CGC与用户终端之间链路的质量向UE发射新调制类型和编码类型的信息。CGC是一个固定节点，可以采用更先进的天线和其他技术，以改进CGC-卫星链路的发射效率。CGC对终端而言是一个SAT-eNB，对SAT-eNB而言是一个用户终端。

BMSat无线电接口包括两种链路：用户终端 – CGC链路和用户终端 – 卫星链路。用户终端 – 卫星链路是根据地面LTE-Advanced标准规定的，为了适应卫星无线电发射环境做了更改。用户终端 – CGC链路可以再用地面LTE-Advanced规范。在这种情况下，终端需要既支持BNSat方式，也支持LTE-Advanced方式。

注 – CGC – 卫星链路和用户终端 – 卫星链路相同。



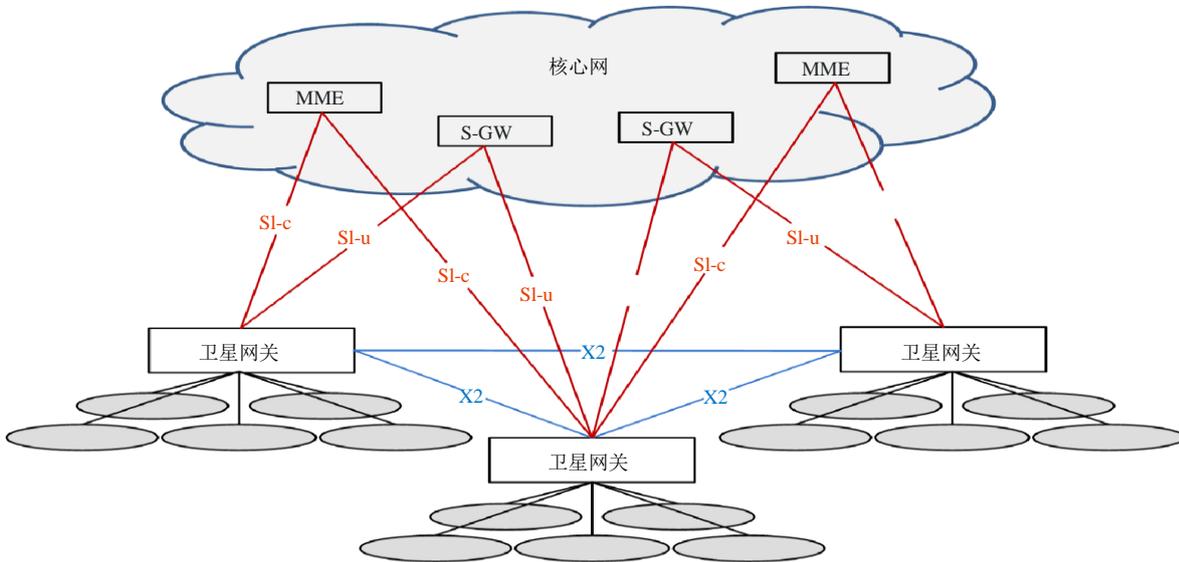
M.2047-1-02

BMSat无线接入网是一种扁平架构，只有卫星网关（SAT-eNB）一种节点，该节点发挥着—个波束或若干波束的所有与无线电相关的功能。SAT-eNB借助S1接口连至核心网，更具体地说是借助用户平面部分S1-u连至服务网关（S-GW），借助控制平面部分S1-c连至移动性管理实体（MME）。为了达到载荷共用和冗余的目的，每个SAT-eNB可以通过接口连至多个MME/S-GW。

把各SAT-eNB连接起来的X2接口主要用于支持激活模式移动性。该接口也能用于多波束无线电资源管理（RRM）功能，比如IBIC。X2接口还能借助分组转发支持相邻波束间的无损移动性。

图1.3

MSat的无线接入网接口

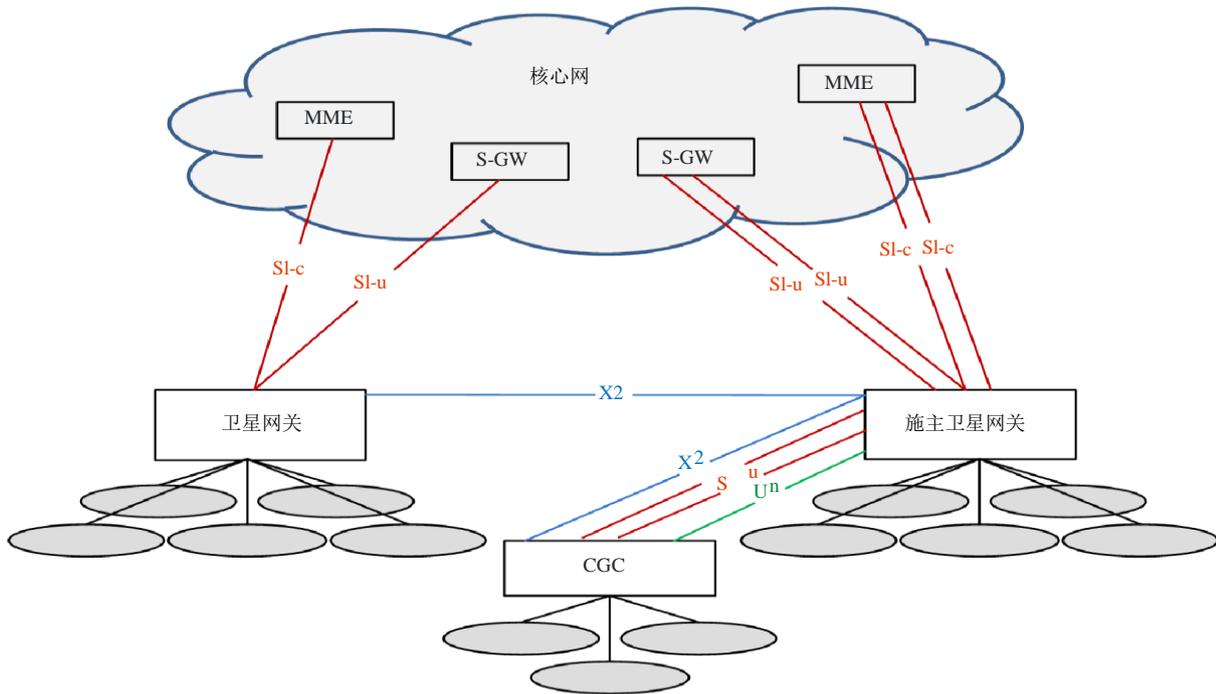


M.2047-1-03

支持地面补充部分的BMSat的无线接入网接口示于图1.4地面补充部分终接S1、X2和Un接口。施主SAT-eNB（DSAT-eNB）在地面补充部分与其他网络节点（其他SAT-eNBs、MME和SGW）之间提供S1和X2代理功能性。S1和X2代理功能性包括传送用户终端专用的S1和S2信令消息以及通用分组无线业务隧道协议（GTP）数据分组。这种传送是在与用户终端有关的S1和X2接口间进行的，或者是在与其他网络节点有关的S1和X1接口间进行的。这种代理功能性，使得DSAT-eNB好像分别是连至地面补充部分的MME（对于S1-c）、SAT-eNB（对于X2）和S-GW（对于S1-u）。

图1.4

支持地面补充部分的MSat的无线接入网接口



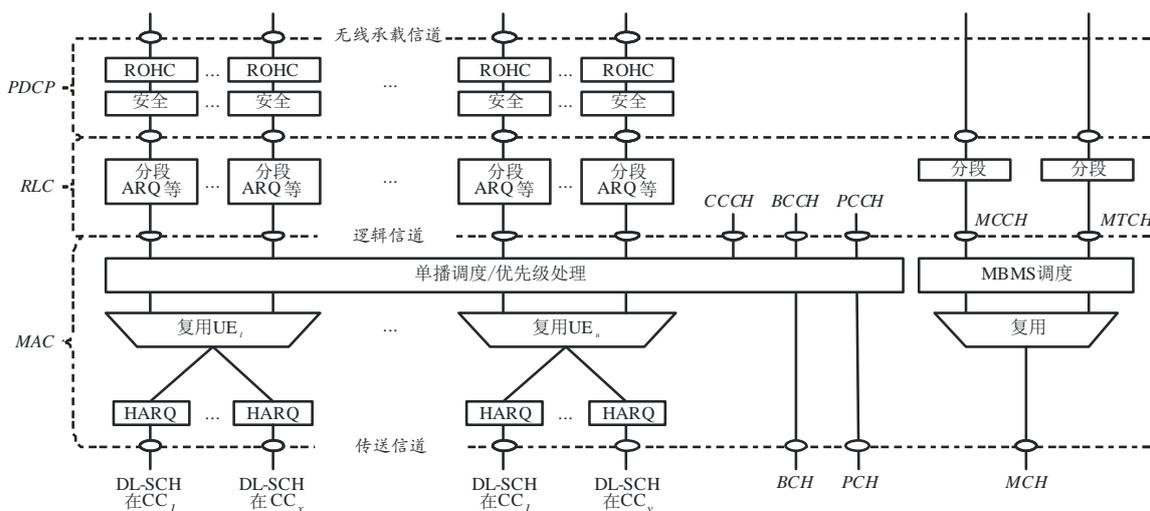
M.2047-04

1.1.2.2 第2层协议架构

第2层 (L2) 由几个子层组成：分组数据会聚协议 (PDCP)、无线电链路控制 (RLC) 和媒体访问控制 (MAC)。下行链路和上行链路的结构分别示于图1.5和图1.6。第2层向高层提供一个或多个无线电承载体，IP分组根据业务质量要求映射至高层。按照瞬时调度决定生成L2/MAC协议数据单元 (PDU)，也称传送码块，并在一个或若干传送信道（每个分量载波一个同类型传送信道）上发送给物理层。

图1.5

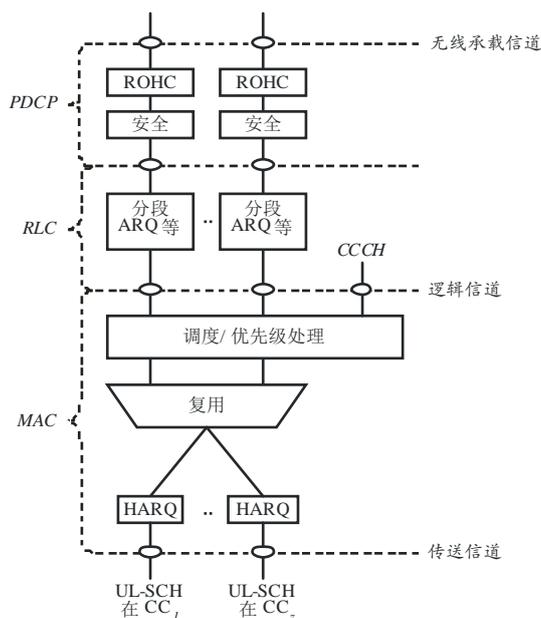
下行链路L2协议的结构



M.2047-05

图1.6

上行链路L2协议的结构



M.2047-06

1.1.2.2.1 分组数据会聚协议 (PDCP)

分组数据会聚协议 (PDCP) 负责:

- 用户平面:
 - 用ROHC对IP数据流的报头进行压缩和解压缩。
 - 传送用户数据。
 - 维护PDCP序列号 (SNS)。
 - 用RLC AM的PDCP重建程序按序提供高层PDU。

- 用RLC AM的PDCP重建程序重复检测SDU。
- 用RLC AM的握手程序重传PDCP SDU。
- 加密和解密
- 上行链路基于定时器的SDU丢弃。
- 控制平面：
 - 维护PDCP序列号（SNS）。
 - 加密和完整性保护与验证。
 - 传送控制平面数据。

PDCP使用由RLC子层提供的服务。为UE的每一无线电承载信道配置一个PDCP实体。

1.1.2.2.2 无线电链路控制（RLC）

无线电链路控制（RLC）负责：

- 传送高层PDU。
- 通过ARQ进行差错校正（仅用于AM数据传输）。
- 串接、分段和组装RLC SDU（仅用于UM和AM数据传送）。
- 对RLC数据PDU重新分段（仅用于AM数据传输）。
- 对RLC数据PDU重新排序（仅用于UM和AM数据传输）。
- 重复检测（仅用于UM和AM数据传输）。
- 协议差错检测（仅用于AM数据传输）。
- RLC SDU丢弃（仅用于UM和AM数据传输）。
- RLC重新建立。

根据不同的工作模式，一个RLC实体可能会提供上述业务的全部、其中一个子集，或一种业务都不提供。RLC可以工作在三种不同的模式：

- 透明模式（TM），此时RLC是完全透明的，基本上直通的。该配置用于控制平面的广播信道，如广播控制信道（BCCH）、公共控制信道（CCCH）和寻呼控制信道（PCCH）等要求信息应通达多个用户的情况。
- 不确认模式（UM），此时RLC提供除差错校正之外的上述所有功能，用于不需要无差错传送的情况，例如采用经由单频网的组播（MBSFN）的控制信道（MCCH）和组播业务信道（MTCH）以及用于IP语音（VoIP）。
- 确认模式（AM），此时RLC提供上述所有业务，是下行共享信道（DL-SCH）上TCP/IP分组数据传输的主要模式操作。分段/组装、按序传送和差错数据重传均支持。

RLC以无线电承载信道的形式向PDCP提供服务，以逻辑信道的形式使用从MAC层获得的服务。为终端的每一无线电承载信道配置一个RLC实体。

1.1.2.2.3 介质访问控制 (MAC)

MAC层负责:

- 逻辑信道与传送信道之间的映射。
- 在传送信道上将属于一个或多个不同逻辑信道的MAC SDU复用为发送至物理层的传送块, 或在传送信道上将物理层的传送块去复用为属于一个或不同逻辑信道的MAC SDU。
- 调度信息报告。
- UE-CGC链路: 通过采用同步(上行链路)和异步(下行链路)重传的N个进程的停止并等待混合ARQ(HARQ)完成纠错。
- UE-卫星链路: 通过采用同步(上行链路)和异步(下行链路)重传的虚拟混合ARQ(V-HARQ)进行纠错。
- 一个UE的各逻辑信道之间的优先级处理。
- 各UE之间通过动态调度完成的优先级处理。
- 逻辑信道优先级的确定。
- 多媒体广播/组播业务(MBMS)的识别。
- 传输格式的选择。
- 填充。

MAC向逻辑信道形式的RLC提供业务。逻辑信道由它所携带的信息类型规定, 一般是作为控制信道类别, 用于控制和运行BMSat系统所必需的配置信息的传输, 或作为业务信道, 用于用户数据。规定的BMSat的逻辑信道类型集合包括:

- 广播控制信道(BCCH), 用于广播系统控制信息。
- 寻呼控制信道(PCCH), 在网络不知道UE在何位置是情况下用于寻呼的下行信道和用于系统信息更改通知的下行信道。
- 公共控制信道(CCCH), 在UE没有RRC连接的情况下, 用于UE与网络之间控制信息的传输。
- 专用控制信道(DCCH), 在UE有一个RRC连接的情况下, 用于向/从移动终端传输控制信息。
- 组播控制信道(MCCH), 用于传输接收组播业务量信道(MTCH)所需的控制信息。
- 专用业务量信道(DTCH), 用于向/从移动终端传输用户数据。这是用于所有上行链路和非MBSFN下行链路用户数据传输的逻辑信道类型。
- 组播业务量信道(MTCH), 用于MBMS业务的下行链路传输。

MAC层从物理层使用传送信道形式的业务。传送信道是按照信息以何种方式通过无线接口传输和信息通过无线电接口传输时具备何种特性来规定的。传送信道上的数据被安排成传输块。在每个传输时间间隔(TTI)内, 每个分量载波最多传输一个或两个(在空间复用情况下)传送块。

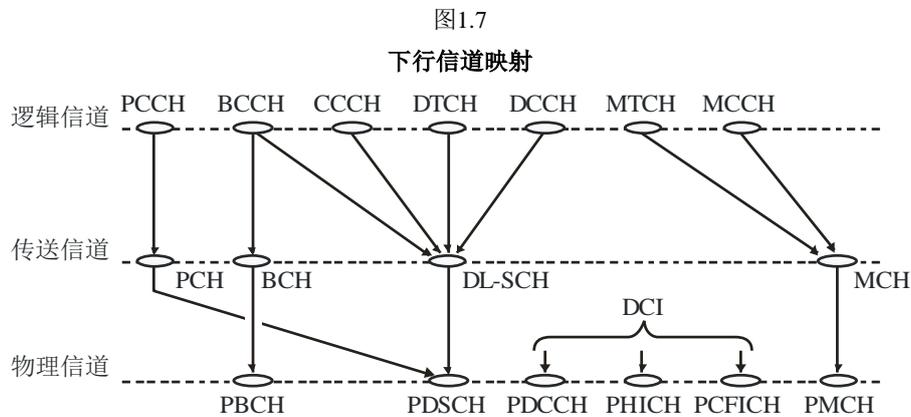
每一传送均有一个相关的传送格式(TF), 规定如何将通过无线电接口传输传送块。传送格式含有关于传送块大小、调制方案和天线测绘的信息。调度程序负责(动态)确定在每个传输时间间隔内上行链路和下行链路的传送格式。

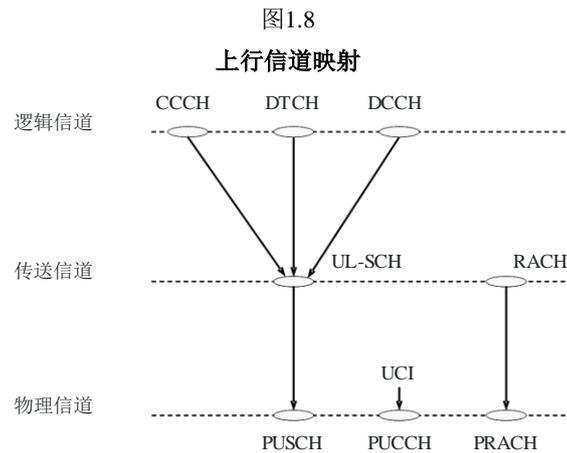
规定下列传送信道类型：

- 广播信道（BCH），具有固定的传送格式，在规范中提供。该类型用于一部分BCCH系统信息，更明确地说，就是所谓的主信息块（MIB）。
- 寻呼信道（PCH），用于传输来自PCCH逻辑信道的寻呼信息。PCH支持间断接收（DRX），移动终端可只在预定的时刻接收PCH以节省电池电量。
- 下行共用信道（DL-SCH），是LTE-Advanced中用于传输下行链路数据的主要传送信道类型。它支持动态速率适配以及信道相关调度、带有软组合的ARQ和空间复用。它还支持间断接收以降低移动终端的功耗，同时仍然提供永远在线体验。DL-SCH亦用于传输未映射至BCH的一部分BCCH系统信息。在采用多个分量载波向终端传输的情况下，UE每个分量载波接收一个DL-SCH。
- 组播信道（MCH），用于支持MBMS。它以半静态传送格式和半持续调度为特点。在采用MBSFN的多小区传输情况下，调度和传送格式的配置是在MBSFN传输所涉及的小区之间协调的。
- 上行共用信道（UL-SCH），是下行共用信道（DL-SCH）在上行链路的对等物，也就是说，它是用于上行链路数据传输的上行传送信道。

此外，还规定了随机接入道（RACH）作为上行传送信道，虽然它并不携带传送块。在RACH用于在上行链路响应寻呼消息，或根据终端的数据传输需要启动向RRC_CONNECTED状态的转移。

逻辑信道、传送信道和物理信道（第1.1.3.3节所述）之间的映射如图1.7（下行链路）和图1.8（上行链路）所示。





M.2047-08

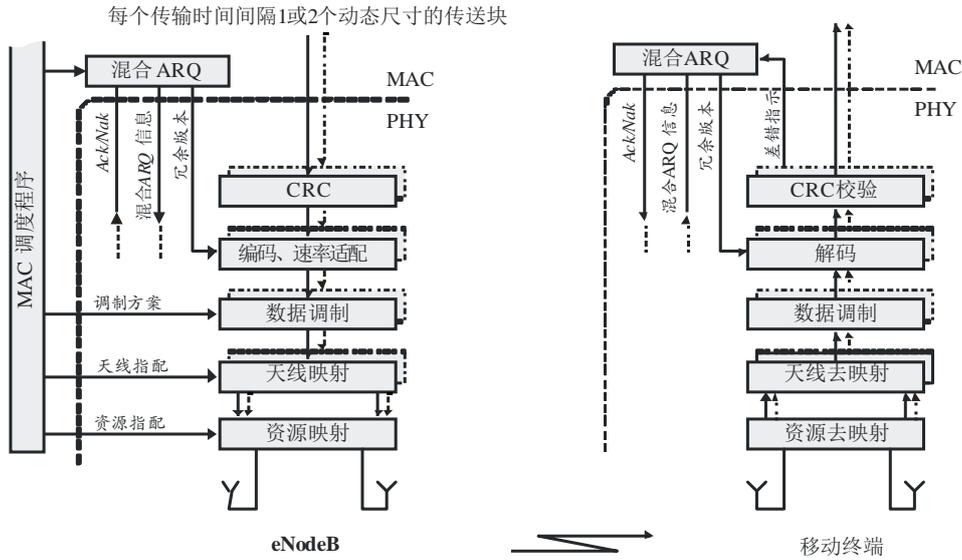
1.1.2.3 物理层

对UE-CGC链路而言，物理层负责：

- 物理信道的调制和解调。
- 在传送信道上进行错误检测，并向高层表明。
- 传送信道的前向纠错（FEC）编码和解码。
- 将已编码传送信道到速率适配至物理信道的速率。
- 按图1.7（下行链路）和图1.8（上行链路）将已编码传送信道到映至物理信道。
- 混合ARQ（HARQ）的软组合。
- 频率和时间同步。
- 物理信道的功率加权。
- 多天线处理和波束成形。
- 特性测量并向高层表明。
- 射频处理。
- 图1.9中概括了简化的DL-SCH处理。

