



### 【摘要】

本文分析了LTE协议栈MAC层主要功能，设计了MAC层的整体架构，重点研究了随机访问过程，分别提出实现随机访问过程和提高性能方案。测试平台的搭建，展示了随机访问的具体过程。

### 【关键词】

LTE MAC 随机访问

## 一、引言

LTE (Long Term Evolution) 项目是3G的演进，它改进并增强了3G的空中接口技术，是3G与4G技术之间的一个过渡，是3.9G的全球标准。在LTE协议栈层次结构中，MAC (Media Access Control) 层是LTE系统的主要组成部分之一。在MAC层中，随机访问过程直接影响到系统的性能。本文在仔细研究随机访问过程的基础上，设计并实现了该模块的功能，并且在系统设计上提出了增强性能的解决方案。

## 二、LTE MAC层随机访问研究

### 1. 随机访问过程

当UE没有被分配上行无线资源但有数据要传输时，或者上行方向时间失同步时，进入随机访问过程。随机

访问过程是FDD和TDD均有的过程，与小区的大小无关。如下的五个事件要执行随机访问过程：

- ①来自LTE\_RRC\_IDLE的最初访问。
- ②无线连接失败之后的初始访问。
- ③需要随机访问的切换。
- ④在RRC\_CONNECTED期间，下行 (DL) 数据到达，并需要随机访问。
- ⑤在RRC\_CONNECTED期间，上行 (UL) 数据到达，并需要随机访问。

随机访问过程分成基于竞争的和基于非竞争的。基

于竞争的应用于上述五种事件，基于非竞争的应用于切换和下行数据到达情况。随机访问过程图见图1，图2。

#### (1) 基于竞争的随机访问

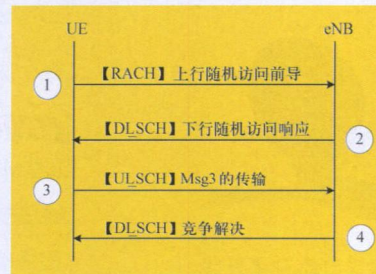


图1 基于竞争的随机访问

①上行随机访问前导。包括6bit，其中5bit是随机选择的ID，另1bit是其他信息：请求资源控制块的大小或者信道质量指标 (CQI) 等。



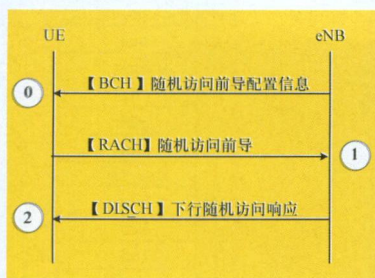


图2 基于非竞争的随机访问

② 下行随机访问响应。包括校时信息、初始UL授权信息和临时小区无线网络标识(C-RNTI)。

③ Msg3。就初始访问来说包括：

48bit 唯一UE标识和RRC建立连接的请求信息，使用混合自动重发请求(HARQ)。

④ 竞争解决。包括UE标识和传输HARQ返回信息。

### (2) 基于非竞争随机访问：

①：前导配置信息。eNB给UE分配的非竞争随机访问前导6bit。

①和②与基于竞争的随机访问过程大体相同。

表1 随机访问状态表

状态	描述	源端
ra_idle	随机访问空闲状态	UE/eNB
ra_preamble_snd	发送随机前导，等待回复信息的状态	UE
ra_preamble_resnd	超时后重新发送随机前导后的状态	UE
ra_rar_snd	发送下行随机访问响应后的状态	eNB
ra_rar_rcv	接收到下行随机访问响应后的状态	UE
cnt_ra_msg3_snd	发送Msg3后的状态	UE
cnt_ra_msg3_resnd	超时或者接受到需要重传信息进行重传Msg3后的状态	UE
cnt_ra_msg3_rcv	接收到Msg3后的状态	eNB
cnt_ra_resolut_snd	发送竞争解决信息后的状态	eNB
cnt_ra_resolut_rcv	接受到竞争解决信息后的状态	UE
ra_success	随机访问成功后的状态	UE/eNB
ra_fail	随机访问失败后的状态	UE

## 2. 随机访问状态机设计

随机访问状态转换如图3所示。

### 3. 初始随机访问过程(见图3)

(1) 初始随机访问事件触发进入随机访问过程，因为初始随机访问是基于竞争的访问，所以UE端选择前导码、选择RACH信道发送前导码，打开定时器，随机访问状态由ra\_idle变成ra\_preamble\_snd。

(2) 若定时器超时则随机选择指定范围的延迟时间重新选择前导码并发送，重置定时器，随机访问状态由ra\_preamble\_snd变成ra\_preamble\_resnd。

