



## LTE TDD 与 LTE FDD 技术简介和比较

[摘要] UTRA 的长期演进(Long Term Evolution ,LTE) 技术存在 LTE FDD 和 LTE TDD 两大阵营。在这两种双工方式下,系统的大部分设计,尤其是高层协议方面是一致的。另一方面,在系统底层设计,尤其是物理层的设计上,由于 FDD 和 TDD 两种双工方式在物理特性上所固有的不同,LTE 系统为 TDD 的工作方式进行了一系列专门的设计,这些设计在一定程度上参考和继承了 3GTD-SCDMA 的设计思想。本文在比较分析 TDD 和 FDD 技术特点和帧结构的基础上,对 LTE TDD (即 TD-LTE) 的特有技术进行了总结,并结合中国移动现有的网络部署和 TDD 频段资源情况,对 LTE TDD 和 LTE FDD 的应用前景进行了初步分析。

[关键词] LTE TDD LTE FDD LET 帧结构 频段

### 第一章 绪论

LTE 是 3GPP 定义的下一个移动宽带。随着移动通信技术的蓬勃发展,无线通信系统呈现出移动化、宽带化和 IP 化的趋势,移动通信市场的竞争也日趋激烈。为应对来自 WiMAX, Wi-Fi 等传统和新兴无线宽带接入技术的挑战,提高 3G 在宽带无线接入市场的竞争力,3GPP 开展 UTRA 长期演进(Long Term Evolution ,LTE) 技术的研究,以实现 3G 技术向 B3G 和 4G 的平滑过渡。LTE 的改进目标是实现更高的数据速率、更短的时延、更低的成本,更高的系统容量以及改进的覆盖范围。

TDD 帧结构的融合使更多的厂商参与到 TDD 的标准化进程中,LTE TDD 技术受到了广泛的重视,其产业化进程也有了显著的发展。本文在比较分析 TDD 和 FDD 技术特点的基础上,总结了 TD-LTE 系统的特有技术,并结合中国移动现有的网络部署和 TDD 频段资源情况,对 LTE TDD 和 LTE FDD 的应用前景进行了分析。

## 第二章 FDD 与 TDD 工作原理

### 2.1 原理概述

频分双工(FDD)和时分双工(TDD)是两种不同的双工方式。如图1所示, FDD是在分离的两个对称频率信道上进行接收和发送,用保护频段来分离接收和发送信道。FDD必须采用成对的频率,依靠频率来区分上下行链路,其单方向的资源在时间上是连续的。FDD在支持对称业务时,能充分利用上下行的频谱,但在支持非对称业务时,频谱利用率将大大降低。

TDD用时间来分离接收和发送信道。在TDD方式的移动通信系统中,接收和发送使用同一频率载波的不同时隙作为信道的承载,其单方向的资源在时间上是不连续的,时间资源在两个方向上进行了分配。某个时间段由基站发送信号给移动台,另外的时间由移动台发送信号给基站,基站和移动台之间必须协同一致才能顺利工作。

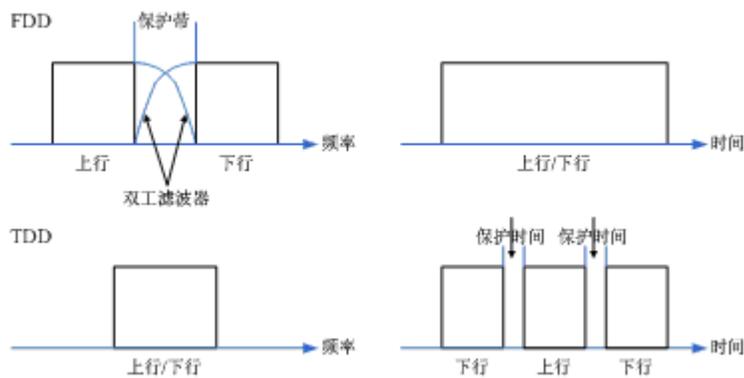


图 2.1: FDD 和 TDD 的工作原理

### 2.2 优缺点比较

1、TDD 双工方式的工作特点使 TDD 具有如下优势:

- (1) 能够灵活配置频率,使用 FDD 系统不易使用的零散频段;
- (2) 可以通过调整上下行时隙转换点,提高下行时隙比例,能够很好的支持非对称业务;
- (3) 具有上下行信道一致性,基站的接收和发送可以共用部分射频单元,降低了设备成本;
- (4) 接收上下行数据时,不需要收发隔离器,只需要一个开关即可,降低了设备的复杂度;



(5) 具有上下行信道互惠性, 能够更好的采用传输预处理技术, 如预 RAKE 技术、联合传输(JT)技术、智能天线技术等, 能有效地降低移动终端的处理复杂性。

## 2、但是, TDD 双工方式相较于 FDD, 也存在明显的不足:

(1) 由于 TDD 方式的时间资源分别分给了上行和下行, 因此 TDD 方式的发射时间大约只有 FDD 的一半, 如果 TDD 要发送和 FDD 同样多的数据, 就要增大 TDD 的发送功率;

(2) TDD 系统上行受限, 因此 TDD 基站的覆盖范围明显小于 FDD 基站;

(3) TDD 系统收发信道同频, 无法进行干扰隔离, 系统内和系统间存在干扰;

(4) 为了避免与其他无线系统之间的干扰, TDD 需要预留较大的保护带, 影响了整体频谱利用效率。ITU 要求 TDD 系统移动速度达到 120km/h, 要求 FDD 系统移动速度达到 500km/h。FDD 是连续控制的系统, TDD 是时间分隔控制的系统。在高速移动时, 多普勒效应会导致快衰落, 速度越高, 衰落变换频率越高, 衰落深度越深。在目前芯片处理速度和算法的基础上, 当数据率为 144kb/s 时, TDD 的最大移动速度可达 250km/h, 与 FDD 系统相比, 还有一定差距。

## 3、根据 FDD、TDD 模式以上不同的特点, 在 3G 移动网络中, 它们各自有着不同的适用范围:

(1) 采用 FDD 系统多是连续控制, 适应于大区制的国家和国际间覆盖漫游, 适合于对称业务 (如语音、交互式适时数据等)。

(2) 采用 TDD 系统多是时间分隔控制, 适用于城市及近郊等高密度地区的局部覆盖和对称及不对称数据业务。特别是它的不对称传输数据的功能, 尤为适合接入基于 IP 的各种数据业务。因为, 在 Internet 的数据传输过程中, 往往要求下行速率远大于上行速率。

在 4G 网络时代, 视频流媒体、交互 Web 等下行流占据绝对优势, 也因此人们对 TDD 在 4G 的应用充满了期待, TDD 受到了下一代无线系统 WiMAX 和 IEEE 802.20 的关注。

然而在目前, TDD 模式在运营中还面临一系列技术问题, 如交叉时隙干扰、操作干扰、转接时延以及发送信道状态信息超时, 所以使用单一模式的 TDD 还是不现实的。

TDD 和 FDD 在技术特点上各有各的优势, 中国是世界第一移动大国, 频谱资源日益短缺是移动网络建设迫切需要解决的第一问题。对频谱资源, 每一个人都会明白: FDD 频谱资源紧张, TDD 频谱资源丰富。在这一点上, TDD 的优势更明显一些, 所以在中国, 从 TDSCDMA 3G 到 4G 的各个阶段, 都将更倾向于使用 TDD 技术。



## 第三章 TD-LTE 系统特有技术

### 3.1 帧结构

LTE 系统同时定义了频分双工 (FDD) 和时分双工 (TDD) 两种双工方式, 并分别设计了 FDD 和 TDD 的帧结构[1]。FDD 模式下, 10ms 的无线帧被分为 10 个子帧, 每个子帧包含两个时隙, 每时隙长 0.5ms。TDD 模式下, 每个 10ms 无线帧包括 2 个长度为 5ms 的半帧, 每个半帧由 4 个数据子帧和 1 个特殊子帧组成, 如图 2 所示。特殊子帧包括 3 个特殊时隙: DwPTS, GP 和 UpPTS, 总长度为 1ms。DwPTS 和 UpPTS 的长度可配置, DwPTS 的长度为 3~12 个 OFDM 符号, UpPTS 的长度为 1~2 个 OFDM 符号, 相应的 GP 长度为 1~10 个 OFDM 符号。