图1.9

在一个分量载波上DL-SCH的简化物理层处理



M.2047-1-09

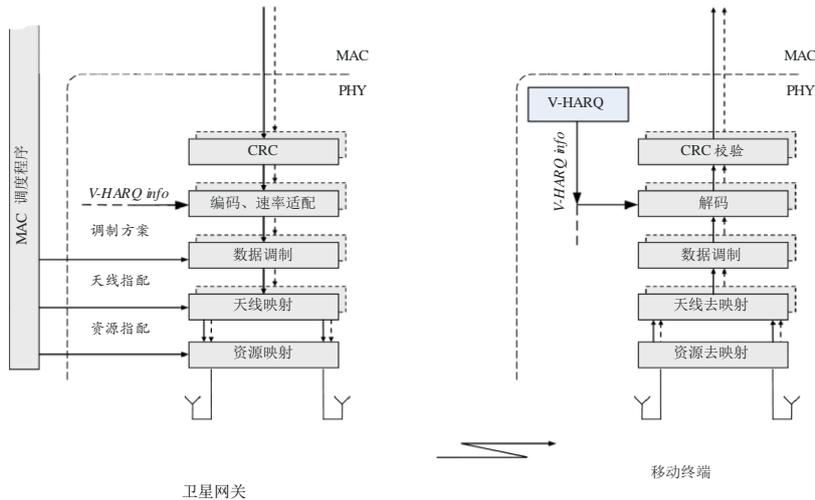
对于UE-卫星链路，物理层与UE-CGC链路有如下三方面的不同：

- 虚拟混合ARQ合并。
- 图1.10中概括了简化的DL-SCH处理。
- 多天线处理（不支持波束成形）。

图1.10

在一个分量载波上采用虚拟HARQ的DL-SCH的简化物理层处理

每个传输时间间隔1或2个动态尺寸的传送块



M.2047-1-10

1.1.2.3.1 物理信道

对下行链路规定了7种不同类型的物理信道：

- 物理下行链路共用信道（PDSCH）：用于传输用户平面和控制平面数据业务。

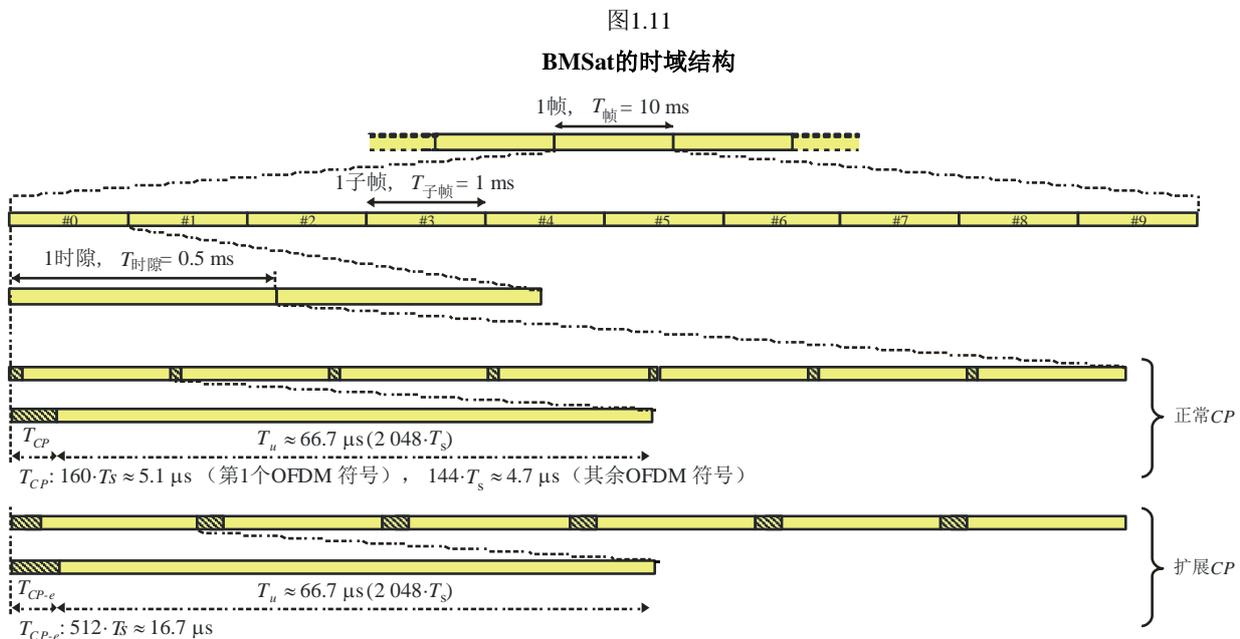
- 物理组播信道 (PMCH)：用于在MBSFN子帧期间传输控制平面和用户平面的广播业务。
- 物理下行链路控制信道 (PDCCH)：用于传输控制信息，如资源划分、传送格式及 HARQ/V-HARQ相关信息。
- 物理广播信道 (PBCH)：用于传送特定小区和/或系统的信息。
- 物理控制格式指示符信道 (PCFICH)：它向UE表明当前子帧的控制格式（组成 PDCCH、PHICH的符号的数目）。
- 物理混合ARQ指示符信道 (PHICH)：它为UE-CGC链路传送在CGC收到的用于UL (PUSCH) 传输的ACK/NAK信息。
- 增强型物理寻呼信道 (E-PPCH)：它在深度衰落环境中向寻呼用户传送增强的寻呼信息。

对下行链路规定了3种不同类型的物理信道：

- 物理随机接入信道 (PRACH)：它传送用来触发SAT-eNB随机接入过程的前置码。
- 物理上行链路共用信道 (PUSCH)：它既传送用户数据，也传送高层控制信息。
- 物理上行链路控制信道 (PUCCH)：它传送控制信息（调度请求，CQI, PMI, RI和 PDSCH的HARQ/V-HARQ等）。

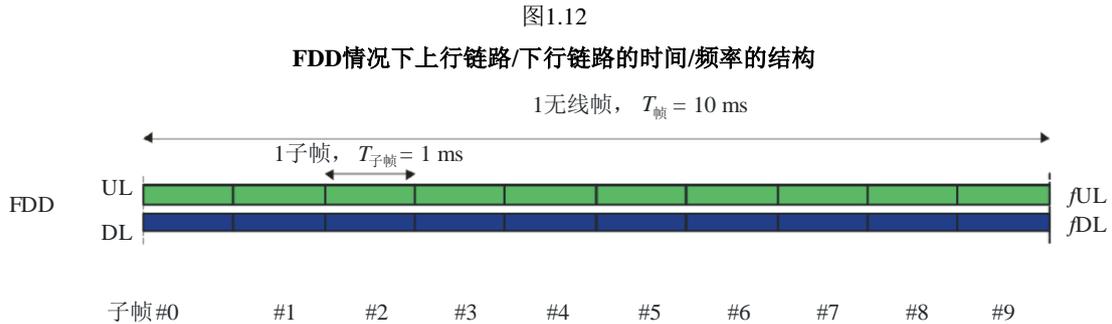
1.1.2.3.2 时域结构和双工方案

图1.11说明了传输的高层时域结构，每个长度为10毫秒的（无线电）帧由10个同样大小的长度为1毫秒的子帧组成。每子帧由两个同样大小的时隙组成，长度各为 $T_{\text{时隙}} = 0.5$ 毫秒，每时隙由若干OFDM符号组成，包括循环前缀。



M.2047-1-11

BMSat可工作于FDD方式，如图1.12所示。



M.2047-1-12

每个分量载波有两个载波频率，一个用于上行链路传输 (f_{UL})，一个用于下行链路传输 (f_{DL})。因此在每帧期间，有10个上行链路子帧和10个下行链路子帧，上行链路和下行链路传输可以发生在一个波束内同时出现。调度程序支持在UE侧的半双工操作，同时确保在UE侧不同时发生接收和传输。

1.1.2.3.3 物理层处理

为在DL-SCH和UL-SCH上传输的一个或多个传送块附加CRC，之后是用于纠错的1/3码率的Turbo编码。采用速率匹不仅是为了将划分给DL-SCH/UL-SCH传输的资源量与已编码比特数相匹配，也是为了产生由混合ARQ协议控制的不同的冗余控制版本。在空间复用情况下，对两个传输块重复处理过程。完成速率匹配后，对已编码比特进行调制（UE-CGC链路的QPSK、16QAM、64QAM；UE – 卫星链路的QPSK、16QAM/16APSK）。在多天线传输情况下，调制符号映至多层，在映至不同的天线端口前机进行预编码。此外，也可采用发射分集。最后，（经预编码的）调制符号映至划分给传输的时间 – 频率资源。

下行传输是基于传统的带循环前缀的OFDM。载波间隔为 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ ，并支持两种循环前缀长度：正常循环前缀 $\approx 4.7 \mu\text{s}$ 和扩展循环前缀 $\approx 16.7 \mu\text{s}$ 。在频域，资源块数量的范围可达到每载波6至110个（信道带宽分别为1.4至20 MHz），每个资源块在频域为180 kHz。最多可以有5个分量载波并行传输，这意味着总带宽最高达100 MHz。

上行链路传输以DFT扩频OFDM（DFTS-OFDM）为基础。DFTS-OFDM可以看做DFT预编码器，后跟与下行链路采用相同数字学的常规OFDM。可以采用多个DFT预编码大小，分别对应采用不同调度带宽的传输。

根据部署的卫星/UE功率放大器性能的不同，DFTS-OFDM和频偏调制单载波（OSC）可以在UE-卫星链路的上行链路和下行链路二者使用。

其余的下行传送信道（PCH、BCH、MCH）基于与DL-SCH相同的一般物理层处理，虽然使用的特征集受到一些限制。

1.1.2.3.4 多天线传输

下行链路支持范围广泛的各种多天线传输方案：

- 使用单一特定小区参考信号的单天线传输。

- 使用特定小区参考信号、最多4层的闭环空间复用，又称基于码本的波束成形或预编码。使用来自终端的反馈报告，以协助eNodeB选择适当的与编码矩阵。
- 使用特定小区参考信号、最多4层的开环空间复用，又称大延迟循环延迟分集。
- 使用特定UE参考信号、最多8层的空间复用。CGC可使用反馈报告或利用信道互惠来设置波束成型的权重。
- 支持基于空频分组编码（SFBC）的发射分集或SFBC与频率切换发射分集（FSTD）的组合。
- 规定多个终端重叠使用时间频率资源的多用户MIMO。

对于UE-卫星链路的下行链路：

- 支持最多2个天线端口的基于SFBC（空频分组编码）的发射分集。
- 支持使用特定小区参考信号、最多2层的开环空间复用。

上行链路支持范围以下多天线传输方案：

- 单天线传输。
- 支持1至4层级别适配空间复用的预编码。

对于UE-卫星链路的上行链路：

- 支持最多2层的开环空间复用。
- 支持开环和UE自动天线选择分集。

1.1.2.3.5 链路适应和功率控制

根据无线信道条件下，调制和编码方案（MCS）可灵活自适应。一个TTI之内指配给统一传送块的所有资源均可采用同样的调制和编码。上行链路功率控制决定了在物理信道传输期间一个DFTS-OFDM符号的平均功率。

1.1.2.3.6 L1/L2控制信令

下行控制信息（DCI）在每个分量载波每个下行子帧的第一至第三个OFDM符号中传输，OFDM符号的编号在PCFICH中表示。下行和上行调度补贴（包括UE的身份、时间频率资源和传送格式）以及混合ARQ确认分别在PDCCH和PHICH上传输。每一补贴在一个单独的PDCCH中采用QPSK调制传输。

上行控制信息（UCI）由信道状态信息、调度请求和混合ARQ确认组成，在上行主分量载波频段边缘上传输。另外，部分控制信令可与PUSCH上的数据复用。

1.1.2.3.7 MBSFN操作

MCH传送信道支持单频网方式承载组播/广播（MBSFN）传输，此种情况下，多个时间小区传输的是同一个信号。一个分量载波可以通过MCH与DL-SCH传输的时域复用同时支持单播和广播。

1.1.3 无线电接口技术（RIT）具体特性概述

1.1.3.1 低EF传输模式

卫星通信系统通常是功率受限的。为了提高功率效率，OFDM框架内有两种低包络抖动（EF）传输模式可用，分别是地面LTE上行链路中所用的离散傅里叶变换扩频OFDM和上下行链路均可用的频偏调制单载波（OSC）。

1.1.3.1.1 OSC模式

映射至一个副载波集合的频域传输信号是按下式生成的：

$$y_m = \sqrt{\frac{2}{N}} \sin \frac{\pi(m+0.5)}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi(m+0.5)n/N} x_n$$

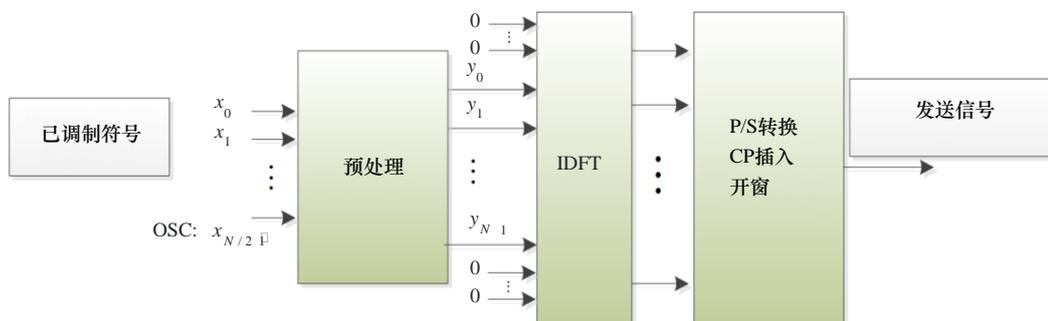
其中：

$$\begin{aligned} x_{2k} &= \text{Re}\{x_k\} \text{ and } x_{2k+1} = \text{Im}\{x_k\}, \quad k = 0, 1, \dots, N/2-1 \\ x_n, \quad n &= 0, 1, \dots, N/2-1, \end{aligned}$$

是复值调制信号， N 是副载波集合的大小。

图1.13

OSC传输模式的信号生成



1.1.3.2 虚拟混合ARQ

M.2047-1-13

由于卫星通信系统中无线电传输延迟较长，用于地面LTE系统的混合ARQ（HARQ）方案无法有效工作。不过，通过利用地面LTE HARQ过程，一种新的方案 – 不用ACK/NACK反馈的虚拟HARQ旨在支持范围更广的信道条件及传输速率。

为了支持在低SINR范围内的有效传输，应支持低速率MCS级别。通过采用LTE HARQ过程，MCS级别可等效扩展。在虚拟HARQ方案中，根据通报的收信机CQI，发信机自适应地选择MCS级别和传输冗余版本的数目。这一方案通过选择最对4个冗余版本，可支持甚低SINR信道条件下的数据传输。

A 虚拟HARQ的传输处理

根据反馈的CQI，对若干TTI，通常是一个TTI，发信机可在同一时间既选择MCS级别又选择同时传输的冗余版本的数目。通过这种方式，与LTE中的AMC相比，传输速率的选择要灵活些。每一MCS对应着LTE中的一个有效码率（ECR），LTE中共支持29种ECR。由于BMSat中不支持64QAM，余下的其他MCS/ECR为17种。如果MCS和同时传输的冗余版本的

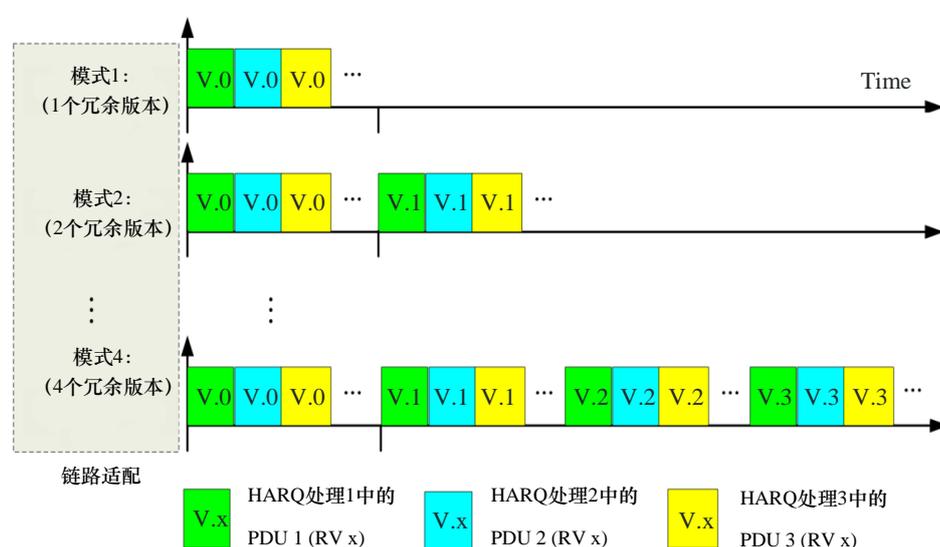
数目结合起来选择，则17种ECR讲扩展为BMSat中的68中ECR。在所有可能的ECR及其子集中，要选择低于信道能力的最高传输速率。

一旦传输速率即MCS级别和同时传输的冗余版本的数目确定下来，发信机就算出与确定的速率适配的数据大小。适配之后，每一冗余版本都要经过符号调制、串联、资源映射和OFDM调制。如果选择在一个TTI内传输过个冗余版本，这些版本应在时间或者空间维度上串联。

B 虚拟HARQ收信机

如有必要，收信机首先对收到的一个TTI对应多个冗余版本的信号进行去串联。然后，在BMSat中采用LTE中的HARQ解码方法，将一个TTI中同时传输的多个冗余版本视为重传的各版本。

图1.14
虚拟混合ARQ



M.2047-1-14

1.1.3.3 长时TTI绑定

由于卫星链路存在较大的路径损耗和UE/卫星发射功率的限制，对某些类别的UE，UL/DL传输可能是功率受限的。为了增加PDSCH/PUSCH传输的覆盖面，可以配置长时TTI绑定（最多20 ms）方式。通过TTI绑定，一个传送块将在多个连续的子帧内传输。数据包总的传输能力得到了提升。长时TTI绑定情况下传送块的传输按以下5个步骤规定（图1.15）：

- 对要传输的每个码字中的源比特进行编码；
- 对要传输的每个码字中的已编码比特进行扰码；
- 对以扰码比特进行调制，以生成复值调制符号；
- 将某一天线端口的传送块的复值调制符号映至每一TTI绑定子帧：

$$x^q(n) = d(q \times M_{sym}^{SF} + n), \quad q = 0, 1, \dots, Q-1, \quad n = 0, 1, \dots, M_{sym}^{SF} - 1, \quad \text{其中 } Q \text{ 是绑定子帧的数目, } M_{sym}^{SF}$$

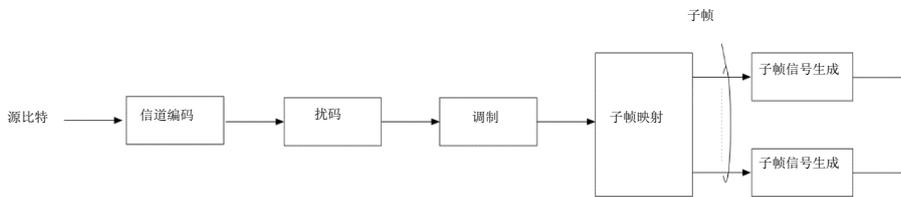
是映入每一子帧的调制符号的数目， $x^q(n)$ 是映至第 q 个子帧的第 n 个调制符号， $d(\cdot)$ 是传送块的复值调制符号；

– 生成将在每一子帧内传输的时域信号。

为了提高频谱效率，在生成每一子帧内的时域信号时可以使用OFDMA之上的码分多址（SC-FDMA）。具体而言，程序包括以下几个步骤：

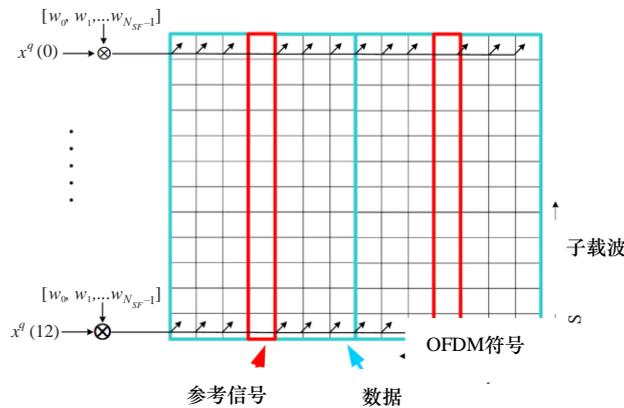
- 扩展每一子帧中的复值调制符号，图1.16给出了一个例子，子帧 q 的第 n 个调制符号按 $[w_0, w_1, \dots, w_{N_{SF}-1}]$ 扩展，其中 N_{SF} 是扩展码的长度；
- 将扩展符号映至资源要素，例如，在图1.16中，第 n 个调制符号的扩展符号映至所有SCF-DMA符号的第 n 个副载波，作为参考信号的符号除外；
- 生成每一子帧的时域信号。

图1.15
长时TTI绑定传输



M.2047-1-15

图1.16
扩展符号映至资源要素（UL）（例子）



M.2047-1-16

1.1.3.4 随机接入优化

卫星系统的传播延迟远大于地面LTE系统。地面LTE接入程序需要优化，以适应较长的延迟。

根据UE是否能事先获得时间提前量（TA），在BMSat中可以采用2种接入方案：

- RACH-less接入：用于UE能事先得到准确的TA的情况；
- RACH：用于UE不能事先得到准确的TA的情况。

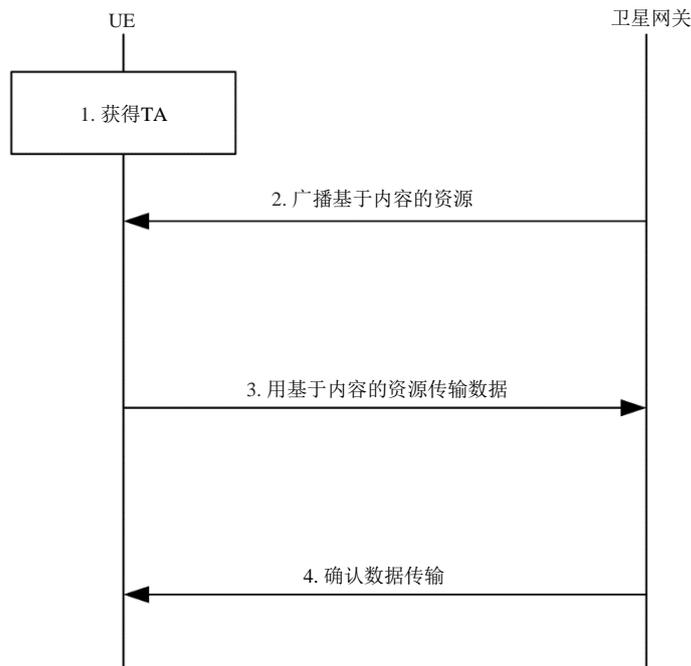
1.1.3.4.1 RACH-less接入

对于UE能事先得到准确TA的情况，可以避免随机接入程序，可以使用RACH-less接入程序。RACH-less程序在以下三种示例情况下可以使用：

- 1) UE已接入卫星并事先获得了TA值。UE所存的TA值仍然有效，因为最后一次接入与目前接入之间的时间跨度不大。
- 2) UE通过某种实现方法扣除它与卫星之间的TA值，比如，UE可以使用全球卫星导航系统（GNSS）获得它自己与卫星之间的距离。
- 3) 卫星把一个以协调世界时（UTC）表示的参考时间广播出去，装备了GNSS的UE可以按照它收到广播消息与来自卫星的参考时间值之间的差别扣除TA值。