(3) 若接收线程接收到随机访问响应并且通过RA-RNTI判断出是自己信息之后，通知发送线程随机访问状态由ra\_preamble\_snd或者ra\_preamble\_resnd变成ra\_rar\_

rcv，接收线程同时解码此随机访问响应。

(4) 由于初始随机访问是基于竞争的，所以解码后会通知发送线程将准备好的Msg3发送，打开定时器，随机访问状态由ra\_rar\_rcv变成cnt\_ra\_msg3\_snd。

(5) 若定时器超时或者HARQ模块提出重传信号，则将Msg3信息重新发送，重置定时器，随机访问状态由cnt\_ra\_msg3\_snd变成cnt\_ra\_msg3\_resnd。

(6) 若接收线程接收到竞争解决信息并且通过TEMP\_C-RNTI判断出是自己信息之后，通知发送线程随机访问状态由cnt\_ra\_msg3\_snd或者cnt\_ra\_msg3\_resnd变成cnt\_ra\_resolut\_rcv，接收线程同时解码此竞争解决信息。

(7) 若从竞争解决信息中找到自己48bit唯一UE标识，随机访问状态由cnt\_ra\_resolut\_rcv变成ra\_success；若找到的UE标识不是自己的，随机访问状态由cnt\_ra\_resolut\_rcv变成ra\_fail。

(8) 若随机访问状态是ra\_fail，则延迟指定的一段时间后重新进行前导码的选择过程，回到步骤(1)。

(9) 若随机访问状态是ra\_success，则通知上层随机访问过程成功，并将TEMP\_C-RNTI赋值给C-RNTI。

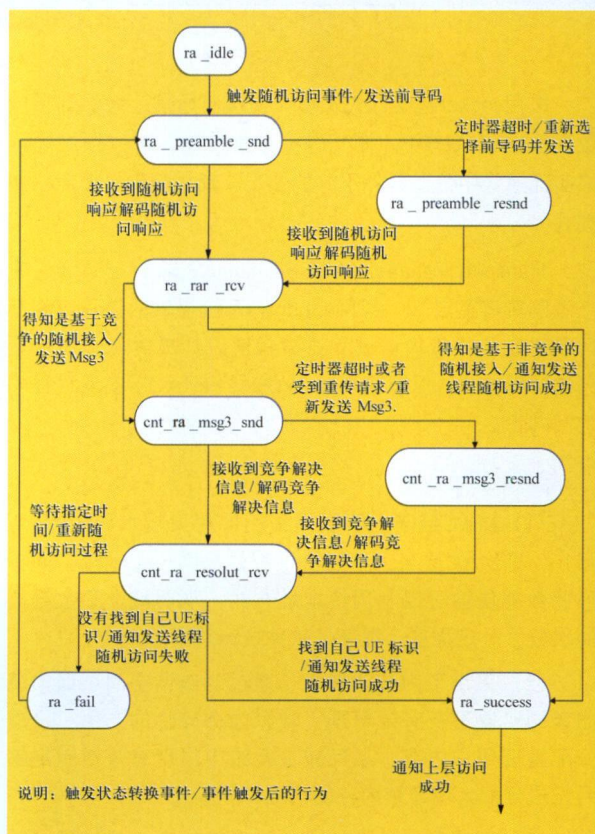


图3 初始访问状态转换图



### 三、仿真平台搭建和提高性能设计方案

#### 1. 仿真平台搭建

LTE仿真平台如图4所示。

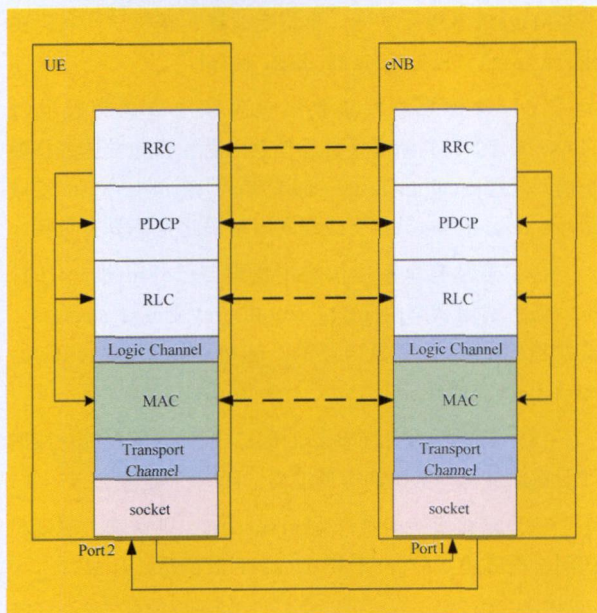


图4 LTE仿真平台

采用socket通信方式来模拟物理层通信。考虑到用户数据及协议（UDP）模式是不可靠传输，可以很好地模拟实际通信中信道条件不好的情况，所以socket采用UDP模式。