LTE 支持 5ms 和 10ms 上下行切换点。对于 5ms 上下行切换周期, 子帧 2 和 7 总是用作上行。对于 10ms 上下行切换周期, 每个半帧都有 DwPTS; 只在第 1 个半帧内有 GP 和 UpPTS, 第 2 个半帧的 DwPTS 长度为 1ms。UpPTS 和子帧 2 用作上行, 子帧 7 和 9 用作下行。

如图 3.1 的无线帧结构图所示, 在 LTE 中 TDD 与 FDD 帧结构最显著的区别在于: 在 TDDType2 帧结构中存在 1ms 的特殊子帧 (Subframe), 该子帧由三个特殊时隙组成: DwPTS, GP 和 UpPTS, 其含义和功能与 TD-SCDMA 系统相类似, 其中 DwPTS 始终用于下行发送, UpPTS 始终用于上行发送, 而 GP 作为 TDD 中下行至上行转换的保护时间间隔。

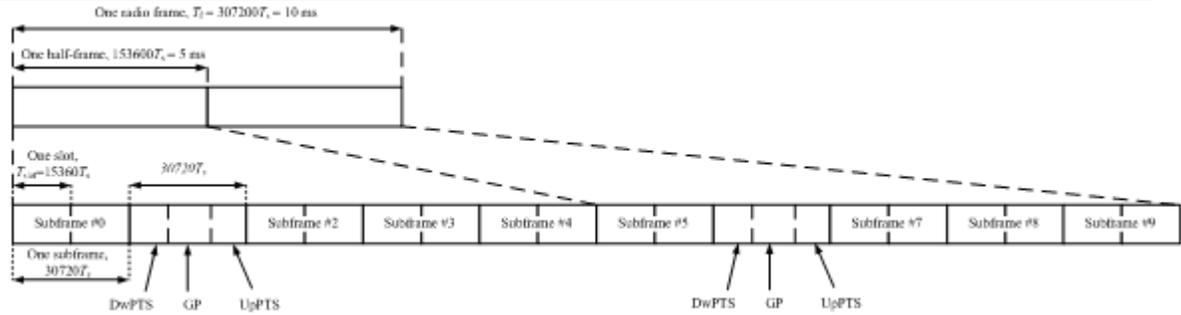


图 3.1: LTE TDD 帧结构

由于 TDD 帧结构与 FDD 帧结构不同, 所以 TD-LTE 系统具有一些特有技术。

### 3.2 多子帧调度/反馈

和 FDD 不同, TDD 系统不总是存在 1:1 的上下行比例 (见表 3.1), 可以根据不同的业务类型, 调整上下行时间配比, 以满足上下行非对称的业务需求。当下行多于上行时, 存在一个上行子帧反馈多个下行子帧, TD-LTE 提出的解决方案有: multi-ACK/NAK, ACK/NAK 捆绑 (bundling) 等。当上行子帧多于下行子帧时, 存在一个下行子帧调度多个上行子帧 (多子帧调度) 的情况。

表 3.1: 不同帧周期的上下行配比

周期 <sup>↕</sup>	上下行配比 <sup>↔</sup>
5ms <sup>↕</sup>	1DL:3UL, 2DL:2UL, 3DL:1UL <sup>↔</sup>
10ms <sup>↕</sup>	6DL:3UL, 7DL:2UL, 8DL:1UL, 3DL:5UL <sup>↔</sup>

### 3.3 特殊时隙的应用

为了节省网络开销, TD-LTE 允许利用特殊时隙 DwPTS 和 UpPTS 传输系统控制信息。DwPTS 中包含物理下行控制信道和数据信道, 实现与其它下行子帧相同的下行数据发送的功能。而 UpPTS 不再发送上行数据, 决定将 UpPTS 的上行符号用于上行



Sounding 导频的发送, 这样的导频可以用于上行信道的测量, 在 TDD 的模式下由于上下行信道的对称性, 还可以相应的获得关于下行信道的信息。

从图 3.2 中可以看到, 三个特殊时隙的总长度固定为 1ms, 而其各自的长度可以根据网络的实际需要进行配置 (例如, 不同的小区覆盖半径), 在技术规范中支持如表 2.1 所示的 9 种配置选项。从表 3.2 中可以看出 UpPTS 的长度为 1~2 个符号; DwPTS 的长度为 3~12 个符号; 相应的 GP 长度为 1~10 个符号, 时间长度为 70~700 μs, 对应的支持 1~100km 的小区覆盖半径。