在RACH-less接入程序中，卫星网关广播一组基于内容的PRB，接入UE选择一个基于内容的PRB，用自己的标识符送出数据。如果数据传输成功，卫星网关应向UE发送响应。否则可能会发生接入碰撞，UE可能会在经过一段退避时间后重新尝试接入程序。

图1.17
RACH-less接入



M.2047-1-17

注 – 如果算得的TA比基于内容的PRB的循环时间 T 长，则 $TA = TA \bmod T$ 。

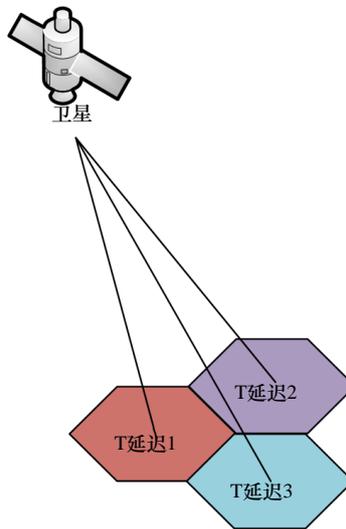
1.1.3.4.2 RACH优化

对于UE不能事先得到TA值的情况，可以重新使用LTE RACH程序。可以分2种情况进行优化。

- 1) 如果卫星波束的直径在100至500 km的范围内，卫星从同一波束的不同UE收到上行链路同步码的时间差可能会超出同步检测窗口。因此，需要按照波束范围调整CP和GT的长度（见第1.1.3.7节）。
- 2) 如果卫星有若干波束，从卫星到每一波束的传播延迟有所不同。为了确保来自不同波束的RACH前置码在检测窗口内都到达卫星，卫星会把从卫星到每一卫星波束的参考位置（如波束的中心）的传播延迟广播出去。波束覆盖的UE则按照T延迟设定RACH前置码的传输时间，确保前置码能在检测窗口内被卫星接收到。

图1.18

广播从卫星到某一波束参考位置的传播延迟（例子）



M.2047-1-18

1.1.3.5 切换优化

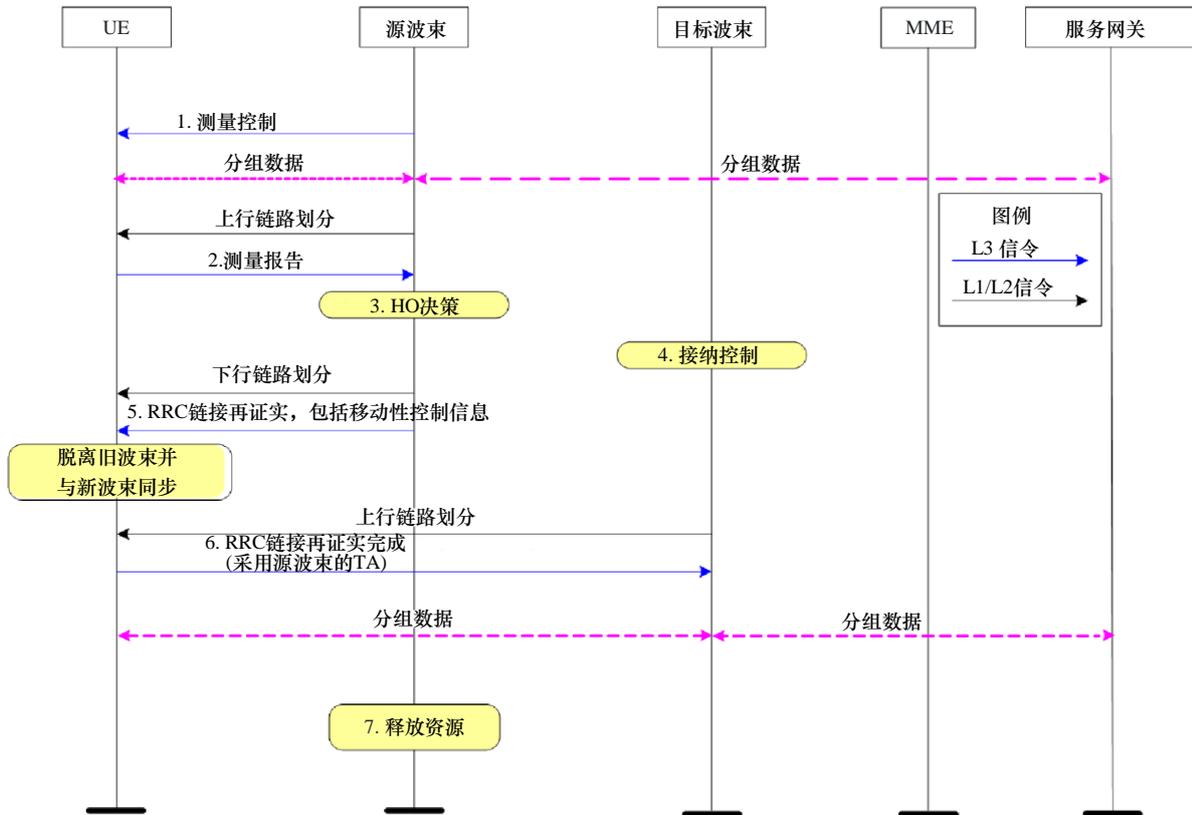
与地面的LTE系统相比，在卫星通信系统中的切换过程是更复杂的。下面介绍了三种切换方案：卫星内束间切换、卫星地面切换和陆地卫星切换。一些优化切换过程的增强应考虑减少由长传播延迟引起的切换中断时间。

切换基于UE辅助网络控制，即，基于可源自UE的测量报告，在连接模式下的UE切换决策是由网络作出。UE测量基于参考符号的力量或质量，并且各种测量报告的条件是可由网络配置。

1.1.3.5.1 卫星内波束间切换

波束间紧密同步通常是可以实现的，和源波束和目标波束上行时间进展是相同的。基于这样的紧密同步，切换UE可以避免在目标波束中执行RACH程序以加速的切换过程。在切换命令是从源波束发出后，目标波束可以直接安排在目标波束内切换UE的时间表。当UE接收切换命令时，立即交移到目标波束以收听时间表。可以预料的是，切换中断时间很短，例如几个ms。

图1.19
卫星内波束间切换



M.2047-1-19

1.1.3.5.2 卫星到地面切换

在这种情况下，现有的LTE的切换过程可以直接使用。可以预料中断时间与地面LTE系统相同，即约10 ms。

1.1.3.5.3 地到面卫星切换

在这种情况下，切换中断时间可以用预同步过程优化。为缩短切换中断时间，在发送切换命令之前，地面eNodeB可以指示切换UE建立与目标卫星波束的上行链路同步。这意味着，UE应当支持与地面和卫星两者之间的同步通信，在离开源小区之前建立与目标卫星波束的上行链路，或者UE应配备GNSS来推断TA。在接收到切换命令后，UE立即发送切换完成消息到目标卫星波束（注 - 发送切换完成消息及相关信息的RB资源可以在切换命令中提供）。当卫星网关接收切换完成消息时，切换过程成功完成并继续数据传输。用这种方式，避免了上行同步过程引起的中断时间。然而，仍有约480 ms（GEO为例）的切换中断时间：240 ms（从UE到卫星网关的切换完成消息时间）+ 240 ms（从卫星到UE数据的时间）。

1.1.3.6 寻呼增强

卫星移动通信系统的终端，有时工作在极低SNR的地区如室内环境或强遮蔽的环境中。在这些情况下，信号强度会比正常寻呼解码SNR门限低得多，这意味着一个即将到来的呼叫不能达到用户。

这个问题是通过BMSat中增强式寻呼的方式来解决。增强式寻呼可通知处在强遮蔽环境下的用户，呼叫进入时，用户可以选择走到室外或走出遮蔽环境接收呼叫。为了此目的，增强式寻呼解码门限应该比正常寻呼低得多。

对于增强式寻呼，在BMSat中设计了LTE帧结构中的新物理信道E-PPCH。

1.1.3.6.1 E-PPCH上的有效载荷

对于LTE中正常的寻呼，S-TMSI（临时移动用户标识）用于跟踪区域内搜索用户。S-TMSI由8 bits MMEC（移动性管理实体代码）和32 bits M-TMSI组成。MME为LTE的核心网络的控制消息处理中的实体。几个MME组成一个MME池，MMEC用于唯一地标识MME池内的一个MME。M-TMSI是一个MME中的一个订户的临时标识。

一般来说，一个MME足够一个卫星网关，因此，M-TMSI足够在BMSat内的正常寻呼和增强的寻呼，对于BMSat，MMEC没有必要。

1.1.3.6.2 对E-PPCH的资源配置

由于E-PPCH对于设计增强寻呼是一个新的物理信道，映射到BMSat中的消息应认真安排以避免与控制信道和同步信道的叠加。

图1.20显示BMSat中时隙0/时隙10和时隙1/时隙11的频率时间资源。BMSat中资源配置的基本单位是PRB（物理资源块），在一个时隙内（7 OFDM符号），它是由12个子载波组成（180 kHz）。在每个TTI（两个时隙组成）中，前三个OFDM符号通常用于控制信息，时隙0和时隙10中，中央6 PRBs（72子载波）的第6和第7个OFDM符号分别用于SSS（副同步信号）和PSS（主同步信号）。

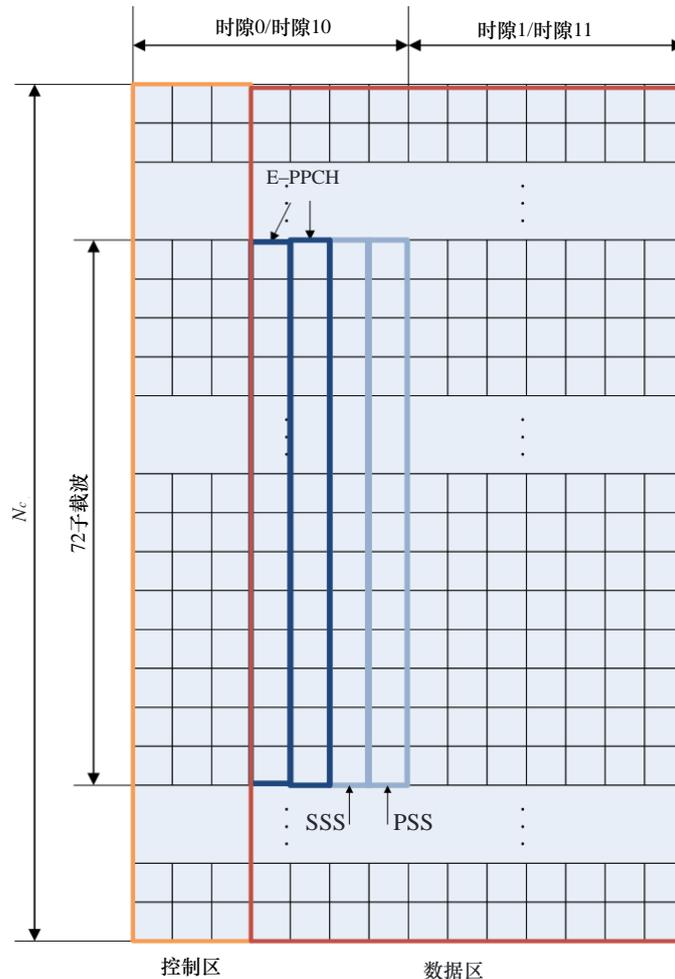
基于上述考虑，时隙0和时隙10中，中央6 PRBs的第4和第6个OFDM符号被指定为E-PPCH如图1.20所示。

1.1.3.6.3 增强寻呼的可靠传输

为提高增强寻呼解码SNR，可以考虑两种方法。第一种方法是应用“时间扩展”来减少解码信噪比的阈值。通过“时间扩展”，短消息通过数十次延长，通过“解除时间扩展”，扩频增益可以在接收机上获得。对于进一步的性能改进，时间扩展消息可以按可以反复多次。第二种方法是增加E-PPCH信号的发射功率。

图1.20

E-PPCH的资源配置



M.2047-1-20

1.1.3.6.4 非目标用户的节约能源

通过时间扩展，32 bits M-TMSI可进行数十次扩展。如果扩展序列作为一个整体传输，在接收机的M-TMSI消息的恢复将需要很长的时间。在得知消息中的M-TMSI不符合自己的M-TMSI之前，在这种情况下，非目标用户将浪费大量的能源。

为了解决这个问题，32 bits M-TMSI分为S小段，每段32/S bits。所有用户都分段解码报文段，并将当前解码段与自己的M-TMSI的相应部分进行比较。

仅当先前接收到的所有段均匹配本地M-TMSI时，该消息的后面段的解码将继续。在这种方式中，非目标用户可以尽快停止检测，以使大部分能量被节约。

1.1.3.6.5 增强寻呼过程

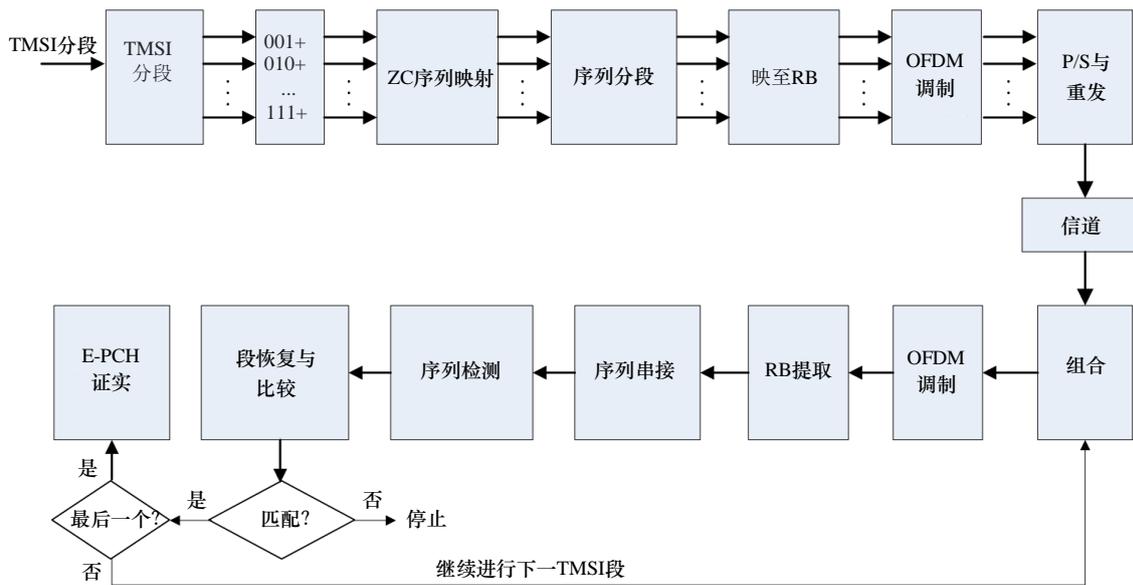
整个过程中显示于图1.21中。在发射机中，32 bits M-TMSI消息首先被分成几个段。每段附加一个段ID，这是用于在接收机处的对段进行比较。每个带有ID的M-TMSI段随后被映射到的Zadoff Chu序列，这实际上是将时间扩展的过程。因为每个M-TMSI段的Zadoff-Chu序列通常长于72。应首先分成若干段，然后映射到所分配的资源块。OFDM调制后，整个消息根据需要重复。

在接收机中，重复的消息首先被合并为当前的M-TMSI段。在OFDM解调和资源块提取后，将当前MTMSI的序列段进行连接。ML方法然后可以用于序列检测，并且带有其段ID的当前MTMSI段根据序列映射规则接收。通过段ID的帮助，接收器将接收到的M-TMSI段与本地的M-TMSI的相应部分进行比较。如果目前的M-TMSI段相匹配，接收机将继续检测下一个M-TMSI段。否则，接收器将停止E-PPCH检测。当接收到M-TMSI整体符合当地M-TMSI时，接收机可以通知用户EPPCH被接收。

E-PPCH配置在系统信息块中广播。

图1.21

完整的增强寻呼设计



M.2047-1-21

1.1.3.7 长延时的具体修改

1.1.3.7.1 PRACH配置

在地面LTE系统中，定义几个PRACH配置支持最大100 km的覆盖范围。卫星波束覆盖目标，以支持直径为100-500 km更广泛的区域。一个PRACH配置“sat1”加在BMSat中见表1.1。

表1.1
PRACH 配置

| 前同步码格式 | TCP | TSEQ | 序列长度 | GT |
|-----------------|---------------------|-----------------------|------|-----------|
| 0 | 3168T _s | 24576T _s | 839 | ≈97.4 us |
| 1 | 21024T _s | 24576T _s | 839 | ≈516 us |
| 2 | 6240T _s | 2*24576T _s | 839 | ≈197.4 us |
| 3 | 21024T _s | 2*24576T _s | 839 | ≈716 us |
| 4 (只有帧结构类型2) | 448T _s | 4096T _s | 139 | ≈9.4 us |
| Sat1 | 41024T _s | 2*24576T _s | 839 | ≈1280 us |

1.1.3.7.2 期间CQI反馈配置

地面LTE系统的最大CQI反馈周期是160 ms。它延伸到在BMSat中支持最大2 048 ms。

表1.2
CQI反馈配置

| $I_{CQI/PMI}$ | 值 N_{pd} | 值 $N_{OFFSET,CQI}$ |
|-----------------------------------|------------|---------------------|
| $0 \leq I_{CQI/PMI} \leq 1$ | 2 | $I_{CQI/PMI}$ |
| $2 \leq I_{CQI/PMI} \leq 6$ | 5 | $I_{CQI/PMI} - 2$ |
| $7 \leq I_{CQI/PMI} \leq 16$ | 10 | $I_{CQI/PMI} - 7$ |
| $17 \leq I_{CQI/PMI} \leq 36$ | 20 | $I_{CQI/PMI} - 17$ |
| $37 \leq I_{CQI/PMI} \leq 76$ | 40 | $I_{CQI/PMI} - 37$ |
| $77 \leq I_{CQI/PMI} \leq 156$ | 80 | $I_{CQI/PMI} - 77$ |
| $157 \leq I_{CQI/PMI} \leq 316$ | 160 | $I_{CQI/PMI} - 157$ |
| $I_{CQI/PMI} = 317$ | 保留 | |
| $318 \leq I_{CQI/PMI} \leq 349$ | 32 | $I_{CQI/PMI} - 318$ |
| $350 \leq I_{CQI/PMI} \leq 413$ | 64 | $I_{CQI/PMI} - 350$ |
| $414 \leq I_{CQI/PMI} \leq 541$ | 128 | $I_{CQI/PMI} - 414$ |
| $542 \leq I_{CQI/PMI} \leq 641^*$ | 256 | $I_{CQI/PMI} - 542$ |
| $642 \leq I_{CQI/PMI} \leq 741^*$ | 512 | $I_{CQI/PMI} - 642$ |

表1.2 (完)

| $I_{CQI/PMI}$ | 值 N_{pd} | 值 $N_{OFFSET,CQI}$ |
|-----------------------------------|------------|---------------------|
| $742 \leq I_{CQI/PMI} \leq 841^*$ | 1024 | $I_{CQI/PMI} - 742$ |
| $842 \leq I_{CQI/PMI} \leq 941^*$ | 2048 | $I_{CQI/PMI} - 842$ |
| $942 \leq I_{CQI/PMI} \leq 1023$ | 保留 | |

1.1.3.7.3 QCI表

LTE系统中有9个QCI级预先定义的标准化类别，以支持广泛区域的服务。很短延迟的服务，如实时游戏不能由卫星通信支持。因此，BMSat中原有的LTE QCI3被删除，而其他8个标准化QCI类别则保留在BMSat中。此外，分组延迟预算优化以支持卫星长时间的延迟。

表1.3

QCI配置

| QCI | 资源类型 | 优先 | 数据包 延迟预算 | 误包 丢失率 | 例如服务 |
|-----|---------|----|-------------|-----------|--|
| 1 | GBR | 2 | 100 ms + x | 10^{-2} | 语音会话 |
| 2 | | 3 | 150 ms + x | 10^{-3} | 视频对话（直播） |
| 3 | | 4 | 300 ms + 2x | 10^{-6} | 非会话视频（缓冲流） |
| 4 | Non-GBR | 1 | 100 ms + 2x | 10^{-6} | IMS 信令 |
| 5 | | 5 | 300 ms + 2x | 10^{-6} | 视频（缓冲流） 基于TCP的（如WWW，FTP，电子邮件，聊天，P2P文件共享，渐进的视频等） |
| 6 | | 6 | 100 ms + 2x | 10^{-3} | 视频 视频（直播） 互动游戏 |
| 7 | | 7 | 300 ms + 2x | 10^{-6} | 视频（缓冲流） 基于TCP的（如WWW，FTP，电子邮件，聊天，P2P文件共享，渐进的视频等） |
| 8 | | 8 | | | 逐行视频共享，等等 |

注 - x 是UE和卫星网关之间的平均传输延迟。

“+x” 服务被假设采用RLC UM发送；

“+2x” 服务被假设采用RLC AM发送。

1.1.3.8 网络编码

在移动卫星通信系统中，一个简单的基于异或的网络编码技术，用于提高下行链路的频率利用率。

首先，在不同的上行链路信道中两个连接的用户发送消息。第二，地面站（或者机载处理器）解码来自两个上行链路信道的消息，在相同的下行链路信道中发送两个解码消息的XOR。第三，两个用户解码XOR消息，并通过XOR恢复来自其他用户的消息，采用接收到的其自身上行链路的消息。移动卫星通信系统能力受到限制，特别是对于下行链路传输，因此，使用一个下行链路信道来服务两个用户，则系统能力显著改善。

1.2 无线电接口技术的详细规范

题为BMSat的IMT-Advanced的卫星无线电接口技术的详细规范已上传于中国通信标准化协会（CCSA）的网站。

该BMSat规范基于LTE-Advanced规范，其关系定义于表1.4。

表1.4

BMSat规范和LTE Advanced规范之间的关系

| 术语 | 定义 |
|-----------------|--|
| LTE-Advanced 适用 | 本BMSat规范的特征与LTE-Advanced是相同，因此相关的LTE-Advanced规范适用。 |
| BMSat特定 | 此BMSat规范描述了一种新的BMSat功能，在LTE-Advanced中没有相应的功能。 |
| 替换LTE-Advanced | 该BMSat规范是一个相关的LTE-Advanced规范的替代品。该BMSat规范可以参考相关的LTE-Advanced的规范。 |