Transport Channel和Logic Channel的设计：参考“生产者消费者算法”，利用windows系统提供的信号量和互斥量机制，将传输信道和逻辑信道设计成类似于消息队列的访问方式，可以实现socket线程和MAC层收发线程的访问同步。

#### 2. 提高性能设计方案

(1) MAC层与上下层间采用零拷贝技术（如图5所示），即MAC层与上下层协议都处在同一个地址空间，因此数据传输可以利用传地址方式，从而减少了数据复制次数，一定程度上提高了软件执行效率。

(2) 采用了内存池技术。通过对申请空间小而申请频繁的对象进行有效管理，减少内存碎片的产生，合理分配管理用户内存，从而减少系统中出现有效空间足够而无法分配大块连续内存的情况。

(3) 采用了线程池技术。当系统中有大量线程时，采用此技术可以有效减少线程创建和销毁的时间。

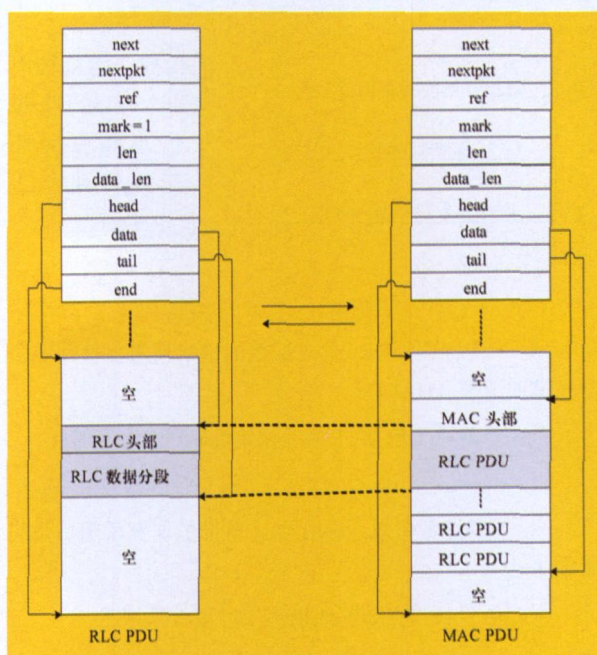


图5 零拷贝技术

### 四、初始随机访问实例

图6是随机访问状态机中的初始访问实例，共有四个线程：用于模拟物理层发送的线程Sock\_Phy\_Send，用于模拟物理层接收的线程Sock\_Phy\_Recv，用于MAC层发送的线程Mac\_Send，用于MAC层接收的Mac\_Recv。具体流程如下：

- ① Mac\_Send获得选取的前导码。
- ② Mac\_Send将前导码封装成传输信道统一的结构单元并将它插入RACH信道。
- ③ Sock\_Phy\_Send从RACH取出单元。
- ④ Sock\_Phy\_Send将之发送到eNB。
- ⑤ Sock\_Phy\_Recv收到eNB的信息。
- ⑥ Sock\_Phy\_Recv从内存池获得内存块来存储收到的信息。
- ⑦ Sock\_Phy\_Recv将此信息插入到DL\_SCH中。
- ⑧ Mac\_Recv从DL\_SCH中取得信息并解码。
- ⑨ Mac\_Recv将状态改变信息通知Mac\_Send。
- ⑩ Mac\_Send从CCCH中获得将要建立RRC连接的请求信息。
- ⑪ Mac\_Send获得48-bit的UE ID。
- ⑫ Mac\_Send将这些信息封装成传输信道统一的结构单元并将它插入UL\_SCH。
- ⑬ Sock\_Phy\_Send从UL\_SCH取得单元。