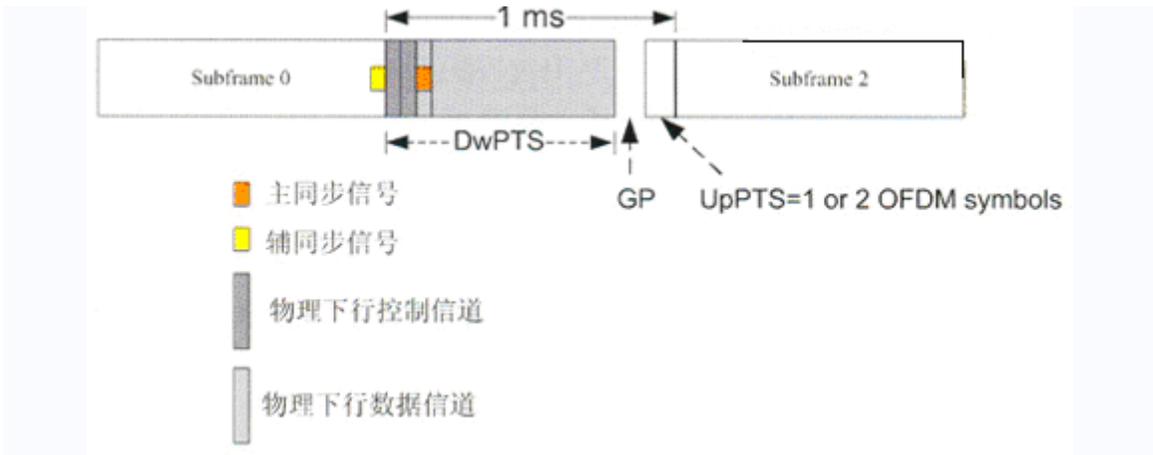


图 3.2 Type 2 TDD 特殊时隙的设计

配置选项	Normal CP			Extended CP		
	DwPTS	GP	UpPTS	DwPTS	GP	UpPTS
0	3	10	1	3	8	1
1	9	4	1	8	3	1
2	10	3	1	9	2	1
3	11	2	1	10	1	1
4	12	1	1	3	7	2
5	3	9	2	8	2	2
6	9	3	2	9	1	2
7	10	2	2			
8	11	1	2			

表 3.2 支持的 9 种配置选项

DwPTS 中包含物理下行控制信道和数据信道, 实现与其它下行子帧相同的下行数据发送的功能。而 UpPTS 不再发送上行数据, 决定将 UpPTS 的上行符号用于上行 Sounding 导频的发送, 这样的导频可以用于上行信道的测量, 在 TDD 的模式下由于上下行信道的对称性, 还可以相应的获得关于下行信道的信息。

LTE FDD 中用普通数据子帧传输上行 sounding 导频, 而 TDD 系统中, 上行 sounding 导频可以在 UpPTS 上发送。另外, DwPTS 也可用于传输 PCFICH、PDCCH、PHICH、PDSCH 和 P-SCH 等控制信道和控制信息。其中, DwPTS 时隙中下行控制信道的最大长度为两个符号, 且主同步信道固定位于 DwPTS 的第三个符号。

### 3.4 同步信号设计

同步信道是另一项体现不同双工方式的设计。除了 TDD 固有的特性之外 (上下行转换、特殊时隙等), TDD 帧结构与 FDD 帧结构的主要区别在于同步信号的设计。LTE 中用于小区搜索的同步信道包括“主同步信号”(PSS)和“辅同步信号”(SSS), 周期是 5ms。

如图 (图 3.3) 是 LTE 同步信号的位置结构, 在两种帧结构中, 同步信号具有不同的位置: 在 FDDType1 中两个同步信号连接在一起, 位于子帧 0 和 5 的中间位置; 而 TDDType2 中, 辅同步信号位于子帧 0 的末尾, 主同步信号位于特殊子帧, 即 DwPTS 的第三个符号。