该BMSat系列规范被组织在对应于LTEAdvanced文件结构中，见表1.5所示。

表1.5

BMSat系列规范的结构

| | BMSat | LTE-Advanced |
|----------|------------------|--------------|
| BMSat 特定 | TS 36.0xx.2 系列 | |
| 射频层 1 | TS 36.2xx.0/2 系列 | TS 36.2xx 系列 |
| 射频层2&3 | TS 36.3xx.0/2 系列 | TS 36.3xx 系列 |
| 架构 | TS 36.4xx.0/2 系列 | TS 36.4xx 系列 |

其中：

- TS xx.yyy.0用于BMSat规范，其具有相应的LTEAdvanced规范。在这种情况下，数字xx和yyy对应于LTE-Advanced的编号方案。
- TS xx.yyy.2用于BMSat规范，不对应于一个LTEAdvanced规范。在这种情况下，只有数字xx对应于LTEAdvanced的编号方案，数字yyy由BMSat分配。

BMSat系列规范的全部内容都在TS BMSat 36.001.2中给出。本节只简单介绍此规范，即定义了相对于地面LTE-Advanced的规范之间的差异（即修改），即“BMSat特定”和“替代LTE-Advanced”。

1.2.1 BMSat特定

1.2.1.1 TS BMSat 36.001.2

简介BMSat系列

本文给出了BMSat系列规范的大致介绍。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.1.2 TS BMSat 36.002.2

BMSat；概述

本文是对BMSat系统和相关联的空中接口规范的一般性描述。它的目的是指出地面LTE-Advanced系统和移动卫星BMSat系统之间的差异。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.2 无线电第1层

1.2.2.1 TS BMSat 36.201.0

演进通用地面无线接入（E-USRA）；LTE物理层；总体描述

该文件提供了演进通用地面无线接入（E-UTRA）无线电接口的总体描述。该文件亦描述3GPP E-UTRA物理层规范，也就是TS 36.200系列的文件结构。TS 36.200系列规定了LTE移动系统的Uu点，并从相互连通性和兼容性角度规定了基本互连所需的最低水平的规范。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.2.2 TS BMSat 36.211.0

演进通用地面无线接入（E-UTRA）；物理信道和调制

该文件描述了演进通用地面无线接入（E-UTRA）的物理信道和调制。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.2.3 TS BMSat 36.212.0

演进通用地面无线接入（E-USRA）；复用和信道编码

该文件规定了E-UTRA的编码、复用和至物理信道的映射。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.2.4 TS BMSat 36.213.0

演进通用地面无线接入（E-UTRA）；物理层程序

该文件规定和确立了演进通用地面无线接入（E-UTRA）物理层程序的特性。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.2.5 TS BMSat 36.216.0

演进通用地面无线接入（E-UTRA）；用于中继操作的物理层

该文件描述eNodeB的特性 – 中继节点传输。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.3 无线电第2层与第3层

1.2.3.1 TS BMSat 36.300.0

演进通用地面无线接入（E-UTRA）和演进通用地面无线接入网（E-UTRAN）；整体描述；第2阶段

该文件概述了E-UTRAN无线电接口架构的整体描述。无线电接口协议的具体要求在36系列的伴随规范中规定。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.3.2 TS BMSat 36.321.0

演进通用地面无线接入（E-UTRA）；介质访问控制（MAC）协议规范

该文件规定了E-UTRA介质访问控制（MAC）协议。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.3.3 TS BMSat 36.331.0

演进通用地面无线接入（E-UTRA）；无线电资源控制（RRC）；协议规范

该文件规定了无线资源控制协议，用于UE与E-UTRAN之间的无线电接口以及用于RN与E-UTRAN之间的接口。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

1.2.4 架构

1.2.4.1 TS BMSat 36.423.0

演进通用地面无线接入网（E-UTRAN）；X2应用协议（X2AP）

该文件规定了E-UTRAN内各eNodeB之间控制平面的无线网络层信令程序。X2应用协议（X2AP）采用该文件规定的信令程序支持X2接口的功能。

位置：<http://www.ccsa.org.cn/english/files.php?docpath=/ITU-R/BMSat>。

附件2

SAT-OFDM无线接口技术规范

目录

| | 页码 |
|--|----|
| 2.1 介绍 | 36 |
| 2.2 使用SAT-OFDM的 IMT-Advanced系统描述 | 37 |
| 2.2.1 构架描述 | 37 |
| 2.2.2 系统描述 | 38 |
| 2.3 射频 (RF) 的规范 | 41 |
| 2.3.1 卫星 (空间站) | 41 |
| 2.3.2 移动地面站 (MES) | 42 |
| 2.4 基带技术要求 | 43 |
| 2.4.1 多址 | 43 |
| 2.4.2 总体基带传输描述 | 43 |
| 2.4.3 物理信道和定时关系 | 45 |
| 2.4.4 信道复用和编码 | 54 |
| 2.4.5 物理层过程 | 57 |
| 2.4.6 性能增强的卫星特定特性 | 61 |
| 2.5 详细规范 | 81 |

2.1 介绍

SAT-CDMA是提供由IMT-2000卫星环境规定的最高数据速率144 kbit/s的各种先进的移动通信业务的一种卫星无线电接口。此无线接口可以适用于对地静止卫星轨道 (GSO) 卫星的全球国际通信。

SAT-OFDM在下行链路 (空 - 地) 中采用正交频分多址 (OFDMA), 在上行链路 (地 - 空) 中采用单载波频分多址。

无线接口具有高度的与地面无线电规范的通用性, 3GPP长期演进 (LTE) 技术用于IMT-Advanced业务, 但它也有许多不同的特征。这些特征对于反映该卫星特定特性是必要的, 如长往返延迟和慢衰落卫星信道, 以随机接入、交织、闭环功率控制等的形式来实现。

在这方面，无线电接口有两种操作模式，这些模式是正常模式和增强模式。正常模式是与3GPP LTE版本8完全兼容，而增强模式，通过引入更多的卫星特定功能提供性能增强。卫星RAN应支持这两种模式，而UE仅支持或者正常模式或两种模式。

2.2 使用SAT-OFDM的 IMT-Advanced系统描述

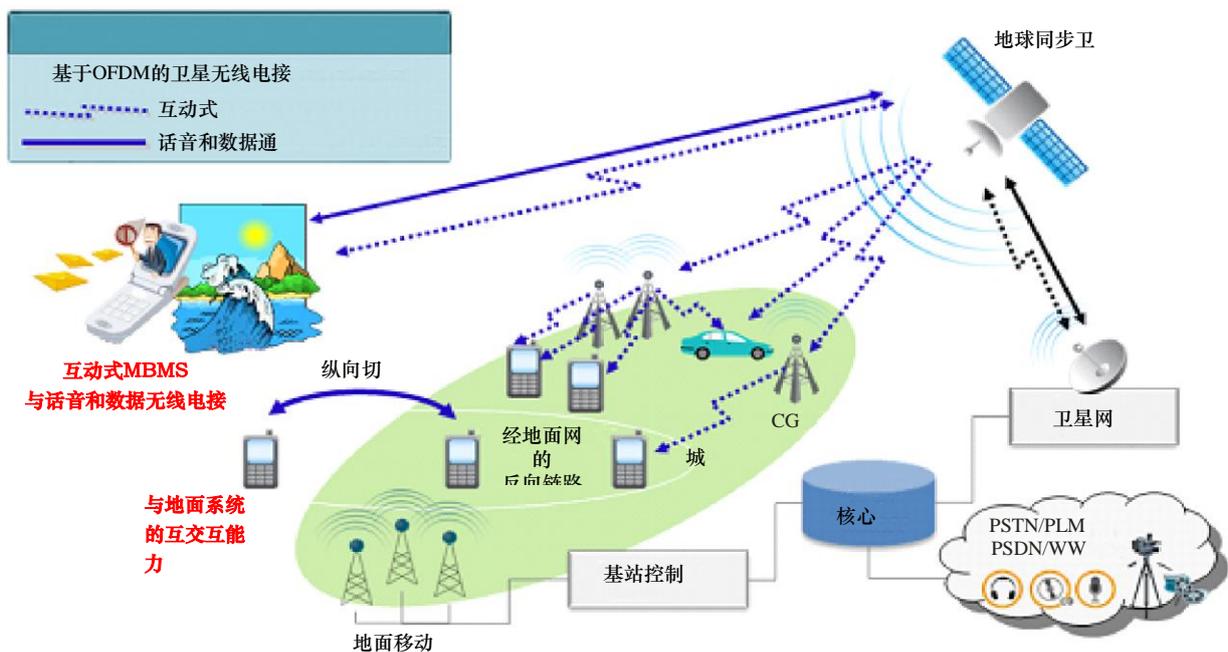
2.2.1 构架描述

图2.1描述采用SAT-OFDM 的整体系统架构。下列因素被考虑。

- 卫星：它将提供服务 and 应用程序类似于地面之外的地面系统业务，以及受功率和长期往返延迟限制的固有约束下的互补地面成分（CGC）覆盖业务。
- CGC：为了提供移动卫星广播/多播服务，它们可以被部署在卫星接收困难，尤其是在城市地区。他们可以与地面蜂窝基站并置或独立。
- IMT-Advanced地面部分：卫星组件可以在地面覆盖范围之外的区域提供语音和数据通信服务。这些地区没有充分地被地面部分所覆盖，其中包括物理隔离，地面部分的间隙以及由于环境原因地面部分永久或临时不能工作的区域。

图2.1

采用SAT-OFDM的 IMT-Advanced 系统架构示例



M.2047-2-

双向通信业务情景被视为地面部分的覆盖扩展和服务连续。在该方案中，最重要的考虑是与地面部分的切换技术。对于高性价比的切换，未来卫星无线电接口应该与设想的基于LTE的地面无线电系统兼容，并具有高度的通用功能。它也有可能重新使用地面部分技术来最小化用户终端芯片及网络设备以降低成本和快速发展。

此外，SAT-OFDM可用于提供高效的交互式多媒体广播服务，由于设想的地面移动无线电接口可以在蜂窝系统中处理用于广播服务以及双向通信。实际上，在传送相同内容到很宽扩的地理区域方面，卫星部分优于地面部分。

2.2.1.1 星座

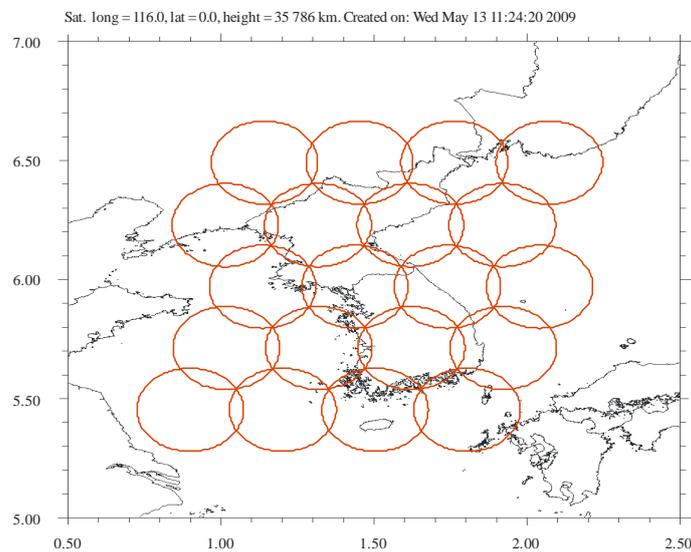
此接口能够处理几个卫星星座的类型，即低地球轨道（LEO）、高地球轨道（HEO）、中地球轨道（MEO）或GSO。然而应当注意，在下面章节描述的大多基于GSO星座类型。

2.2.1.2 卫星

根据吞吐量的需求设想了几种架构，比如全球波束、多波束和多卫星配置。图 2.2示出了多波束配置的一个例子，并且这个配置用于估计系统特性，包括RF规范。

图2.2

采用24 m卫星天线的多波束配置例子



M.2047-2-02

2.2.2 系统描述

2.2.2.1 业务特性

此无线电接口可以向移动用户提供 ITU-R M.1822建议书指示的广泛的电信业务，如表 2.1所示。

表2.1
业务分类

| 用户体验类别 | 业务类别 | 服务举例 |
|--------|--------|---|
| 对话 | 基本对话 | 语音电话（包括VoIP）， 应急呼叫， 按键通话。 |
| | 增强型对话 | 电话会议 高质量的视频电话， 远程协作， 电子教育（例如为教师提供的视频电话）， 会诊（例如与医生的视频互动）， 移动商务。 |
| | 低延迟对话 | 互动游戏， 会诊， 优先级业务。 |
| 互动 | 互动高延迟 | 电子教育（例如数据搜索）， 会诊（例如数据搜索）， 互联网浏览， 移动商务， 基于位置的服务， ITS支持的服务。 |
| | 互动低延迟 | 应急呼叫， 电子邮件（IMAP服务器接入）， 远程协作（例如桌面共享）， 公共告警（例如提供反馈）， 消息服务（瞬时消息）， 移动广播/组播（移动形式的互动个性化电视）， 互动游戏。 |
| 数据流 | 实时数据流 | 应急呼叫， 公共告警， 电子教育（例如远程授课）， 会诊（例如远程监测）， 设备之间的传送（例如观测）， 移动广播/组播， 多媒体。 |
| | 非实时数据流 | 移动广播/组播， 电子教育（例如教学电影）， 多媒体， 移动商务， 远程协作。 |

表2.1 (完)

| 用户体验类别 | 业务类别 | 服务举例 |
|--------|------|--|
| 背景 | 背景 | 消息业务， 视频消息， 公共告警， 电子邮件（传送RX/TX，例如POP）， 设备之间， 文件传输/下载， 电子教育（文件下载/上传）， 会诊（文件下载/上传）， 互联网浏览， 基于位置的业务。 |

由于卫星固有特性，如长期往返延迟，本接口支持的各种电信服务的服务质量（QoS）不同于在IMT-Advanced的地面部分。在本接口中，在承载传输电平上的实时业务的单向最大传输延迟可能小于400 ms，其BER值的范围从 1×10^{-3} 到 1×10^{-7} 。

2.2.2.2 系统特性

本无线电接口基于表2.2列出的关键技术特性。

表2.2

SAT-OFDM的关键技术特性

| | |
|------------|---------------------------|
| 多接入方案 | OFDMA（下行链路）、SC-FDMA（上行链路） |
| 双工方案 | 频分双工（FDD） |
| 码片速率 | 3.84 Mcps倍数或约数 |
| 子载波间隔 | 15 kHz |
| 载频间隔 | 1.3、3、5、10、15、20MHz |
| 帧长度 | 10 ms |
| 波束间同步 | 无需准确同步（波束间协调需要的精确同步） |
| 多速率/可变速率方案 | 变量的调制和编码率+多层 |
| 信道编码方案 | 卷积编码1/3 Turbo编码1/3 |

2.2.2.3 终端特性

用户设备的类型有多种：手持式、便携式、车载式、移动式或航空式。表2.3列出每一类型终端的数据传输速率和移动性的限制。为了评估最大容量，有必要区分前向链路和反向链路。

表2.3

对每种类型终端移动性的限制

| 终端类型 | 所用业务的数据率 (反向链路) (bps/ (Hz·层)) | 所用业务的数据率 (前向链路) (bps/ (Hz·层)) | 移动性的限制的 标称值 (km/h) |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 手持式 | ≤ 0.089 | ≤ 1.556 | 500 |
| 便携式 | ≤ 1.156 | ≤ 1.556 | 500 |
| 车载式 | ≤ 1.556 | ≤ 1.556 | 500 (最大1 000) |
| 移动式 | ≤ 1.556 | ≤ 1.556 | 静止 |

2.2.2.4 切换

本无线电接口支持将通信从一个信道切换到另一个信道。切换的战略是“移动体辅助、网络决策”的切换。

支持适度切换和较适度切换。

以下是系统内最通用的切换类型。

波束切换

UE定期对来自相邻波束的参考符号 $C/(N+I)$ 的电平进行测试，并将这一信息报告给LES。基于该测量报告，服务卫星波束开始切换准备，可能涉及交换服务和目标波束之间的信令以及目标光束中的UE的接纳控制。在成功切换准备后，作出决定，且切换命令将被发送到UE。UE和服务波束之间的连接将被释放，则UE将尝试同步，并通过使用随机接入信道接入目标波束。

卫星间切换

该过程类似于波束间切换。唯一的区别是，该UE也必须搜索不同的特定卫星参考符号标识。

频间切换

一般不需要频间切换。这一切换由LES决定而无需UE的任何支持（即该转移类型不是移动体辅助的转移）。

在反向链路上，LES通过不同的波束和/或不同的卫星，代为聚合从相同UE接收的所有信号。

2.3 射频 (RF) 的规范

2.3.1 卫星 (空间站)

在性能评估中考虑的卫星特点总结见表2.4。

表2.4

采用24 m卫星天线的卫星的扩展多波束结构

| 波束的数量 | 20 |
|--------------------|-------------|
| 下行链路频率（卫星至UE）（MHz） | 2 170-2 200 |
| 极化 | LHCP 或 RHCP |
| 每载频星载e.i.r.p.（dBW） | 73 |
| 上行链路频率（UE至卫星）（MHz） | 1 980-2 010 |
| 极化 | LHCP 或 RHCP |
| Rx天线增益（dB） | ≤ 50 |

2.3.2 移动地面站（MES）

移动地面站也被命名为用户设备（UE）。有若干种类型的UE。

3G标准手机：在卫星环境下使用时要求能适用MSS频带的频率灵活性。基本假设是，配备有标准全向天线的UE功率等级1、2和3。

便携式：便携式终端是用一台笔记本电脑配置的，其上装有一根外接天线。

车载式：车载式终端是由车顶上的一个射频（RF）模块装配而成的，该模块与驾驶座内的UE连接。

移动式：移动式终端配置有一台笔记本电脑，计算机盖包含平板式天线（人工调整，将其指向卫星）。

航空式：航空式终端是由装在机身上的天线构成的。

图2.3

UE的配置



M.2047-2-03

表2.5综述了这四种UE配置的功率和增益特性。

表2.5
UE特性

| UE 类型 | 最大发送功率 | 参考天线增益 | 最大e.i.r.p. | 天线温度 | 增益/温度 |
|-------|-----------------|--------|------------|-------|------------|
| 3G手机 | | | | | |
| 类别1 | 2 W (33 dBm) | 0 dBi | 3 dBW | 290 K | -24.6 dB/K |
| 类别2 | 500 mW (27 dBm) | | -3 dBW | | |
| 类别3 | 250 mW (24 dBm) | | -6 dBW | | |
| 便携式 | 2 W (33 dBm) | 2 dBi | 5 dBW | 200 K | -21 dB/K |
| 车载式 | 8 W (39 dBm) | 4 dBi | 13 dBW | 250 K | -20 dB/K |
| 移动式 | 2 W (33 dBm) | 14 dBi | 17 dBW | 200 K | -9 dB/K |

2.4 基带技术要求

2.4.1 多址

本节中的内容被正式引用用于TTAT.3G-36.201¹第4.2.1节，TTA提供。

另外，下述规定旨在符合卫星系统中的卫星特定条件或性能增强。为支持成对2 GHz频谱中传输，应支持1个双工模式、频分双工（FDD），支持全双工和半双工操作。

为支持成对2 GHz频谱中传输，应支持1个双工模式、频分双工（FDD），支持全双工和半双工操作。

在增强模式下的下行链路中，也支持带有一个循环前缀的单载波频分复用（SC-FDM）。细节可参见§ 2.4.6.6。

在增强模式下的上行链路中，小于180 kHz的资源块也被支持用于功率有限的手持终端。细节可参见§ 2.4.6.5。

2.4.2 总体基带传输描述

SAT-OFDM的总体下行链路和上行链路传输描述分别参见2.4和2.5。对于通用性，SAT-OFDM基本具有与3GPP LTE版本8无线接口相同的传输块，但也修改了一些块或添加了新块，适应卫星的具体特点。

¹ 标准TTAT 3G-36.201为3GPP TS 36.201的转置文件[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.201\(R8-8.3.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.201(R8-8.3.0).zip)。TTA是确定的3GPP LTE(Advanced)转换组织的规范之一。