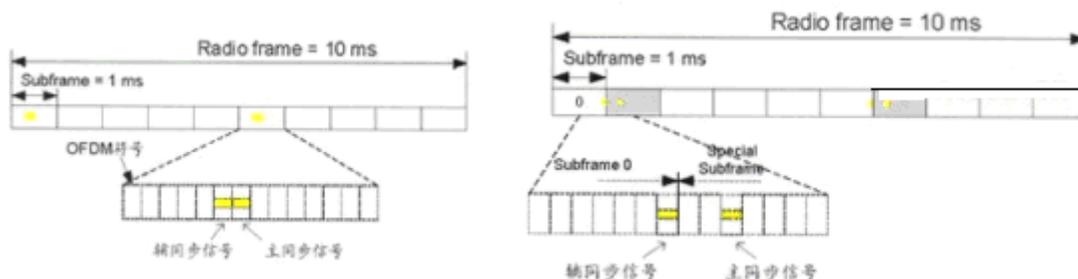




图 3.3 LTE 下行同步信号

这样，在两种帧结构中，同步信号在无线帧中的绝对位置不相同，更为重要的是，主、辅同步信号的相对位置不同：在 FDD 中两个信号连接在一起，而在 TDD 中两个信号之间有两个符号的时间间隔。由于同步信号是终端进行小区搜索时最先检测的信号，这样不同的相对位置的设计使得终端在接入网络的最开始阶段就可以检测出网络的双工方式，即 FDD 或者 TDD。

### 3.5 HARQ 的设计

LTE FDD 系统中，HARQ 的 RTT (Round Trip Time) 固定为 8ms，且 ACK/NACK 位置固定，如图 3.4 所示。TD-LTE 系统中 HARQ 的设计原理与 LTE FDD 相同，但是实现过程却比 LTE FDD 复杂，由于 TDD 上下行链路在时间上是不连续的，UE 发送 ACK/NACK 的位置不固定，而且同一种上下行配置的 HARQ 的 RTT 长度都有可能不一样，这样增加了信令交互的过程和设备的复杂度。

如图 3.4 所示，LTE FDD 系统中，UE 发送数据后，经过 3ms 的处理时间，系统发送 ACK/NACK，UE 再经过 3ms 的处理时间确认，此后，一个完整的 HARQ 处理过程结束，整个过程耗费 8ms。在 LTE TDD 系统中，UE 发送数据，3ms 处理时间后，系统本来应该发送 ACK/NACK，但是经过 3ms 处理时间的时隙为上行，必须等到下行才能发送 ACK/NACK。系统发送 ACK/NACK 后，UE 再经过 3ms 处理时间确认，整个 HARQ 处理过程耗费 11ms。类似的道理，UE 如果在第 2 个时隙发送数据，同样，系统必须等到 DL 时隙时才能发送 ACK/NACK，此时，HARQ 的一个处理过程耗费 10ms。可见，LTE TDD 系统 HARQ 的过程复杂，处理时间长度不固定，发送 ACK/NACK 的时隙也不固定，给系统的设计增加了难度。

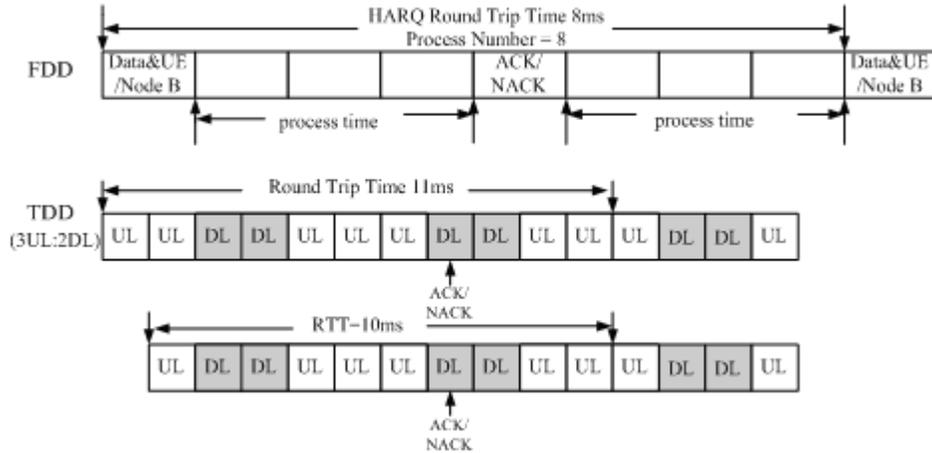


图 3.4: FDD 和 TDD 的 HARQ 设计

### 3.6 上下行的时间分配

前面内容，我们描述了 LTE 中与 TDD 特殊时隙相关的，针对 TDD 进行的设计。而在特殊时隙之外，TDD 还有另外一个显著区别于 FDD 的物理特征，即 FDD 依靠频率区分上下行，因此其单方向的资源在时间上是连续的；而 TDD 依靠时间来区分上下行，所以其单方向的资源在时间上是不连续的，时间资源在两个方向上进行了分配。

图 3.5 是 LTE TDD 中支持的 7 种不同的上、下行时间配比，从将大部分资源分配给下行的“9:1”到上行占用资源较多的“2:3”，在实际使用时，网络可以根据业务量的特性灵活的选择配置。

这样，在资源组成上 TDD 与 FDD 所固有的不同，成为了 LTE 中另一部分为 TDD 所进行的专门设计的原因。这一部分设计主要包括“物理层 HARQ 的相关机制”，以及“采用频分的随机接入信道”。

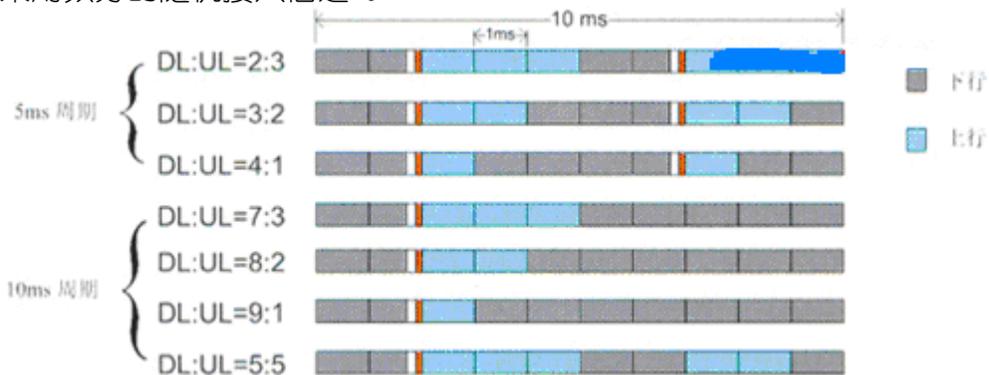


图 3.5 LTE TDD 上下行配比

### 3.7 频分的随机接入信道



允许同一时间上存在多个随机接入信道(频分)是 TDD 上下行时分的结构形成的又一设计结果。在 LTEFDD 的设计中,同一时刻只允许一个随机接入信道的存在,即仅在时间域上改变随机接入信道的数量。而在 TDD 中,时间资源已经在上下行进行了分配,同时由于不同的上下行配比的存在,可能存在上行子帧数目很少的情况(如 DL:UL=9:1),因此在 TDD 中需要支持频分的随机接入信道,即在同一时间位置上采用不同频率的区分提供多个随机接入信道,以为系统提供足够的随机接入的容量。

为了能在两种双工方式下都实现最优化的系统性能,同时成为有竞争力的 FDD 和 TDD 系统, LTE 在系统设计中,根据 TDD 固有的物理特性对 LTE TDD 系统,尤其是物理层进行了一系列专门的设计,包括帧结构、特殊时隙、同步信道、上下行时间的分配、HARQ 机制以及随机接入信道的频分等。这些设计在一定程度上参考和继承了 3GTD-SCDMA 的设计思想。通过这些设计,有效地保证了 LTE 在 TDD 模式下实现合理、高效的运行。

### 3. 8 LTE TDD 与 LTE FDD 的比较

LTE TDD 在帧结构、物理层技术、无线资源配置等方面具有自己独特的技术特点,与 LTE FDD 相比,具有特有的优势,但也存在一些不足。

## 第四章 LTE TDD 的优势

LTE TDD 在帧结构、物理层技术、无线资源配置等方面具有自己独特的技术特点,与 LTE FDD 相比,具有特有的优势,但也存在一些不足。

### 4.1 LTE TDD 的优势

#### (1) 频谱配置

频段资源是无线通信中最宝贵的资源,随着移动通信的发展,多媒体业务对于频谱的需求日益增加。现有的通信系统 GSM900 和 GSM1800 均采用 FDD 双工方式,FDD 双工方式占用了大量的频段资源,同时,一些零散频谱资源由于 FDD 不能使用而闲置,造成了频谱浪费。由于 LTE TDD 系统无需成对的频率,可以方便的配置在 LTE FDD 系统所不易使用的零散频段上,具有一定的频谱灵活性,能有效的提高频谱利用率。