图2.4
SAT-OFDM中的下行链路传输

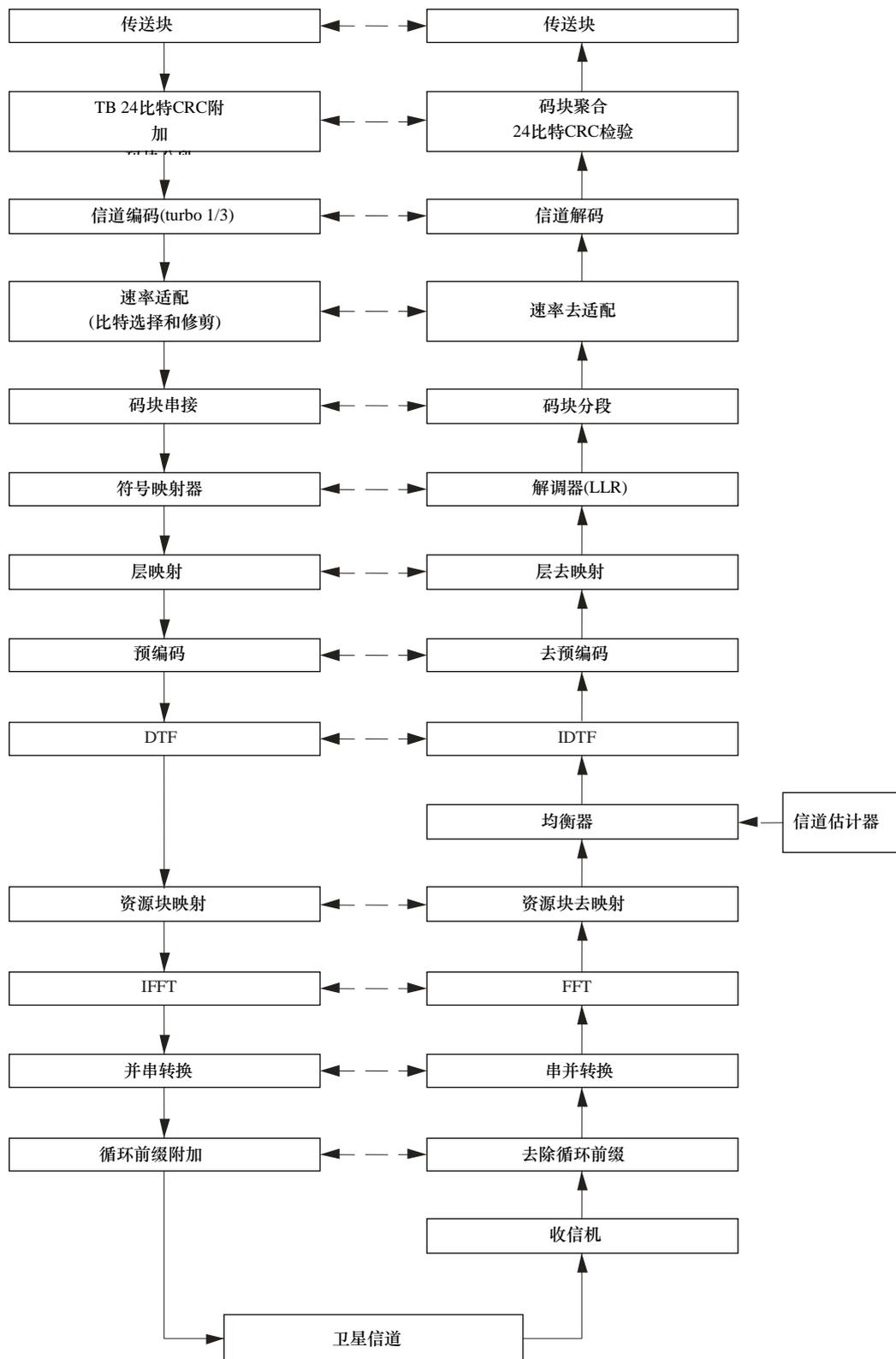
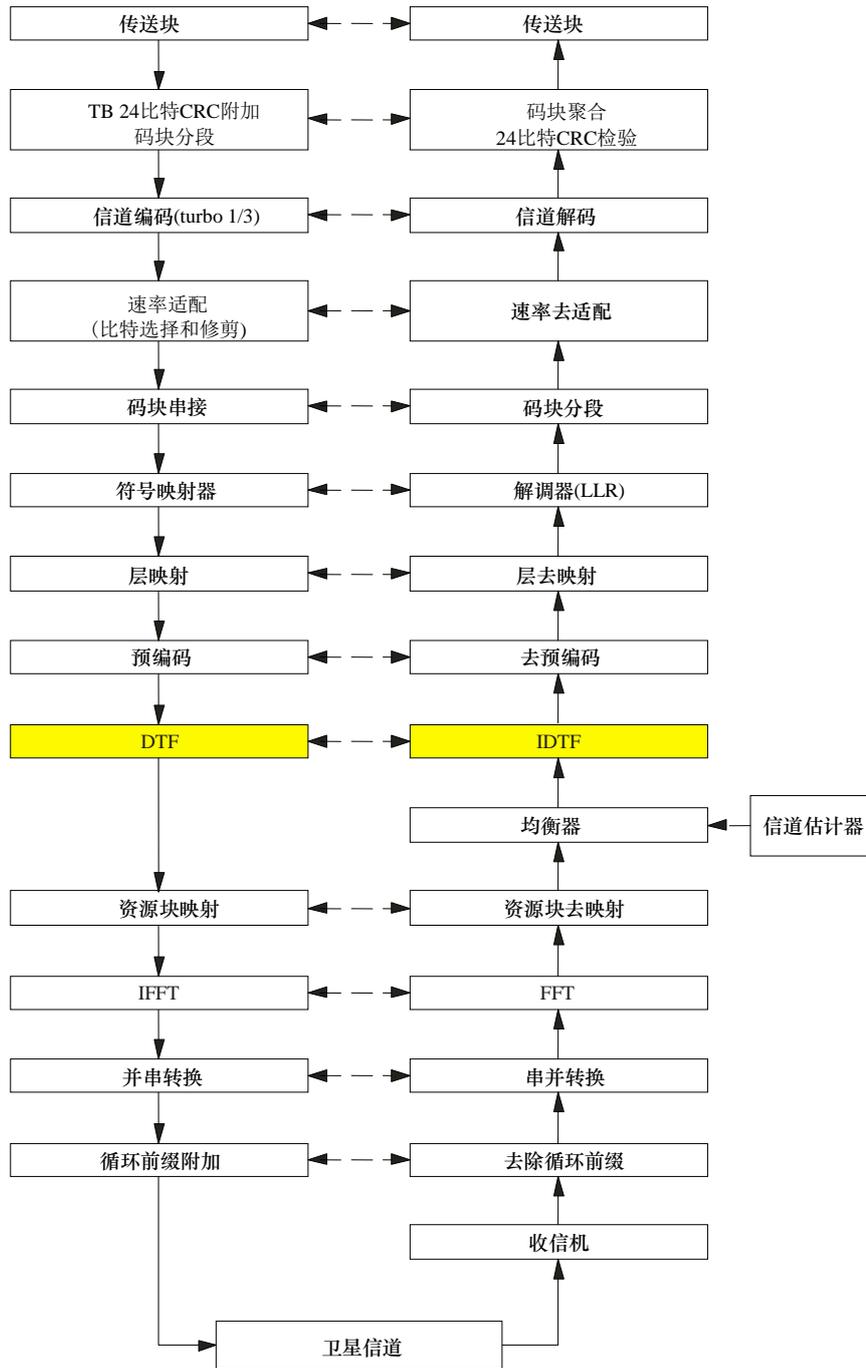


图2.5
SAT-OFDM中的上行链路传输



M.2047-2-05

2.4.3 物理信道和定时关系

下列物理信道SAT-OFDM中定义。

- 下行链路
 - 物理信道：用户数据、控制、信息
 - PDSCH（物理下行链路共享信道）
 - PMCH（物理多播信道）
 - PDCCH（物理下行链路控制信道）

- PBCH (物理广播信道)
- PCFICH (物理控制格式指示信道)
- PHICH (物理混合ARQ指示符信道)
- 物理信号: 小区搜索, 信道估计
 - RS (参考信号)
 - SCH (同步信号)
- 上行链路
 - 物理信道: 用户数据, 控制
 - PUSCH (物理上行链路共享信道)
 - PUCCH (物理上行链路控制信道)
 - PSRACH (物理卫星随机接入信道)
 - 物理信号: 信道估计
 - RS (参考信号)

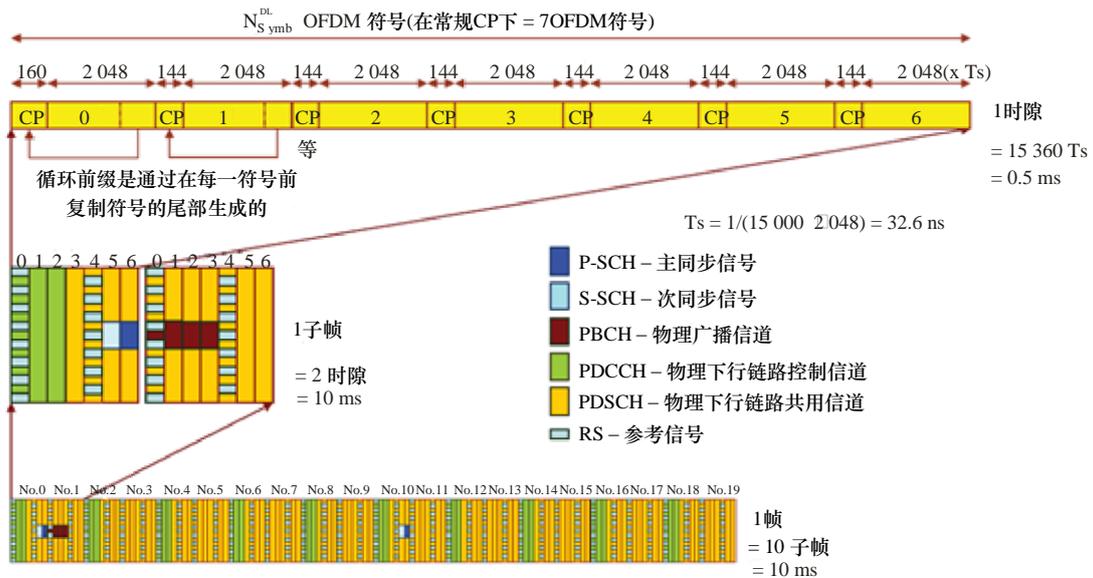
2.4.3.1 帧结构

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211² 第4节, 由TTA提供。

此外, 为了适应卫星的具体条件和性能增强的卫星系统, 只支持帧结构类型1, 适用于FDD。

图2.6和2.7表示SAT-OFDM的下行链路和上行链路帧结构, 在正常循环前缀时, 分别采用7个OFDM符号。

图 2.6
SAT-OFDM的下行链路帧结构

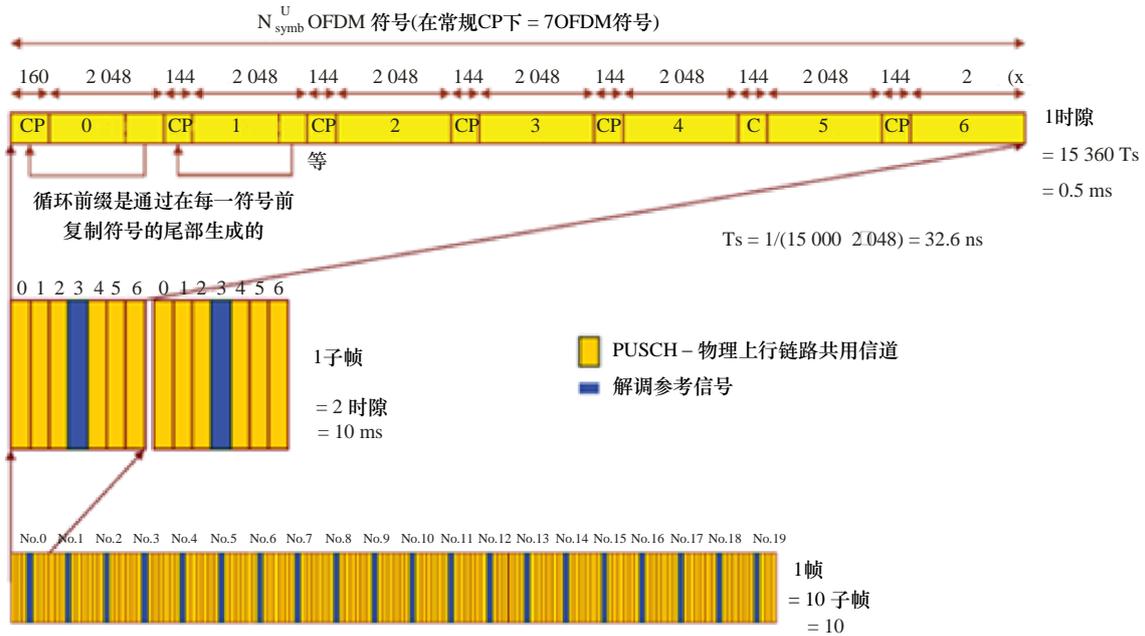


M.2047-2-06

² 标准TTAT.3G-36.211 为 3GPP TS 36.211的转置文件夹[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.211\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.211(R8-8.6.0).zip)。

图 2.7

SAT-OFDM的上行链路帧结构



M.2047-2-07

2.4.3.2 上行链路 物理信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.1节，由TTA提供。

2.4.3.2.1 时隙结构和物理资源

2.4.3.2.1.1 资源网格

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.2.1节，由TTA提供。

2.4.3.2.1.2 资源要素

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.2.2节，由TTA提供。

2.4.3.2.1.3 资源块

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.2.3节，由TTA提供。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

在增强模式中，在上行链路中也支持窄带的物理资源块，分别在时域和频域中对应2时隙和90 kHz、4时隙和45 kHz、6时隙和30 kHz。

2.4.3.2.2 物理上行链路共享信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.3节，由TTA提供。

2.4.3.2.2.1 扰码

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.3.1节，由TTA提供。

2.4.3.2.2.2 调制

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.3.2节，由TTA提供。

旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。也支持64QAM 调制方案。

表2.6

上行链路调制方案

| 物理信道 | 调制方案 |
|-------|------------|
| PUSCH | QPSK、16QAM |

2.4.3.2.2.3 转换预编码

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.3.3节，由TTA提供。

2.4.3.2.2.4 映射到物理资源

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.3.4节，由TTA提供。

旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。TDD有关的操作不被考虑。

2.4.3.2.3 物理上行链路控制信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.4节，由TTA提供。

2.4.3.2.4 参考信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.5节，由TTA提供。

旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。TTAT.3G-36.211第5.5.3节中用于探测参考信号的TDD操作不被考虑。

2.4.3.2.5 SC-FDMA 基带信号产生

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.6节，由TTA提供。

2.4.3.2.6 物理随机接入信道

2.4.3.2.6.1 正常操作模式

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.7.1节，由TTA提供。

旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。TDD的物理随机接入信道不被考虑。

2.4.3.2.6.2 增强操作模式

在增强模式中，定义了新的RA前同步码以提高卫星环境中的系统能力。参数值列于表2.7，数值由随机存取配置确定。前同步码格式由高层控制。

表2.7

随机接入前同步码参数

| 前同步码格式 | T_{CP} | T_{SEQ} |
|--------|---------------------------|---------------------------|
| 4 | $9 \cdot 6240 \cdot T_s$ | $3 \cdot 24576 \cdot T_s$ |
| 5 | $3 \cdot 21024 \cdot T_s$ | $6 \cdot 24576 \cdot T_s$ |

一种随机接入前同步码的传输，如果由MAC层触发，被限制在一定的时间和频率资源内。

在无线帧以及频域中的物理资源块内，这些资源以递增顺序的子帧号列举，因此指数0对应于无线帧中最低编号的物理资源块和子帧。在无线帧中的PRACH资源由一个PRACH资源指数指示。物理层随机接入由表2.7中列出的两个前同步码格式配置，帧结构类型1的给定配置允许随机接入前同步码传输中的子帧。PRACH的配置指数参数由较高层给出，在UE上，随机接入前同步码的开始应当与相应的上行链路子帧的开始对准。对于某些PRACH配置，UE可能由于切换的目的，假设无线帧*i*的在当前波束和目标光束之间的相对时间差的绝对值。

每个PRACH配置的随机存取机会应首先考虑时间而后是频率，当且仅当时间复用不足以容纳PRACH配置的所有机会时，即每10 ms时间上不重叠的PRACH密度值的需要。

对于前同步码格式5和6，频率复用按照：

$$n_{PRB}^{RA} = \begin{cases} n_{PRBoffset}^{RA} + 2 \left\lfloor \frac{f_{RA}}{2} \right\rfloor, & \text{if } f_{RA} \bmod 2 = 0, \\ N_{RB}^{UL} - 2 - n_{PRBoffset}^{RA} - 2 \left\lfloor \frac{f_{RA}}{2} \right\rfloor, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

其中：

N_{RB}^{UL} ：上行链路资源块数

f_{RA} ：在所考虑的时-域定位内的PRACH资源频率指数

n_{PRB}^{RA} ：分配给所考虑的PRACH机会的第一个物理资源块以及其中的参数PRACH频偏

$n_{\text{PRBoffset}}^{\text{RA}}$: 可用于PRACH的第一个物理资源块, 表示为一个物理资源块数由较高层配置和实现 $0 \leq n_{\text{PRBoffset}}^{\text{RA}} \leq N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - 2$.

随机接入前同步码从具有零相关区的Zadoff-Chu序列生成, 从一个或多个根Zadoff-Chu序列生成。络配置允许UE使用的前同步码序列组。

每一波束中可以有64个前同步码。发现波束中64的前同步码序列组是通过包括第一个, 递增循环移位, 一个采用逻辑索引RACH_ROOT_SEQUENCE的根Zadoff-Chu序列的所有可用的循环移位, 其中RACH_ROOT_SEQUENCE被广播的系统信息的一部分。额外的前同步码序列, 在64前同步码不能由单根Zadoff-Chu序列生成的情况下, 从采用连续的逻辑指数的根序列获得, 直到所有64个序列被发现。逻辑根序列顺序循环。

时间连续的随机接入信号 $s(t)$ 定义如下:

$$s(t) = \beta_{\text{PRACH}} \sum_{k=0}^{N_{\text{ZC}}-1} \sum_{n=0}^{N_{\text{ZC}}-1} x_{u,v}(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi nk}{N_{\text{ZC}}}} \cdot e^{j2\pi(k+\varphi+K(k_0+1/2))\Delta f_{\text{RA}}(t-T_{\text{CP}})},$$

其中:

$$0 \leq t < T_{\text{SEQ}} + T_{\text{CP}}$$

β_{PRACH} : 振幅比例因子, 为了符合发送功率

$x_{u,v}(n)$: 随机接入前同步码

$$k_0 = n_{\text{PRB}}^{\text{RA}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - N_{\text{RB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2$$

在频域中的位置由参数 $n_{\text{PRB}}^{\text{RA}}$ 控制, 这是分配给该PRACH机会的第一个物理资源块。因数 $K = \Delta f / \Delta f_{\text{RA}}$ 计及随机接入前同步码和上行链路数据传输之间的子载波间距差异。变量 Δf_{RA} , 为随机接入前同步码的子载波间隔, 变量 φ , 一个固定的偏移量, 确定物理资源块中随机接入前同步码的频一域位置, 两者详见表2.8。

表2.8

随机接入基带参数

| 前同步码格式 | Δf_{RA} | φ |
|--------|------------------------|-----------|
| 4-5 | 416.67 Hz | -6 |

2.4.3.2.7 调制和上变频

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第5.8节, 由TTA提供。

2.4.3.3 下行链路物理信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.1节，由TTA提供。

2.4.3.3.1 时隙结构和物理资源

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.1节，由TTA提供。

旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。不考虑涉及TDD操作的保护期的§ 6.2.6。

2.4.3.3.2 下行链路物理信道的通用结构

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.3节，由TTA提供。

表2.9

调制方案

| 物理信道 | 调制方案 |
|-------|-------------|
| PDSCH | QPSK, 16QAM |
| PMCH | QPSK, 16QAM |

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

64QAM调制方案不被支持。

在增强模式中，下面的步骤被另外定义用于基带信号表示下行链路物理信道：

- 复值调制符号在几个子帧中的长时间交织（详细内容参见§ 2.4.6.1）；
- 每个天线端口的复值时域SC-FDM信号的生成（详细内容参见§ 2.4.6.6）。

在增强模式中，也增加了采用互补的地面组件（CGCs）的合作发射分集的预编码，作为综合卫星CGC配置中的性能增强（详细内容参见§ 2.4.6.4）。

2.4.3.3.3 物理下行链路共享信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.4节由TTA提供。

2.4.3.3.4 物理多播信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.5节，由TTA提供。

2.4.3.3.5 物理广播信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.6节，由TTA提供。

2.4.3.3.6 物理控制格式指示信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.7节，由TTA提供。

2.4.3.3.7 物理下行链路控制信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.8节，由TTA提供。

2.4.3.3.8 物理混合ARQ指示符信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.9节，由TTA提供。

2.4.3.3.9 参考信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.10节，由TTA提供。

2.4.3.3.9.1 小区特定参考信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.10.1节，由TTA提供。

2.4.3.3.9.2 MBSFN 参考信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.10.2节，由TTA提供。

2.4.3.3.9.3 UE专用参考信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.10.3节，由TTA提供。

2.4.3.3.10 同步信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.11节，由TTA提供。

2.4.3.3.10.1 主同步信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.11.1节，由TTA提供。

2.4.3.3.10.2 副同步信号

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.11.2节，由TTA提供。

2.4.3.3.11 OFDM基带信号的产生

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.12节，由TTA提供。

2.4.3.3.12 调制和上变频

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第6.13节，由TTA提供。

2.4.3.4 定时

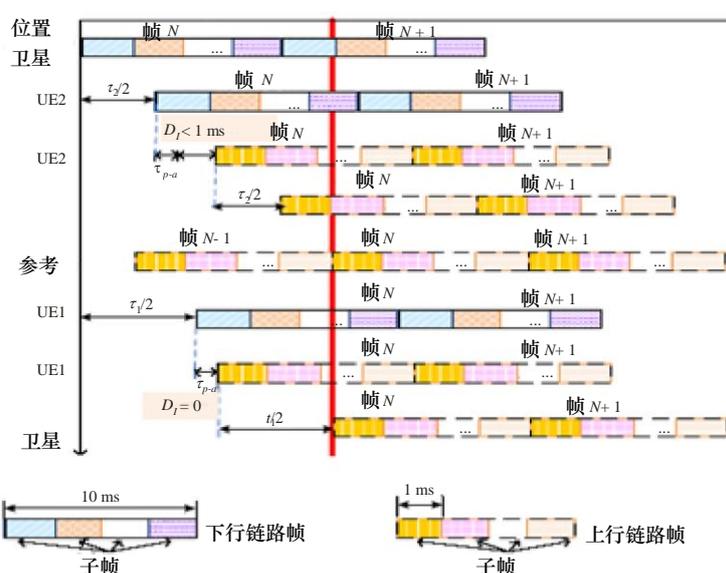
2.4.3.4.1 上行链路-下行链路帧定时

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.211第8节，由TTA提供。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

资源配置必需满足上行链路一下行链路帧定时，规定于于TTAT.3G-36.211第8节。图2.8示出了为此目的设计的一个资源配置方法，并考虑了卫星的具体条件。UE1和UE2分别代表位于波束边缘和中心的终端。因此，UE1和UE2分别具有最大和最小往返时延（RTD），在所有可用的 $\Delta t_{i,j}$ 中， $\Delta t_{1,2}$ 具有最大值。相对于给UE1的RTD，定时参考被设置为上行链路传输，采用此参考，一旦资源配置信息通过通过下行链路接收到，UE1可以发射其上行链路信号，即， $D_i=0$ 。另一方面，对于UE_j， $\Delta t_{i,j}$ 通过使用修改后的资源配置方法补偿，没有对地面LTE上行链路一下行链路定时的任何修改。事实上，在一个卫星调度器可以通过其自身的随机接入试验获得各个UE的位置信息。通过使用该信息，调度器分配可用资源至配对的特定下行链路子帧中的最适当的子帧。例如，图 2.8所示，分别在 $t_1/2$ 和 $t_2/2$ 之后，UE1和UE2接收下行链路信号，其中 t_i 为UE_i的RTD。调度分配可用资源至最邻近的上行链路参考子帧，就在下行链路信号的接收和切换延迟后， t_{pro} 。因为调度器具体关于 $\Delta t_{i,j}$ 的信息，正交性的问题就可以解决。

图 2.8
上行链路 - 下行链路帧定时的资源配置



M.2047-2-08

2.4.3.4.2 PRACH/AICH定时关系相关的AI

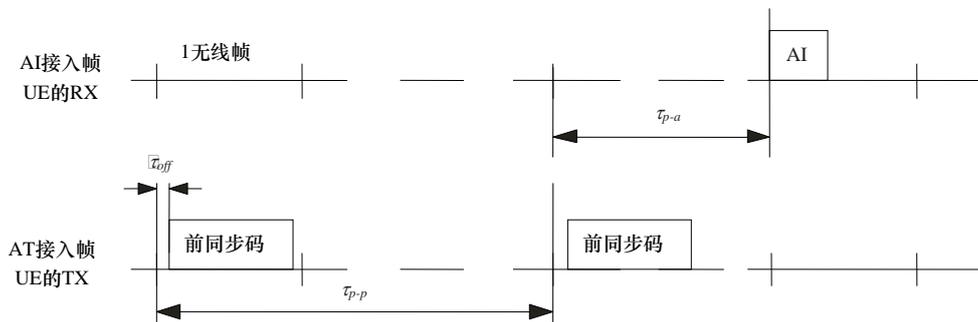
上行链路PRACH接入帧在时间上与相关于获得指示符（AI）的下行链路PDCCH的收受信息对准。在编号为 n ($n = 0, 1, \dots, 15$)的下行链路接入帧收受之前，从MES τ_{p-a} 子帧传送编号为 n 的上行链路接入帧。图2.9表示PRACH/AICH的定时关系。传输偏差 τ_{off} 是范围 $\tau_{p,min} - \tau_{off,max}$ 之间的一个值，其中 $\tau_{off,max}$ 是最大传输偏移，它是由较高层告知的。报头至报

头的距离 τ_{p-p} 应该大于或等于最小的报头至报头距离 $\tau_{p-p,min}$ 。除了 $\tau_{p-p,min}$ 外，报头至AI的距离 τ_{p-a} 定义如下：

- 当AICH_传输_定时被设置为0时， $\tau_{p-p,min} = 230\ 400$ 码片（6无线电帧），且 $\tau_{p-a} = 153\ 600$ 码片（4无线电帧）。
- 当AICH_传输_定时被设置为1时， $\tau_{p-p,min} = 307\ 200$ 码片（8无线电帧），且 $\tau_{p-a} = 230\ 400$ 码片（6无线电帧）。

参数AICH_传输_定时是由较高层告知的。

图2.9
如在MES看到的PRACH和AI之间的定时关系



M.2047-2-09

2.4.4 信道复用和编码

2.4.4.1 映射到物理信道

2.4.4.1.1 上行链路

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第4.1节³，由TTA提供。

2.4.4.1.2 下行链路

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第4.2节，由TTA提供。

2.4.4.2 信道编码，复用和交织

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5节，由TTA提供。

2.4.4.2.1 通用过程

2.4.4.2.1.1 CRC计算

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.1节，由TTA提供。

³ 标准 TTAT.3G-36.212 为 3GPP TS 36.212 的转置文件[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.212\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.212(R8-8.6.0).zip)。

2.4.4.2.1.2 代码块段和编码块的CRC附件

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.2节，由TTA提供。

2.4.4.2.1.3 信道编码

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.3节，由TTA提供。

2.4.4.2.1.3.1 咬尾卷积编码

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.3.1节，由TTA提供。

2.4.4.2.1.3.2 Turbo 编码

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.3.1节，由TTA提供。

2.4.4.2.1.4 速率匹配

2.4.4.2.1.4.1 Turbo编码传输信道的速率匹配

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.4.1节，由TTA提供。

2.4.4.2.1.4.2 对卷积编码的传送信道和控制信息的速率匹配

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.4.2节，由TTA提供。

2.4.4.2.1.5 码块级联

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1.5节，由TTA提供。

2.4.4.2.2 上行链路传输信道和控制信息

2.4.4.2.2.1 随机接入信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.2.1节，由TTA提供。

2.4.4.2.2.2 上行链路共享信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.2.2节，由TTA提供。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

TDD有关的操作不被考虑。

在增强模式中，加上5 bits宽带CQI，如表2.10所示。加法是用于采用宽带CQI报告的信道质量信息反馈以及用于传输的模式4和6。

表2.10

宽带CQI字段增强模式

| 字段 | Bit宽 | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 两个天线端口 | | 四个天线端口 | |
| | 等级 = 1 | 等级 = 2 | 等级 = 1 | 等级 > 1 |
| Wideband CQI codeword 0 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Wideband CQI codeword 1 | 0 | 5 | 0 | 5 |

2.4.4.2.2.3 PUCCH上的上行链路控制信息 (UCI)

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.2.3节，由TTA提供。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

TDD有关的操作不被考虑。

在增强模式中，接收机存储器 (RM) 的字段被添加到HARQ-ACK（详细内容参见 § 2.4.6.10）。

在增强模式中，加上5 bits宽带CQI，如表2.11和2.12所示。表2.11定义为宽带CQI报告的信道质量信息反馈，它用于传输模式1、2、3和7。表2.12用于传输模式4、5和6。

表2.11

增强模式的UCI字段
(传输模式1、2、3和7)

| 字段 | Bit 宽 |
|-------|-------|
| 宽带CQI | 5 |

表2.12

增强模式的UCI字段 (传输模式4、5和6)

| Field | Bit宽 | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 两个天线端口 | | 四个天线端口 | |
| | 等级 = 1 | 等级 = 2 | 等级 = 1 | 等级 > 1 |
| 宽带CQI | 4 | 4 | 4 | 4 |

2.4.4.2.2.4 PUCCH上的上行链路控制信息没有UL-SCH数据

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.2.4节，由TTA提供。

2.4.4.2.3 下行链路传输信道和控制信息

2.4.4.2.3.1 播出频道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.3.1节，由TTA提供。

2.4.4.2.3.2 下行链路共享信道，寻呼信道和多播信道

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.3.2节，由TTA提供。

2.4.4.2.3.3 下行链路控制信息（DCI）

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.2.3节，由TTA提供。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

TDD有关的操作不被考虑。

在增强模式中，在DCI格式0中的指示符比特的数目被改变为卫星的载波聚合。

- 新的数据指示符 – 2 bits（从1 bit增加到 2 bits，TTAT.3G36.212第5.3.3节）。

在增强模式中，DCI格式1、1A、1B、1D、2、2A和2B中的指示符比特的数目被改变为卫星HARQ和卫星的载波聚合。

- HARQ处理数 – 9 bits（从3 bits增加到9 bits，TTAT.3G36.212第5.3.3节）。
- 新的数据指示符 – 2 bits（从1bits增加到2 bits，TTAT.3G36.212第5.3.3节）。

2.4.4.2.3.4 控制格式指示符（CFI）

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.3.4节，由TTA提供。

2.4.4.2.3.5 HARQ指示符（HI）

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.3.5节，由TTA提供。

2.4.5 物理层过程

2.4.5.1 波束搜索

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.4.1节⁴，由TTA提供。

2.4.5.2 定时同步

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.4.1节，由TTA提供。

⁴ 标准TTAT.3G-36.213为3GPP TS 36.213的转置文件[http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.213\(R8-8.6.0\).zip](http://committee.tta.or.kr/include/Download.jsp?filename=stnfile/TTAT.3G-36.213(R8-8.6.0).zip)。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

卫星环境中这种传输定时调整的资源配置方法参见§ 2.4.3.4。

2.4.5.3 功率控制

2.4.5.3.1 上行链路功率控制

2.4.5.3.1.1 正常操作模式

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.1节，由TTA提供。

2.4.5.3.1.2 增强操作模式

上行链路功率控制是基于由终端本身（开环功率控制）来完成这两个信号强度测量，以及由基站所做的测量。

即使在上行链路中使用正交的SC-FDMA接入，来自相邻波束的高级别干扰仍然可以限制上行链路的覆盖范围，如果邻近波束的UE不是功率控制。在卫星上接收的平均小区间干扰电平被有效地通过在每个UE中的慢功率控制而减小，以补偿路径损耗和遮蔽。

对于上行链路，应用基于事件的组合的开环和闭环功率控制算法。

对每个MCS、 PSD_{target} 的给定PSD目标，上行链路功率控制调整UE发射功率，以保持传输功率谱密度（PSD）。当UE的发送功率低于最大允许输出功率时，应对上行链路功率进行控制。

在上行链路上发送功率的任何变化应在帧开始之前立即发生。相对于以前的值功率的变化由UE导出，并由 Δ_{UP} （dB）表示。

卫星-RAN应该估计所接收的上行链路SRS的功率谱密度 PSD_{est} ，产生TPC命令，并且根据以下规则，每一个以上无线电帧发送一次命令：

定义变量：

$\Delta_{\epsilon}(i)$: $PSD_{est} - PSD_{target}$ 对于给定的MCS级

$\Delta_p(i)$: 按照第 i^{th} 帧的TPC_cmd确定功率控制级的值，其中在卫星RAN控制之下，级长为[-1 dB 0 dB +1 dB +3 dB]

N_{frame} : 以帧表示的环路延迟。

则， $\Delta_p(i)$ 是利用 $\Delta_{\epsilon}(i)$ 和过去的 N_{frame} 功率控制级 $\Delta_p(k)$ 产生的， $k = i - N_{frame} - 1, \dots, i - 1$ 如下：
计算：

$$\Delta_{\epsilon,c} = \Delta_{\epsilon}(i) + \chi G_1 (PSD_{SRS}(i) - PSD_{SRS}(i-1)),$$

此处环路延迟补偿指示符， $G_1(0 \leq G_1 \leq 1)$ 是较高层参数并且对相同波束内的所有MESs是相同的。当SRS可以用于信道估计时，值 χ 有1，否则 χ 为0。

- 若 $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ 且 $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = 1$ dB
- 若 $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ 且 $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = 0$ dB
- 若 $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ 且 $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = 3$ dB
- 若 $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ 且 $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -1$ dB

利用当下已接收的两个功率控制级 $\Delta_p(i)$ 和 $\Delta_p(i-1)$ ，MES对带有一级 Δ_{UP} (dB)的上行链路DSCH的发送功率进行调节，如下述：

$$\Delta_{UP} = \Delta_p(i) - \alpha \Delta_p(i-1)$$

其中 α 与正在使用的波束内的完全相同，并且由较高层告知。

2.4.5.3.2 下行链路的功率控制

2.4.5.3.2.1 正常操作模式

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.212第5.2节，由TTA提供。

2.4.5.3.2.2 增强操作模式

动态功率控制被应用于到单独一个UE或一组UE的专用控制信道。在上行链路上没有提供TPC命令的反馈，并且功率分配是基于来自这些UE的下行链路信道质量的反馈。不同的功率电平可以以一个半静态的方式被分配给用于进行数据传输的不同资源块，以支持波束间干扰协调（IBIC）。此外，可以在一个子帧内用于数据传输的OFDM符号上定义二个不同的功率电平，来改善卫星RAN功率利用率。但是，不允许在天线端口之间采用不同的功率电平来解决空间域功率不平衡。

为了从下行链路信道质量反馈来决定适当的MCS电平，UE可以采用一种估算在往返延迟之后的未来信道条件的预测算法。在往返延迟之后，MES应采用预测算法估算未来的SIR值。通过对激活组内CPICH/S-CCPCH/DPCHs的SIR过去的变化轨迹、进行观察的方法来实现对SIR变化的预测。为了支持采用预测算法的MES，由较高层告知了波束（MES就属于该波束）的一种标称往返延迟。在往返延迟之后，已预测的SIR变量 Δ_{pred} 被MES用来按照下述规则产生TPC命令：

$$\Delta_{pred} = G(PSD_{CSI-RS+PBCH+SCH}(i) - PSD_{CSI-RS+PBCH+SCH}(i-1)),$$

此处，预测增益G是较高层参数，并且对相同波束中的每个EMS可以不同。

基本上，是自适应调制和编码机制（AMC）被应用在下行链路传输中，而不是功率控制。但是功率控制可以被应用于下行链路传输中来如下地保持低PAPR。

- 步骤1: 监视UE所经历的大范围衰落值 (L_k)。
- 步骤2: 统计满足 $L_k > B_0$ 的UE (N_u)的数量。
- 步骤3: 如果 $N_u < B_1$ ，统计 N_u UE所采用的子载波 (N_c) 的总数量。
否则，采用AMC模式运行。
- 步骤4: 如果 $N_c < B_2$ ，采用功率控制模式。
否则，采用AMC模式运行。

此处，门限 B_0 、 B_1 和 B_2 是由高层告知的。

2.4.5.4 随机接入过程

本节内容正式引用于TTAT.3G-36.213的第6款，由TTA提供。

下列规定旨在适应卫星特定条件或卫星系统中的性能增强。

对一个安装了GPS的UE定义了一个随机接入过程。一个安装了GPS的UE可以根据其自己的位置信息预测往返延迟。在将UE上行链路定时调整到一个随机接入前同步码循环前缀一部分之内后，它将采用与陆地LTE相同的前同步码格式进行随机接入传输。该UE应通过从表2.13中选择适当的前同步码序列组向卫星RAN提供适配的上行链路定时信息。总共64个序列中的一些被配置用于基于竞争的随机接入，而它们的分组信息由高层通知。

表 2.13

RA前同步码序列分组

| RTD与一个波束中心之差 | 所采用的前同步码序列分组 |
|------------------|--------------|
| RTD差 \leq 1 ms | 前同步码序列分组1 |
| RTD差 \leq 2 ms | 前同步码序列分组2 |
| RTD差 \leq 3 ms | 前同步码序列分组3 |
| RTD差 \leq 4 ms | 前同步码序列分组4 |

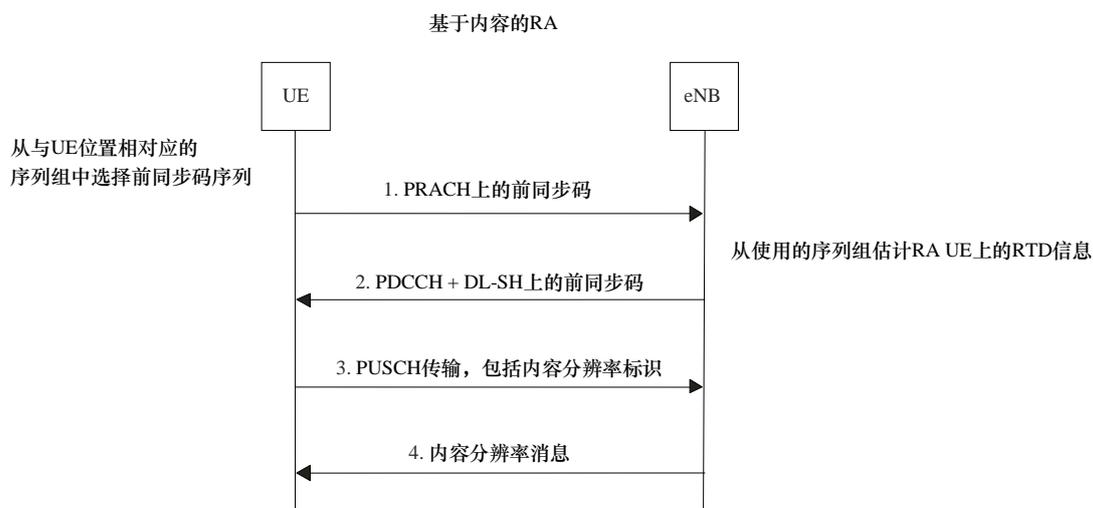
通过序列分组的随机接入使得卫星RAN能够估算并在需要时调整该UE的上行链路调度定时。调整UE上行链路调度定时的步骤如下：

- 卫星RAN采用接收到的随机接入前同步码和表2.13估算UE的RTD。
- 卫星RAN采用估算的RTD来调度UE的接入定时。

当卫星RAN成功地接收了一个随机接入前同步码，它发送给该UE一个随机接入响应，指示成功地接收到的前同步码，一起还有时间提前量（TA）及考虑了RTD的上行链路资源配置信息，如图2.10中所示。

图2.10

采用前同步码序列组的基于竞争的随机接入过程



M.2047-2-10

2.4.6 性能增强的卫星特定特性

SAT-OFDM与基于LTE的地面无线电接口具有高度的共性，但它还具有很多不同的特性。这些必然反映卫星特定特征的特性被实施，例如长的往返延迟。为此，为了增强模式运行而将以下技术包含在内。

2.4.6.1 用于高效AMC运行的长时间交织器

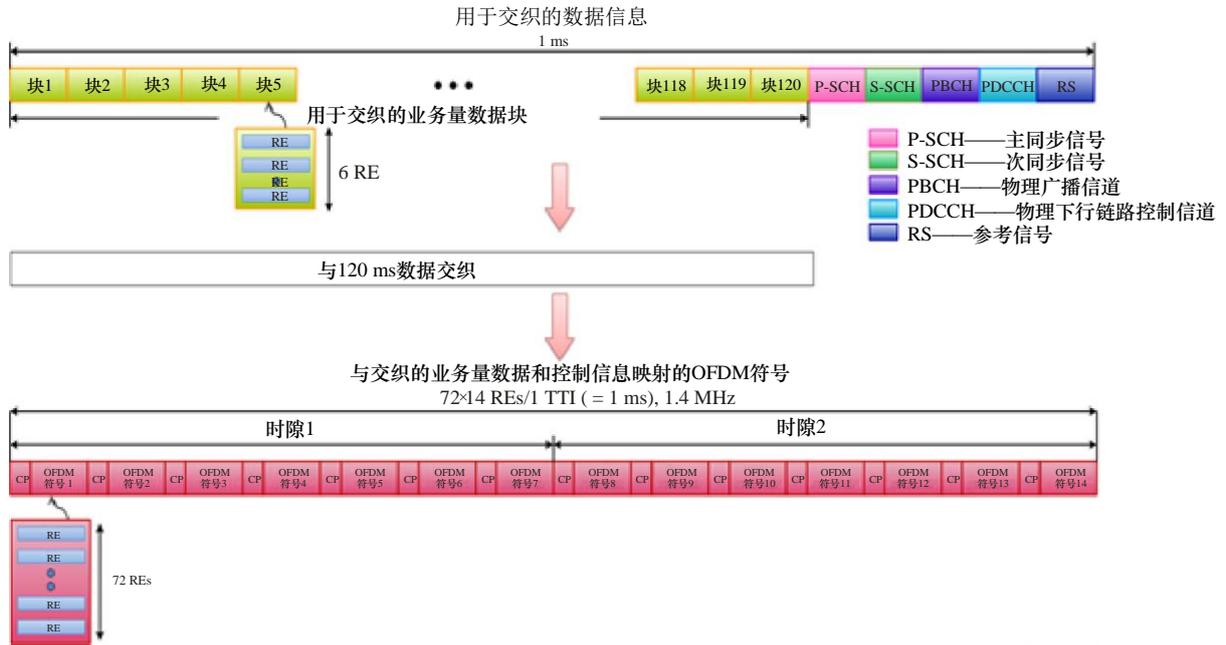
这个机制被用于在卫星环境中的一个高效AMC运行。

考虑一个GSO系统的RTD，卫星系统的AMC不能有效地对抗短期衰落。一个长时间交织技术与AMC一起使用，以补偿短期衰落。

在采用了母码速率1/3的turbo编码后，采用了速率适配来为自适应应用产生各种码速率。在基带调制之后和用于OFDM的资源块（RB）映射及IFFT之前，交织被用于由业务数据的资源单元（RE）所组成的数据块。

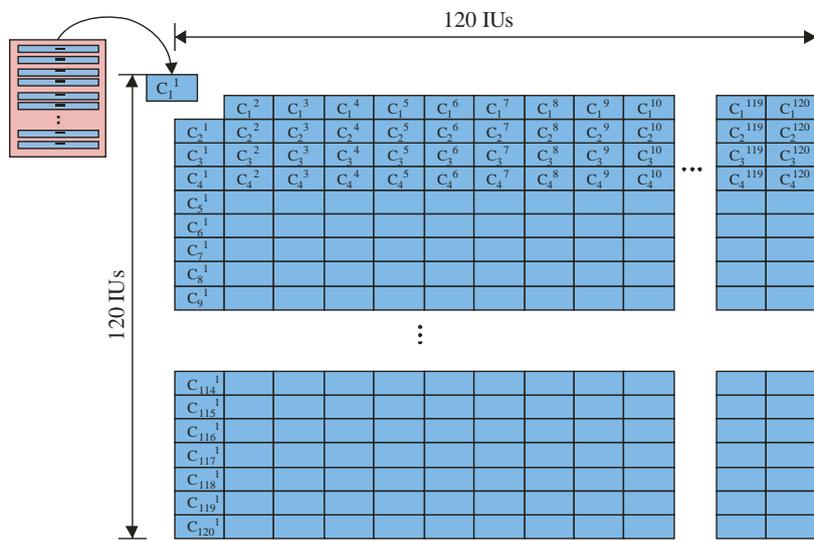
图2.11显示了用于IFFT之前的交织和OFDM符号映射的数据信息的一个实例，此处交织器大小为120 ms。该实例假设单独一个用户被分配了6个RB，即，具有1.4 MHz带宽的720个资源单元（RE）。包含在一个1 ms的码字中的业务数据为了交织而被分成120个块，并且每个块被称为一个交织单元（IU）。图2.12显示了能被用于实现图2.11中交织的相应方型块交织器的配置。尽管图2.12显示了一个块型交织器，一个等效的卷积型交织器可以被用来减少交织器的存储器大小。采用该交织器，一个码字包含120个IU，而一个IU根据所分配的带宽包含不同数量的RE。在图2.12中单独一个IU中的标记C12表示第一个码字的第二段。当进行了交织操作，传输将从第一列的第一个单元开始，并且继续到相同列的最后单元。然后，它将采用相同的方式从第二列的第一个单元继续到最后一列的最后一个单元。表2.14给出了根据分配带宽的交织器参数的实例。

图 2.11
用于交织和OFDM符号映射的数据信息的一个实例



M.2047-2-11

图2.12
方型块交织器的一个实例



M.2047-2-12

表2.14
长时间交织器参数的实例

| 分配的带宽 (MHz) | RB数量 | RE数量 | 交织器大小 (ms) | 在一个IU中 的RE数量 | IU数量/ms |
|----------------|------|--------|---------------|-----------------|---------|
| 1.4 | 6 | 720 | 120 | 6 | 120 |
| | | | 360 | 2 | 360 |
| | | | 720 | 1 | 720 |
| 3 | 15 | 1 800 | 120 | 15 | 180 |
| | | | 360 | 5 | 360 |
| | | | 1 800 | 1 | 1 800 |
| 5 | 25 | 3 000 | 120 | 25 | 120 |
| 10 | 50 | 6 000 | 120 | 50 | 120 |
| 15 | 75 | 9 000 | 120 | 75 | 120 |
| 20 | 100 | 12 000 | 120 | 100 | 120 |

对长时间交织，在S-eNodeB和UE之间进行基于资源配置类型和存储器信息的交织器信息的交换。交织器信息指示一个表示交织器尺寸大小（N）和交织单位（IU）的交织器标识（ID）。表2.15显示了交织器的ID。