另外, 中国已经为 TDD 划分了 155 MHz 的频段(如图 5 所示), 为 LTE TDD 的应用创造了条件。因此, 在频段资源方面, LTE TDD 系统比 LTE FDD 系统具有更大的优势。中国移动可以针对不同的频段资源, 分别部署 LTE TDD 系统和 LTE FDD 系统, 充分利用频谱资源。

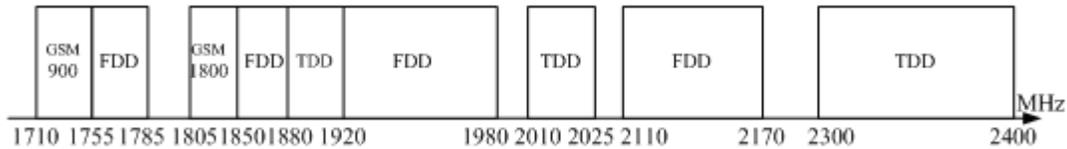


图 4.1: 中国为 TDD 划分的频段

## (2) 支持非对称业务

在第三代移动通信系统以及未来的移动通信系统中, 除了提供语音业务之外, 数据和多媒体业务将成为主要内容, 且上网、文件传输和多媒体业务通常具有上下行不对称特性。LTE TDD 系统在支持不对称业务方面具有一定的灵活性。根据 LTE TDD 帧结构的特点, LTE TDD 系统可以根据业务类型灵活配置 LTE TDD 帧的上下行配比。如浏览网页、视频点播等业务, 下行数据量明显大于上行数据量, 系统可以根据业务量的分析, 配置下行帧多于上行帧情况, 如 6DL:3UL, 7DL:2UL, 8DL:1UL, 3DL:1UL 等。而在提供传统的语音业务时, 系统可以配置下行帧等于上行帧, 如 2DL:2UL。

在 LTE FDD 系统中, 非对称业务的实现对上行信道资源存在一定的浪费, 必须采用高速分组接入(HSPA)、EV-DO 和广播/组播等技术。相对于 LTE FDD 系统, LTE TDD 系统能够更好的支持不同类型的业务, 不会造成资源的浪费。

## (3) 智能天线的使用

智能天线技术是未来无线技术的发展方向, 它能降低多址干扰, 增加系统的吞吐量。在 LTE TDD 系统中, 上下行链路使用相同频率, 且间隔时间较短, 小于信道相干时间, 链路无线传播环境差异不大, 在使用赋形算法时, 上下行链路可以使用相同的权值。与之不同的是, 由于 FDD 系统上下行链路信号传播的无线环境受频率选择性衰落影响不同, 根据上行链路计算得到的权值不能直接应用于下行链路。因而, LTE TDD 系统能有效地降低移动终端的处理复杂性。



另外，在 LTE TDD 系统中，由于上下行信道一致，基站的接收和发送可以共用部分射频单元，从而在一定程度上降低了基站的制造成本。

#### (4) 与 TD-SCDMA 的共存

LTE TDD 系统还有一个 LTE FDD 无法比拟的优势，就是 LTE TDD 系统能够与 TD-SCDMA 系统共存。对现有通信系统来说，目前的数据传输速率已经无法满足用户日益增长的需求，运营商必须提前规划现有通信系统向 B3G/4G 系统的平滑演进。由于 LTE TDD 帧结构基于我国 TD-SCDMA 的帧结构，能够方便的实现 TD-LTE 系统与 TD-SCDMA 系统的共存和融合。如图 4.2 所示，以 5ms 的子帧为基准，TD-SCDMA 有 7 个子帧，且特殊时隙是固定的，TD-LTE 通过调整特殊时隙的长度，就能够保证两个系统的 GP 时隙重合（上下行切换点），从而实现两个系统的融合。

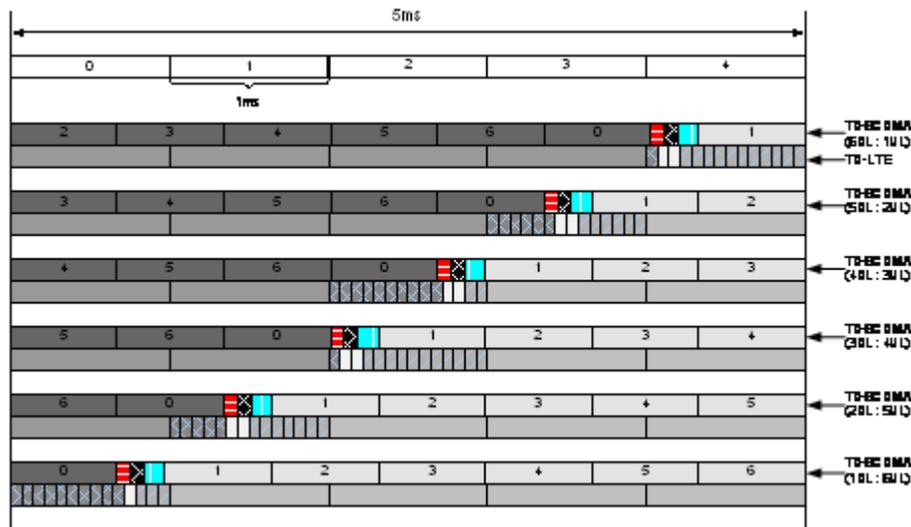


图 4.2: TD-SCDMA 与 TD-LTE 融合

## 4.2 LTE TDD 的不足

由于 LTE TDD 在同一帧中传输上下行两个链路，系统设计更加复杂，对设备的要求较高，存在一些不足：

(1) 由于保护间隔的使用降低了频谱利用率，特别是提供广覆盖的时候，使用长 CP，对频谱资源造成了浪费。



(2) 使用 HARQ 技术时, LTE TDD 使用的控制信令比 LTE FDD 更复杂, 且平均 RTT 稍长于 LTE FDD 的 8ms。

(3) 由于上下行信道占用同一频段的不同时隙, 为了保证上下行帧的准确接收, 系统对终端和基站的同步要求很高。

为了补偿 LTE TDD 系统的不足, LTE TDD 系统采用了一些新技术, 如: TDD 支持在微小区使用更短的 PRACH, 以提高频谱利用率; 采用 multi-ACK/NACK 的方式, 反馈多个子帧, 节约信令开销等。

## 第五章 结束语

TDD 双工方式具有频谱配置灵活, 频谱利用率高, 上下行信道互惠性等特点, 能够满足下一代移动通信系统对带宽的要求以及频率分配零散化的趋势, 在 B3G/4G 移动通信系统中具有较强的优势。LTE TDD 在频谱利用、非对称业务支持、智能天线技术支持、与 TD-SCDMA 系统共存等方面, 有很大的优势, 在未来的通信系统中具有很强的竞争力。随着 LTE TDD 技术研究的深入和国际市场的推广, 将成为未来无线通信系统中的主流技术。

### [参考文献]

- [1] 胡海波. 3G 长期演进技术. E3G. 世界电信, 2006.
- [2] 胡海波, 崔尧. LTE 热点分析. 世界电信. 2007.
- [3] 沈嘉. 3GPPLTE 核心技术及标准化进展. 移动通信. 2006
- [4] 胡宏林, 徐景. 3GPPLTE 无线链路关键技术. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [5] 3GPP, TS 36. 211 v1. 1. 0. Physical Channels and Modulation. 2007.
- [6] Erik D, Stefan P, Johan S, et al. 3G Evolution: HSP and LTE for Mobile Broadband. oxford: Elsevier Publishers, 2007.

---

网优雇佣军汇集了近百名网优专家 致力于纯免费网优文档分享和技术交流!

>>>>订阅方法:

--聚集近 100 名领域专家, 致力于移动网络优化纯分享交流平台--



网优文档分享 微信公众号：网优雇佣军

---

- 1) 搜索微信号：hr\_opt
- 2) 搜索公众号：网优雇佣军
- 3) 扫描下面的二维码：