表2.15
长时间交织器ID

| 交织器ID | N | IU |
|-----------|-----|----|
| 0001 | 120 | 1 |
| 0010 | 120 | 2 |
| 0011 | 120 | 3 |
| 0100 | 120 | 4 |
| 0101-1111 | 保留 | 保留 |

特别是，当资源配置类型信息包括在TTAT.3G-36.213的7.1.6款中所定义的类型2时，符号交织过程包含采用对于单独一个RB具有120 IU最大尺寸的一个交织器交织符号级别数据。

（长时间）符号交织器的应用是基于业务的信息。长时间交织器仅仅适用于非实时业务。

对采用长时间交织处理的连续传输，应用了一个填充比特计时器。当没有数据输入到交织缓存器并一直到填充比特计时器期满时，可以将随机数据输入到长时间交织器中。即，当交织缓存器不包括新数据并且计时器仍未期满时，该数据不传送。

2.4.6.2 在多波束内的部分频率重用

这个机制被用来在一个多波束卫星系统中支持宽带卫星业务以及增加频谱效率。因为它是实施特定的，它还可以无需对在正常模式中的LTE芯片进行任何修改就被应用。

对在多波束内的部分频率重用（FFR），卫星RAN须得到UE的位置信息，以便将波束中心UE与波束边缘UE区分开。位置信息是在一个UE随机接入尝试期间借助于安装在一个UE上的GPS，或者借助从进入一个UE的目标和相邻波束中接收到的SINR值来确定的。

当卫星RAN得到了来自随机接入尝试的该UE的定时信息时，它被如下给出：

- 如果 $\theta_1 < T_{\text{RTD_difference}} < \theta_2$ ，则该UE位于波束的中心区；
- 否则，该UE就是位于波束的边缘区，

此处， $T_{\text{RTD_difference}}$ 是目标UE和在目标波束内具有最小往返延迟的UE之间的往返延迟差，而门限值 θ_1 和 θ_2 是高层参数。

当从目标和相邻波束接收到的下行链路SINR由一个UE估算时，也可以如下给出UE定时信息：

- 如果 $\theta_3 < \frac{\text{从一个目标波束接收的SINR}}{\text{从一个相邻波束接收的SINR}}$ ，则该UE位于波束的中心区，
- 否则，该UE位于波束的边缘区，

此处，门限值 θ_3 是一个高层参数。

该UE得到的位置信息应被如下发送到卫星的RAN：

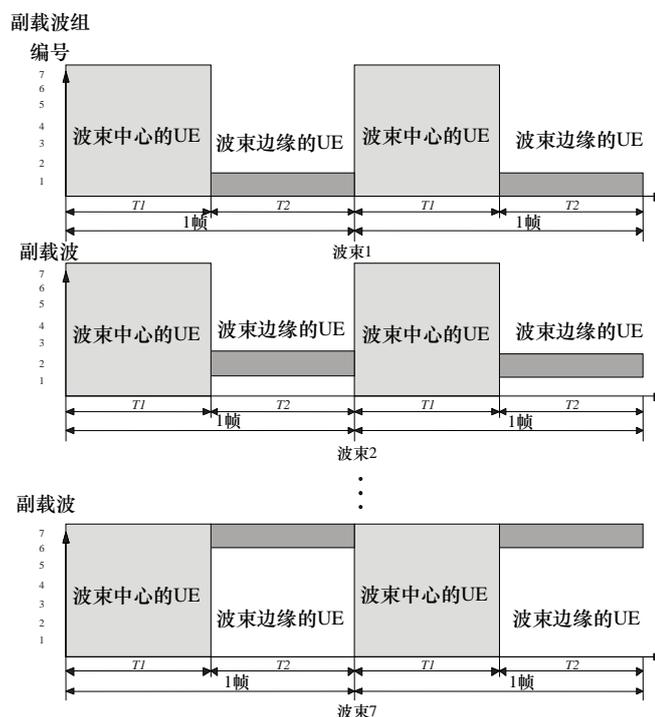
- 如果该UE位于波束的中心区，发送“0”；
- 如果该UE位于波束的边缘区，发送“1”。

一旦在一个多波束卫星系统中应用了部分频率重用，每个波束被划分成二个区域，而每个帧在每个波束中应被分成二个时间段T1和T2，如图 2.13中所示。第一段T1被分配给在波束中心区中的UE，并且所有子载波被用于在这个时间段中的传输。另一方面，第二时间段T2被分配给在波束边缘的UE。在此时间段期间，在全部子载波中仅仅被标识的部分子载波被使用。

对部分子载波的标识是由MAC层完成的。数值T1和T2是由高层考虑了系统的总吞吐量和波束间干扰来确定的。

图2.13

部分频率重用的帧结构



M.2047-2-13

2.4.6.3 协调的多波束传输

这个机制被用于在波束边缘区增强性能和减少波束间干扰。因为它是对卫星发射机实施特定的，它也可以无需对正常模式中的LTE芯片进行任何修改而被应用。

对于多波束内的协调多点传输（CoMT），为了区分波束中心UE和波束边缘UE，卫星RAN应得到UE的位置信息。位置信息可以借助于安装在UE上的GPS或采用从进入一个UE的目标和相邻二个波束接收到的SINR值给出。

当来自目标和相邻二个波束的接收下行链路SINR由一个UE估算时，它可以如下给出：

- 如果 $\theta_4 < \frac{\text{从一个目标波束接收到的下行链路SINR}}{\text{从相邻二个波束接收到的下行链路SINR之和}}$ 该UE位于波束的中心区；
- 如果 $\theta_5 < \frac{\text{一个目标波束接收到的下行链路SINR}}{\text{从相邻二个波束接收到的下行链路SINR之和}} < \theta_4$ ，则该UE位于二个波束的重叠区；
- 否则，该UE位于三个波束的重叠区，

此处，门限值 θ_4 和 θ_5 是高层参数。

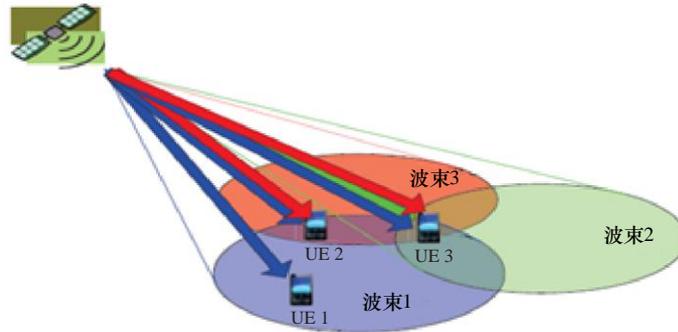
UE所得到的位置信息应被如下地发送到卫星RAN：

- 如果该UE位于波束的中心区，发送“00”；
- 如果该UE位于二个波束的重叠区，发送“01”；
- 如果该UE位于三个波束的重叠区，则发送“11”。

在CoMT机制中，多个卫星波束协作来将信号传送到一个UE。即，CoMT机制意味着使来自相邻波束的一个信号能够改善一个通信服务质量的一个多波束传输机制。图2.14显示了

采用一个CoMT机制的一个系统。该卫星通过波束1将UE1的信号传输到UE3。UE1代表位于波束中心区的终端，UE2代表位于二个波束重叠区域中的终端，而UE3代表在三个波束重叠区域中的终端。在CoMT中，UE2和UE3可以接收来自所有可用重叠波束的多个信号，导致性能的增强。

图2.14
协调的多点传输

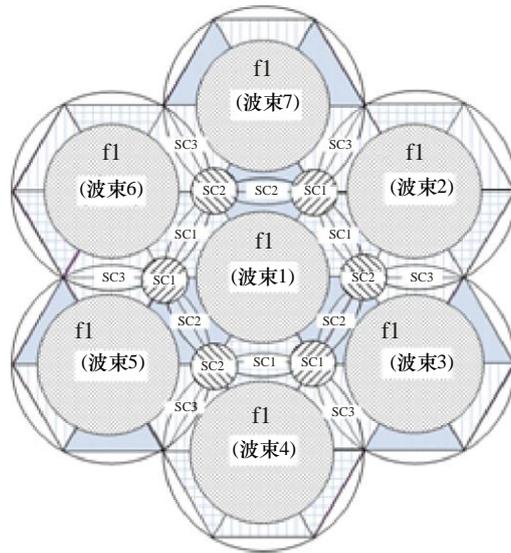


M.2047-2-14

图2.15介绍了用于由一个波束和6个相邻波束组成的多波束CoMT MSS系统的波束规划的一个实例。在这个多波束MSS系统中，一个信号在所有波束相同的频段 f_1 上传输，以实现等于1的频率重用因子。所有波束被分成波束中心区、二个波束重叠区和三个波束重叠区。

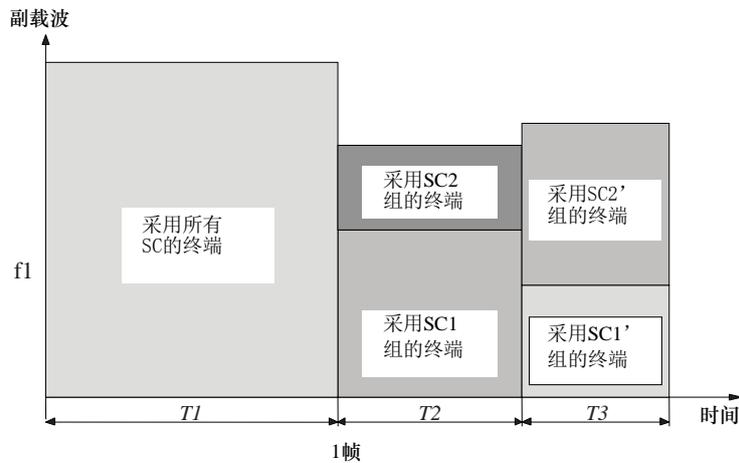
图2.16显示了对基于SAT-OFDM的MSS系统中的CoMT实现图2.14波束规划的一个帧结构实例。在这个图中，一个帧在时域中被分为三个传输间隔，而在频域中被分为三个子载波组。传输间隔T1、T2和T3分别被分配给一个波束中心UE、一个二个波束重叠UE、和一个三个波束重叠UE。波束中心UE可以在T1期间在整个子载波上接收其自己的信号，而二个波束和三个波束重叠UE仅仅可以在整个子载波的预先确定部分上具有频率资源，例如子载波组SC1到SC3和SC1'到SC3'。每个子载波组的大小和时间间隔可以在卫星RAN中根据在每个相应区域上的业务流需求来灵活的确定。

图2.15
CoMT的波束规划



M.2047-2-15

图2.16
用于CoMT的波束1中的帧结构



M.2047-2-16

在二个波束重叠区中，传输以下信号，应用于二个波束之间的循环延迟分集（CCD）。

$$\begin{bmatrix} y_k^0 \\ y_k^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi^1 k} \end{bmatrix} x_k,$$

此处， x_k 是在第 k 个子载波上的一个用户数据， y_k^i ($i=0, 1$)是来自第 i 个波束的传输信号，而 $\varphi^1 k$ 是由于延迟操作由高层告知的在第 k 个子载波上产生相位移的循环延迟偏移量。

在三个波束重叠区域中，传输以下信号，应用于二个波束之间的CCD。

$$\begin{bmatrix} y_k^0 \\ y_k^1 \\ y_k^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi^2 k} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\varphi^3 k} \end{bmatrix} x_k$$

此处， x_k 是第 k 个子载波上的一个用户数据， y_k^i ($i=0, 1, 2$) 是来自第 i 个波束的传输信号，而 $\varphi^2 k$ 和 $\varphi^3 k$ 是由于延迟操作由高层告知的在第 k 个子载波上的相位移位。卫星RAN确定每个波束的一个适当循环延迟偏移量，并且该确定的循环延迟偏移量被应用于每个波束的传输信号。

2.4.6.4 一颗卫星和CGC之间的协作传输

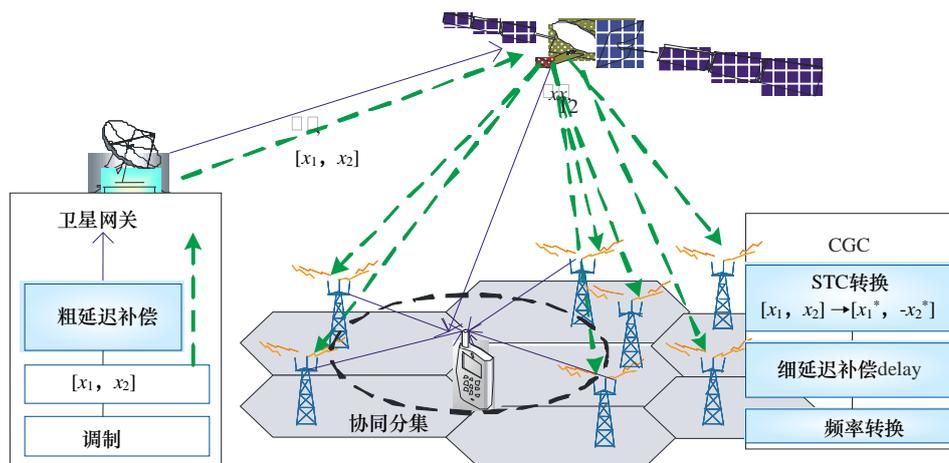
这个机制被用于在一个集成卫星/CGC配置中增强性能。因为它是对卫星和CGC发射机实施特定的，它也可以无需对正常模式下的LTE芯片进行任何修改而被应用。

图2.17(a)显示了一个系统模型的概念，其中使用了一个采用一个空-时编码（STC）机制的协作分集技术，而图 2.17(b)显示了发送到配置了STC解码器的一个用户终端的一个STC编码信号传输。这里所使用的STC机制被称为Alamouti机制。该卫星传输数据到这些UE和所有地面组成部分。为了通过这个STC机制达到分集增益，不同CGC的每一个必须将所接收的信号变换到一个给定的编码信号格式，并将它们再次传送给该UE。地面组成部分和卫星能协作传输空-时编码的信号，而地面组成部分可以对信号进行编码，而不是作用为一个简单的放大器。一个UE可以接收该STC编码信号。如果该UE接收来自中继器和卫星的多个信号，则它能利用这些信号实现STC增益。

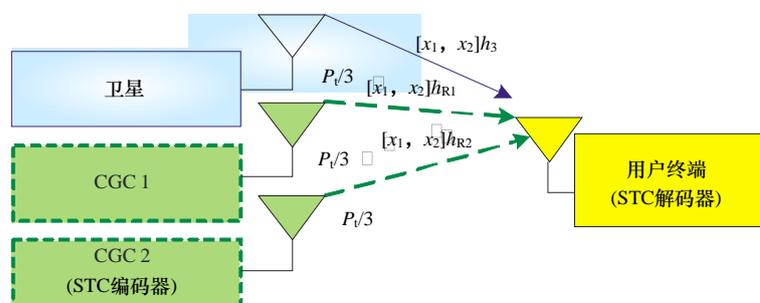
此外，需要一个延迟补偿算法。因为可以估算出在地面组成部分转换一个给定STC编码格式的处理延迟以及从卫星到地面组成部分链路之间传播延迟的时间差，地面组成部分信号路径的延迟补偿可以在该UE实现成功的同步。例如，如在图2.17中所示，可以在卫星的网关和每个地面组成部分分别进行一个粗放和精细补偿。

图 2.17

将协作分集技术用于一个集成系统的一个系统模型实例



(a) 系统概念



(b) STC编码信号传输至装有STC解码器的用户终端

M.2047-2-17

首先，在二个符号时间段 $2T$ 期间传送调制的符号序列 $[x_1, x_2]$ 。然后，在 $2T$ 时间段中卫星传递这个符号序列 $[x_1, x_2]$ 。通过对传送到地面中继器的信号采用一个适当的延迟补偿算法，从该中继器再次传输的信号可以在与从卫星直接传输的信号几乎相同的时间到达该用户终端。

在从卫星接收到无误码符号序列 $[x_1, x_2]$ 后，每个不同的CGC应用Alamouti编码。以下编码矩阵 X_2 被用来产生由这二个中继器传输的符号序列。

$$X_2 = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2^* \\ x_2 & x_1^* \end{bmatrix},$$

此处，*表示一个复数共轭运算。

在一个STC机制的编码矩阵中，矩阵的每一行表示时隙，而列表示相应的发射天线。因此，编码矩阵 X_2 表示在时间段 $2T$ 期间第一个CGC发送信号组 $[x_1, x_2]$ ，而第二个发送 $[-x_2^*, x_1^*]$ 。采用这样的方式，无论何处可能时，一个用户终端可以通过来自卫星和中继器信号路径的一个组合实现分集增益。

一个用户终端可以根据信号的可用性接收信号组的各种组合，主要是取决于位置。如果用户终端接收三个信号组，即，来自具有信道增益 h_s 的卫星的 $[x_1, x_2]$ 、来自具有信道增益 h_{R1} 的中继器之一的 $[x_1, x_2]$ 和来自具有信道增益 h_{R2} 的其他中继器的 $[-x_2^*, x_1^*]$ ，则它能通过用于

Alamouti机制的普通解码算法实现最大的分集增益。假设在时间段 $2T$ 期间一个平坦衰落信道，在该时间段期间在用户终端处的接收信号 r_1 和 r_2 可以被表示如下：

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \end{bmatrix} = H_2 \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2^* \end{bmatrix},$$

此处， n_i 是在第 i 个时间段增加的复数高斯噪声。 H_2 是用于图2.17 (b) 中机制的信道矩阵，它由下式表示：

$$H_2 = \begin{bmatrix} h_{R1} + h_s & -h_{R2} \\ h_{R2}^* & h_{R1} + h_s^* \end{bmatrix},$$

此处， h_s 是从卫星到用户终端路径的信道系数，而 h_{R1} 和 h_{R2} 分别是第一个和第二个CGC到用户终端路径的信道系数。

因为编码矩阵 X_2 是正交的，如同信道矩阵 H_2 ，用户终端可以通过以下线性方程式确定传输符号的估值。

$$\begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2^* \end{bmatrix} = H_2^H \cdot \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \end{bmatrix}$$

2.4.6.5 窄带上行链路传输

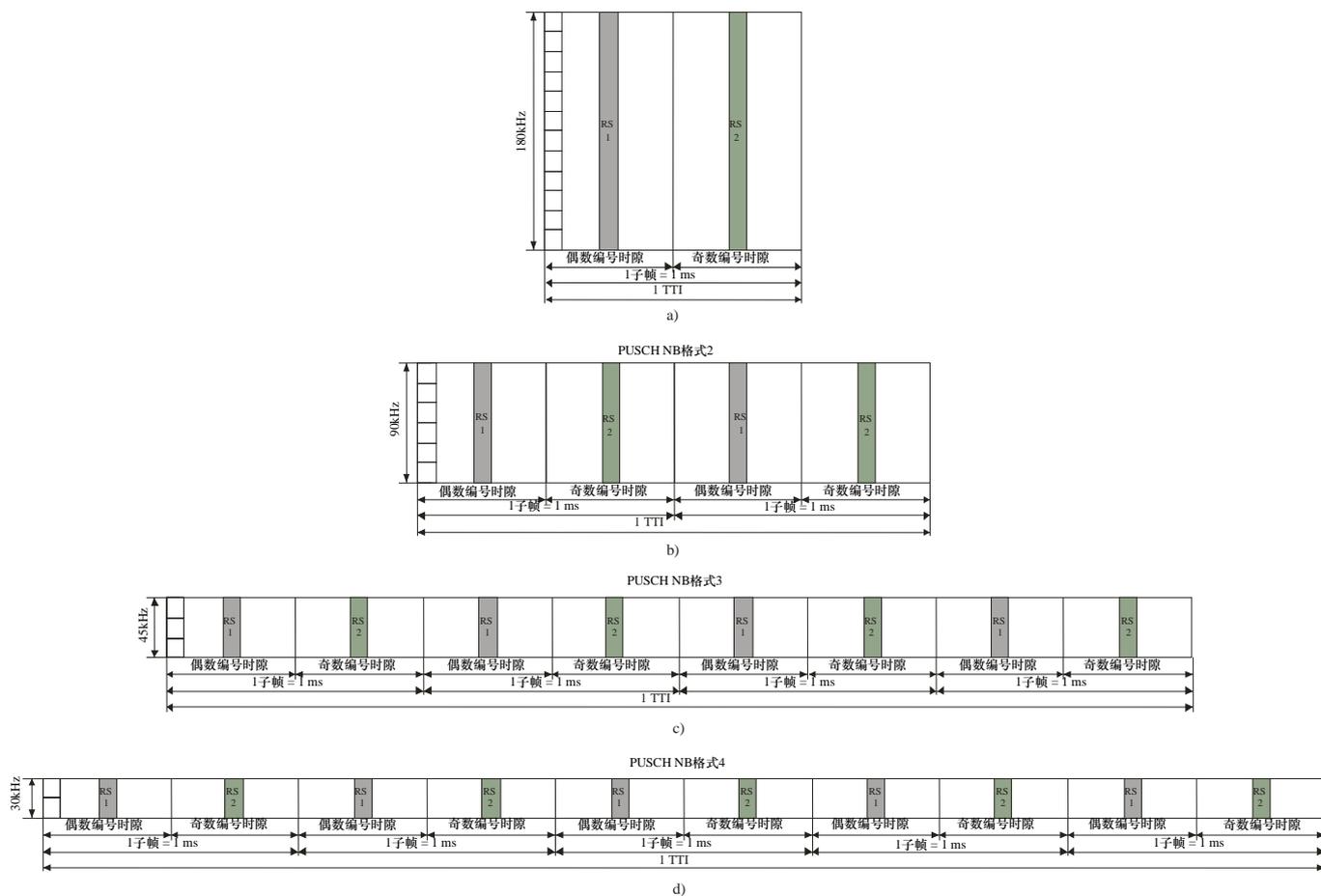
该方案用于提高便携式终端支持的最大数据率。

通常，MSS系统是一个功率受限系统，而便携式终端会限制最大传输速率。考虑到总的传输速率会分配给一条窄带上的全部子载波，在便携式终端中，普通模式下180 kHz的窄带不会分配到足够的功率。这样就不支持高调制和编码速率的方案。为解决这一问题，定义了一种窄带RB传输方案。为了满足高通用性，窄带传输块的尺寸与普通模式相同。

图 2.18所示为支持窄带传输的PUSCH结构。

图2.18

上行链路窄带传输PUSCH信道结构



M.2047-2-18

图2.18(a)所示为180 kHz窄带普通模式PUSCH方案，有12个子载波和2个时隙。信道编码中，首先使用编码效率为1/3的turbo码编码信息位，该编码效率通过码率匹配过程决定。接下来进行简单时域映射的符号交织，也就是说在时域，相邻的数据符号首先结束映射至相邻的SC-FDMA符号，再调制至子载波。在调制以前讲编码和交织位使用长度为31的黄金编码、离散傅里叶变换、副载波映射和OFDM调制进行扰频。为了信道估计和数据解调，参考信号1和2分别在TTI中的偶数和奇数时隙传输。

图2.18(b)所示为90 kHz窄带PUSCH方案，有6个子载波和4个时隙。与传统的PUSCH相比，其信道带宽减半，TTI增大为两倍。为了在功率受限卫星上行链路进行有效传输，同样需要简单的时域映射。在一个TTI中，相邻的数据符号首先映射至相邻的SC-FDMA符号，再调制至子载波。另外，为了在窄带PUSCH中重复使用RS1和RS2,并获得时间分集增益，RS1和RS2的上半场分别在第一和第二时隙传输，下半场分别在第三和第四时隙传输。

与图2.18(b)相同，图2.18(c)和图2.18(d)所示分别为45 kHz和30 kHz窄带PUSCH方案。为满足地面LTE的通用性，子载波窄带PUSCH的子载波数目限制为2, 3和5，因为地面LTE中的DFT尺寸限制为2、3和5，可保证DFT的低复杂度。

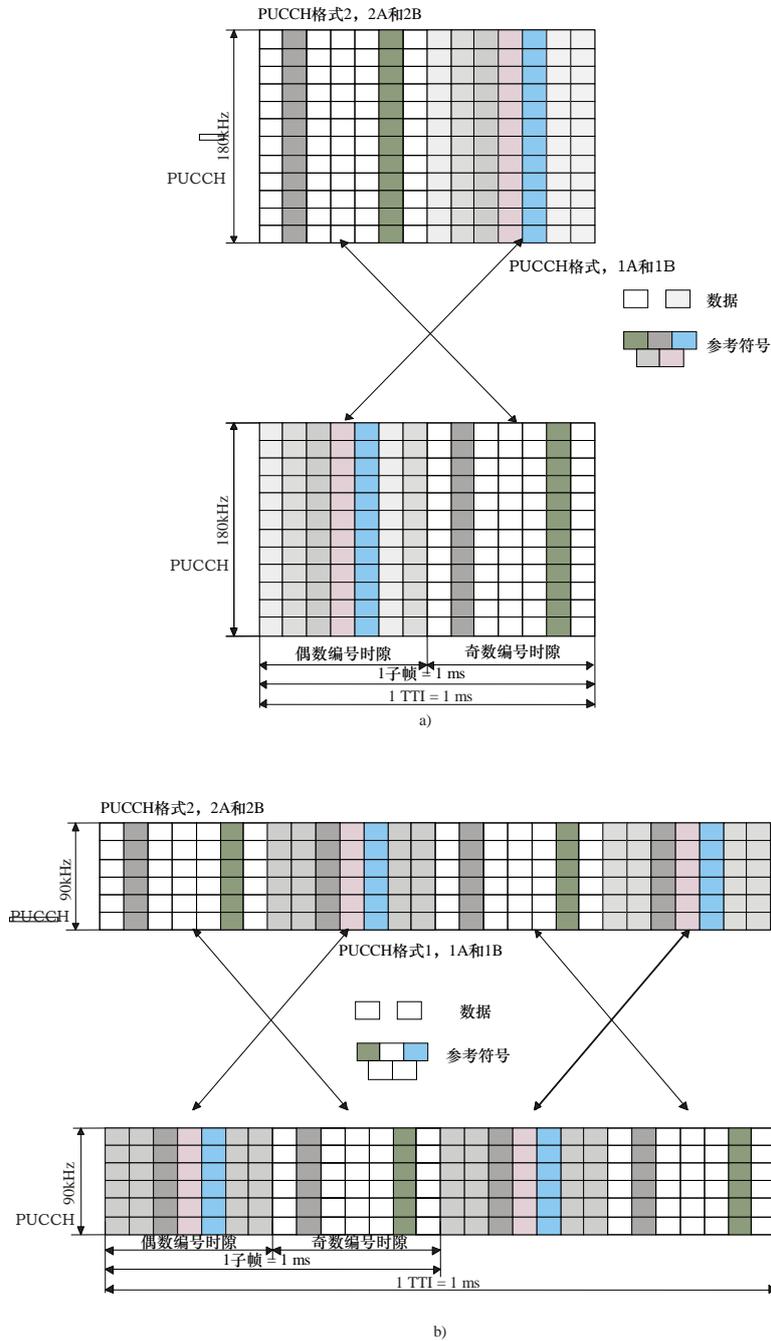
当卫星RAN将上行链路资源配置信息传输至UE，需要包括上行链路PUSCH格式信息，格式指示符如下所示。

- 如果使用180 kHz PUSCH，卫星RAM发送“00”指示符；
- 如果使用90 kHz PUSCH，卫星RAM发送“01”指示符；
- 如果使用45 kHz PUSCH，卫星RAM发送“10”指示符；
- 如果使用30 kHz PUSCH，卫星RAM发送“11”指示符。

由于普通模式工作在180 kHz窄带，在一个TTI内窄带PUSCHs需要以180 kHz带宽分组，以便与地面LTE普通模式相适应。

类似地，PUCCH结构如图 2.19所示，UE使用PUCCH传输只在子帧内必须的控制信令，其中，UE没有为PUSCH传输分配RB。PUCCH的控制信令在频域中系统频带的边缘传输。如图2.19所示，为了最小化传输子帧内控制信令所需的资源，子帧中每个PUCCH传输包含系统双边带宽边缘或附近的两个窄带。与PUCCH结构相似，图 2.19(a)和图2.19(b)表示普通模式PUCCH格式1和格式2及其适应卫星上行链路的窄带传输。图2.19(b)所示为90kHz窄带PUCCH结构，有6个子载波和4个时隙。其他窄带PUCCH结构与图2.18(c)和图2.18(d)中窄带PUSCH结构相似。

图 2.19
上行链路窄带传输PUCCH信道结构



M.2047-2-19

当卫星RAN将上行链路资源配置信息传输至UE，需要包括上行链路PUCCH格式信息，格式指示符如下所示。

- 如果使用180kHz PUCCH，卫星RAM发送“00”指示符；
- 如果使用90kHz PUCCH，卫星RAM发送“01”指示符；
- 如果使用45kHz PUCCH，卫星RAM发送“10”指示符；
- 如果使用30kHz PUCCH，卫星RAM发送“11”指示符。

因为正常模式采用的RB的大小为180 kHz，窄带PUCCH应采用180 kHz带宽的大小在一个TTI进行分组，以便与正常模式以及陆地LTE相兼容，此外，可以考虑采用正常模式PUCCH的复用窄带PUCCH以减少用于PUCCH传输的资源。

2.4.6.6 下行链路低PAPR传输方案

该方案用于降低增强模式下的下行链路传输的峰均功率比（PAPR）。因为SAT-OFDM下行链路同时支持下行链路帧中的普通模式和增强模式UE，只有指示普通模式UE的MBSFN子帧用作传输增强模式UE信号的子帧。为了与普通模式UE兼容，射频帧内多路复用增强模式UE按照图2.20内流程获得。

图2.20
下行链路结合SC-FDM的OFDMA传输



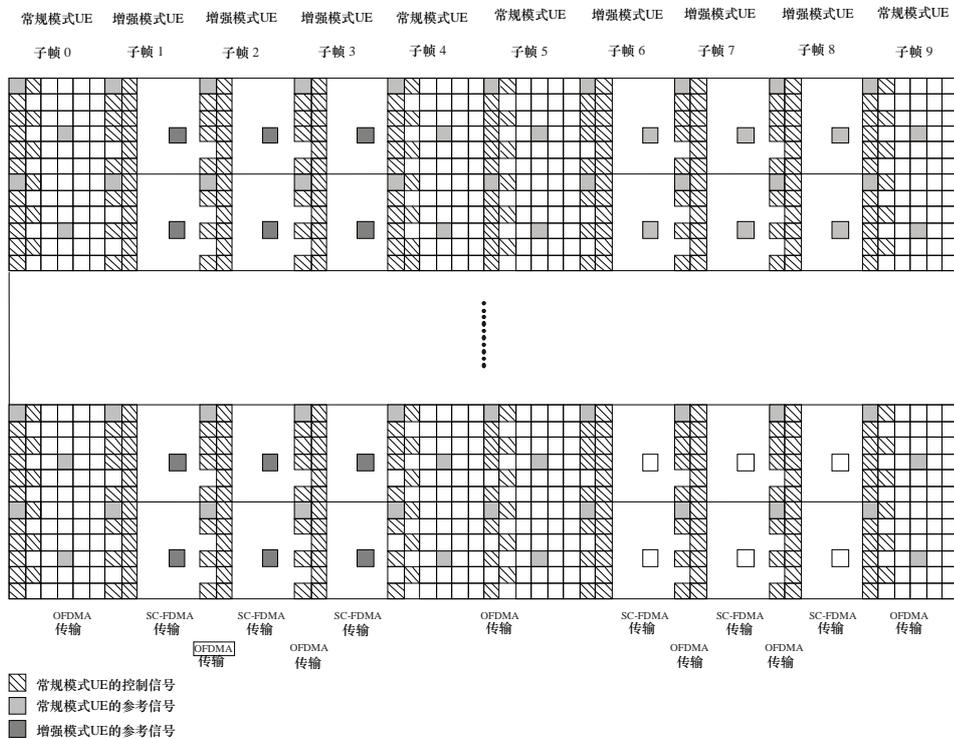
M.2047-2-20

图2.21所示为增强模式UE低PAPR下行链路传输的帧结构示例。子帧0、4、5、9使用普通模式UE，其他子帧使用增强模式UE。普通模式UE认为增强模式UE的子帧为MBSFN子帧。增强模式（或MBSFN）子帧的系统信息（SI）通过PBCH传输给UE。MBSFN子帧的第一个或前两个符号用于普通模式的PDCCH，但普通模式UE不接收MBSFN子帧其他符号的数据。因此，MBSFN子帧上其他符号可用于低PAPR的单载波传输，以实现卫星中非线性功率

放大器中增强模式UE的性能增强。卫星RAN规定子帧4和9不用于寻呼，它们也可分配给争抢模式UE。

图2.21

低PAPR下行链路传输帧结构

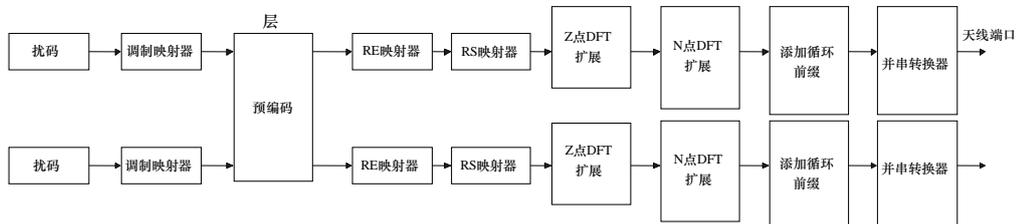


M.2047-2-21

如图2.22所示，在频域增强模式UE中使用基于离散傅里叶变换扩展的OFDM（DFT-S-OFDM）结构产生SC-FDM信号。

图2.22

下行链路低PAPR传输块



M.2047-2-22

数据符号的RE映射和RS符号的RS映射适用于相同规则的普通模式操作。数据符号和RS符号的Z型DFT尺寸由子载波数目决定。UE的传输块需要不断映射以保持单载波性能。

2.4.6.7 结合功率控制的有效AMC方案

结合功率控制的AMC方案可以改变普通模式中的信道质量指标（CQI）结构。在普通模式中，分配5位来表示32中MCS模式。但是在增强模式中，将5位分为两部分：前 n 为表示MCS模式，其余 $(5-n)$ 为分配给功率控制，参数 n 由高层控制。当 $(5-n)$ 位用于功率控制时，可定义 $2^{(5-n)}$ 种不同的功率控制级。如果 t 时刻的报告信道状态（RCS）为第 k 级功率，UE发送信息传送 $2^{(5-n)}$ 功率级。卫星RAN接收到CQI后，显示接收功率为第 k 级，传送频率级将按下式调整：

$$\text{Transmit_Power}(t) = \text{Transmit_Power}(t-1) + (2^{5-n} - k) \cdot \beta$$

其中， β 是第 i 级与第 $(i+1)$ 级功率控制的功率差异。

图 2.23

结合功率控制的AMC方案



M.2047-2-23

在图2.23中， $RS_{th}(i)$ 和 ΔRS_{th} 分别表示MCS模式 i 的信道状态下界及MCS模式 i 与MCS模式 $(i+1)$ 的信道状态下界差。

结合功率控制的AMC方案过程如下：

- 对于已经接收到的数据包，从接收到的SNR中移除一个功率控制级，例如从计算接收的SNR(dB)中移除功率控制级（dB）；
- 使用上述去除的SNR作为最后接收的SNR；
- 基于最后接收的SNR决定MCS模式，并确定是否需要功率控制：
 - i) 当确定需要功率控制，在相应的MCS模式范围中使用信道状态确定需要的功率控制量级（在图 2.23中，当RCS位置为 2^{5-n} 时，则不需要功率控制）；
- 通过信道质量指标（CQI）反馈或MCS信息传输确定的MCS模式及确定功率控制级的功率控制信息。

2.4.6.8 HARQ/ARQ交互

普通模式中，HARQ和ARQ在相应层独立执行指定的任务。在增强模式中，HARQ和ARQ交互执行，以提高传输效率，工作在MAC层或物理层的HARQ与无线链路控制（RLC）层的ARQ交互执行。从HARQ收到的反馈信息报告给ARQ层，这使ARQ能快速地执行转发并处理HARQ反馈错误。因此，可以提高传输效率。

根据HARQ反馈信息操作传输窗，并根据状态PDU操作等待窗。传输窗基于RLC传输窗的VT(A)，VT(S)和VT(MS)进行操作，等待窗基于VT(CA)进行操作。

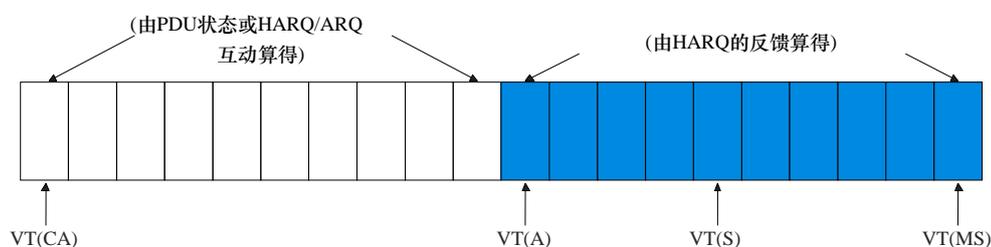
传输窗使用普通模式中的描述方法运行。在增强模式中，根据HARQ反馈信息仅修改VT(A)的一项运行方案。在普通模式中，基于接收到的确认信号（状态PDU的ACK）更新VT(A)。另一方面，在增强模式中，根据HARQ的ACK的内部反馈信号更新VT(A)。

在增强模式中，根据状态PDU的ACK更新等待窗的VT(CA)。如果分别管理传输窗和等待窗，传输窗根据HARQ的内部ACK信息运行传输窗，因此可以快速传输后面的协议数据单元（PDU）。当数据包使用HARQ转发，并且从状态PDU接收到HACK，该数据包将会排除在ARQ转发列表外，因此可以防止无用转发。

VT(CA)中携带后续数据包的SN值，根据序列通过状态PDU接收ACK，是用于等待窗的下限值。

图 2.24

HARQ/ARQ交互的窗结构



M.2047-2-24

MAC使用响应包传输的反馈信息确定HARQ的包传输是成功还是失败。当MAC确定HARQ的包传输成功时，RLC从传输窗向等待窗传输数据包。相反，当MAC确定HARQ的包传输在最大重传次数后失败时，RLC从传输窗向传输缓存发送数据包进行包重传。RLC接收状态PDU的反馈信息，确定基于反馈信息的转发过程。当分析状态PDU后，数据包转发成功，RLC将删除该包。通过分析状态PDU，当MAC在执行重传、包重传失败及数据包在传输窗内时，RLC不会进行重传。通过分析状态PDU，当MAC不在执行重传、包重传失败及数据包在等待窗内时，RLC会执行重传。

2.4.6.9 资源配置中的改进RBG尺寸

普通模式中，资源块组（RBG）的尺寸由系统带宽决定，如表2.16所示。相反，增强模式中，RBG的最大尺寸还根据UE类型和S-eNodeB卫星规范参数决定，如表2.17所示。由表2.17可知，S-eNodeB最大天线增益为50 dBi，并使用ITU-R S.672.4建议书的天线波束图。如果S-eNodeB的卫星天线增益或天线波束图改变，RBG尺寸将根据UE类型进行调整。为了在宽频手持型设备支持更小的RBG尺寸，增强模式中RBG尺寸确定如下：

$RBG_Size = \min$ (系统带宽RBF尺寸, UE类型最大RBG尺寸)

表2.16

系统带宽对应RBG尺寸

| 系统带宽 (RB数量) | RBG尺寸 (RB数量) |
|----------------|-----------------|
| 10或以下 | 1 |
| 11-26 | 2 |
| 27-63 | 3 |
| 64-110 | 4 |

表2.17

UE类型对应RBG尺寸

| UE类型 | RBG尺寸 (RB数量) |
|--------------|-----------------|
| 手持系列 1, 2, 3 | 1 |
| 便携式 | 2 |
| 车载, 移动 | 4 |

2.4.6.10 HARQ新接收器内存字段定义

由于卫星通信系统的字段RTD, 卫星系统中HARQ方案的直接实现会在接收器造成严重的内存问题。为了与8信道HARQ兼容运行, 保证连续传输并管理错误数据包, 接收器需要大量的内存空间。在SAT-OFDM增强模式中, 添加接收器内存(RM)字段来解决上述问题, RM字段插入在HARQ反馈数据包中, 以完成连续传输。

图2.25中所示RM字段表示接收器内存状态, RM字段的解释见表2.18。

图2.25

插入HARQ反馈包中的附加RM字段

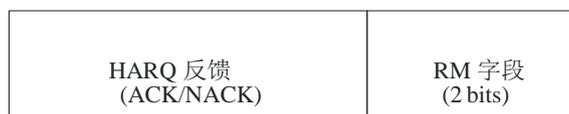


表 2.18
RM字段解释

| 值 | 描述 |
|----|---------------------|
| 00 | 接收器内存足够存储新的错误包 |
| 01 | 接收器内存不足够存储新的错误包 |
| 10 | 反馈信息表示数据包未存储在存储器内存中 |
| 11 | 反馈信息表示编码包首片的数据包需要重传 |

当UE接收到一个MAC PDU，UE根据接收器内存状态决定RM字段的值，并发送RM字段的反馈包。

2.4.6.11 卫星通信缓存状态报告

由于长RTD，卫星系统可能不支持缓存状态报告（BSR）。在卫星系统中，长RTD之后UE的缓存状态信息是无效的，因为在RTD期间缓存状态会发生较大改变。因此，基于UE的缓存状态信息的上行链路排序不会实现。

SAT-OFDM增强模式中UE的BSR有两种模式：普通报告或连续报告。在普通报告中，UE的全部缓存状态信息在地面LTE中报告。另外，在连续报告中，自上次报告后缓存中数据数量增加。增加数据数量是通过传输失败反馈的等待重传的数据量的值，新加入到用户终端缓存。普通报告与连续报告以逻辑信道标识符（LCID）值为标志，如表2.19所示。

表 2.19
UL-SCH的LCID值

| 索引 | LCID值 |
|-------------|--------------------|
| 00000 | 公共控制信道（CCCH） |
| 00001-01010 | 逻辑信道特性 |
| 01011-10110 | 保留 |
| 10111 | 连续报告的截短BSR |
| 11000 | 连续报告的短BSR |
| 11001 | 连续报告的长BSR |
| 11010 | 功率余量报告 |
| 11011 | 控制无线网络临时标识（C-RNTI） |
| 11100 | 截短BSR |

2.4.6.12 卫星载波聚合中的HARQ重传

在增强模式操作下，HARQ重传分量载波会改变，这可以减少上层延时。当从分量载波接收到不同的反馈数据包，并且分量载波变化增益大于分量载波不变时HARQ重传的增益时，发射机会改变HARQ的分量载波。由于分量载波改变后，如果信道条件改善且使用原来的MCS模式，会获得增益，随后BLER性能提升。当发射机为重传改变分量载波，HARQ包的原始版本将在新分量载波上传播，原来的分量载波上会传输新的数据包。为识别分量载波变化，改进的NDI字段如表2.20所示。

表2.20

NDI字段解释

| 值 | 描述 |
|----|-----------|
| 00 | 新数据包 |
| 01 | 转发包 |
| 10 | 变化载波的新数据包 |
| 11 | 保留 |

基本上，NDI字段（00和01）同样用于普通模式。当发生了分量载波变化，收到否认响应的发射机使用最近定义的NDI字段（10）发送新数据包。

载波聚合中HARQ重传步骤如下：

- 从分量载波接收不同反馈数据包；
- 比较分量载波变化增益与HARQ重传平均增益；
 - i) 当使用三个或以上分量载波时，根据上层包序列数目和信道状态的优先权应用与分量载波变化；
- 应用分量载波变化，当分量载波变化增益大于HARQ重传增益时：
 - i) 若未发生数据包错误，在分量载波上传输HARQ初始版本数据包；
 - ii) 若发生数据包错误，在分量载波上传输新数据包；
- 不应用分量载波变化，当分量载波变化增益大于HARQ重传增益时：
 - i) 连续模式操作与普通模式操作相同。

2.5 详细规范

由于SAT-OFDM源自3GPP LTE(-Advanced), SAT-OFDM规范的组织紧随着原始3GPP结构。SAT-OFDM号码根据相应的3GPP LTE编码系统设计。所有的SAT-OFDM规范书参照下属编码系统。

- SAT-OFDM xx.yyy
Xx和yyy遵循3GPP-编码制

由于地面信道与卫星信道特征的差别,一些LTE标准的修订条款是必要的。一些规范书可直接应用,然而一些需要进行修订。

一个SAT-OFDM系统由一系列SAT-OFEM规范书及3GPP规范书定义,如下:

- 如果有可用的SAT-OFDM规范书,其优先级高于相应的任何3GPP规范书。该优先规则适用于相应3GPP规范书的任何参考文稿。
- 如果没有可用的SAT-OFDM规范书,相应的3GPP规范书可以或可不应用。

SW-CDMA无线电接口详细技术要求基于以下一组文件:

- 物理层:多数SW-CDMA文件的新近版本都是从25.200系列导出(见注1)。
- 协议:25.300技术要求草案的最新版本(见注2)。

SAT-OFDM发行版本1中的一系列详细规范书基于3GPP LTE发行版本8中的规范书(由韩国电信技术协会IMT尖端计划组PG701下的无线接入工作组WG7011发行)。