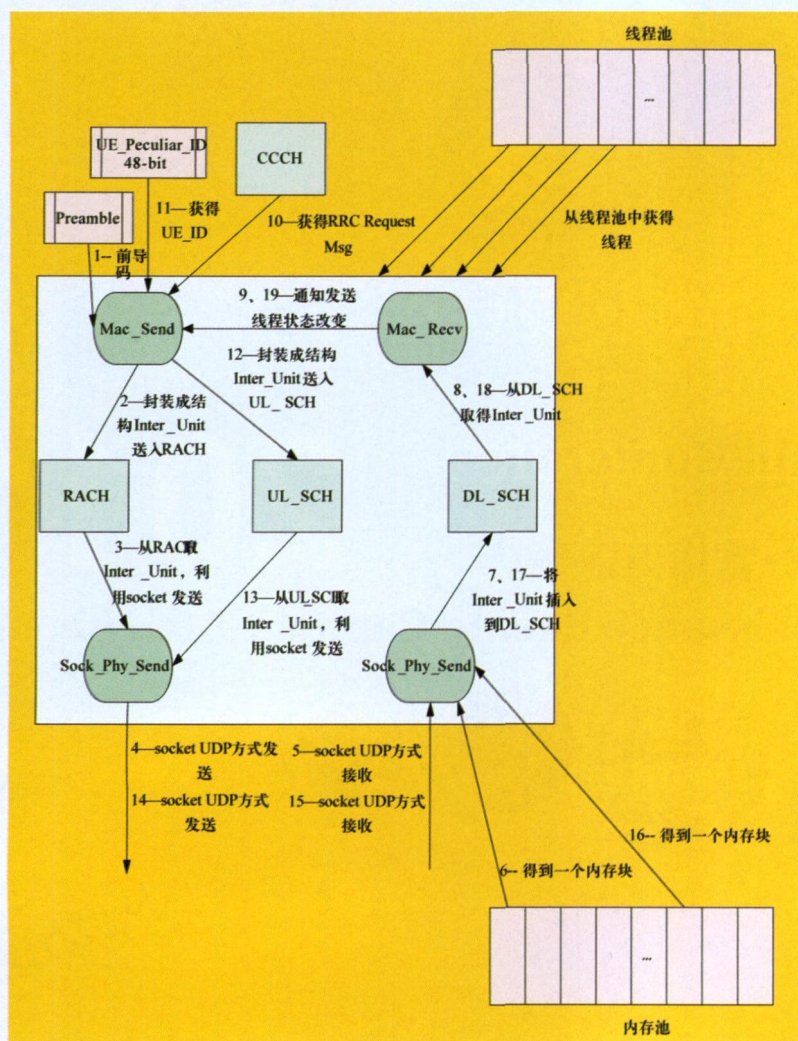


图6 初始随机访问实体图

⑭ Sock\_Phys\_Send将之发送到eNB。

⑮ Sock\_Phys\_Recv收到eNB的信息。

⑯ Sock\_Phys\_Recv从内存池获得内存块来存储收到的信息。

⑰ Sock\_Phys\_Recv将此信息插入到DL\_SCH中。

⑱ Mac\_Recv从DL\_SCH中取得信息并解码。

⑲ Mac\_Recv将状态改变信息通知Mac\_Send。

⑳ Mac\_Send通知上层初始随机访问成功或者失败，要是失败则会推迟规定时间后重新进行随机访问。

## 五、结束语

本文对LTE MAC层协议随机访问部分进行深入分析，在此基础上设计了MAC层的整体架构并实现了初始接入的随机访问状态。该系统具有并行性、实时性和事务性特点，利用内存池技术、线程池技术以及零拷贝技术在空间和时间方面都提高了系统性能。下一步的工作是HARQ模块的设计，因为初始随机接入在Msg3传递时用到了HARQ模块。■

参考文献见[www.dcw.org.cn](http://www.dcw.org.cn)

## 算通科技打造全新内容收录平台DRP

算通科技内容收录平台DRP (Digital Recorder Platform) 是一款高性能全自动的数字视频节目收录系统，主要应用于VoD、Push VoD、IPTV等系统，为个性化点播、时移电视、节目回放等业务提供数十万小时海量节目内容收录服务。

**IP架构：**采用IP开放式设计，通用化接口，支持IP组播(单播)、多路复用流或单节目流解析，并能平滑与内容管理系统对接，收录内容自动存储于内容管理系统待处理区。

**24小时收录：**可实现24小时收录，并具备完善的监控管理；若侦测网络中收录服务器存在故障，自动报警并调用备份服务器接管故障服务器，保障7×24小时不间断收录。

**海量收录存储：**至少可同时收录1200Mb/s内容，约合175CH SD+30CH HD或100CH SD+50CH HD，多格式批量收录互不影响。

**多种数据格式：**可全面兼容MPEG-2、H.264、MPEG-4 TS封装或MP4封装的多种类型高标清内容。

**码率整形：**收录服务器附带码流整形功能，可按要求对实时码流进行压缩整形，包括VBR至CBR转换，码率调整等功能。

**自动化管理：**可自动调用、分配收录服务器资源完成收录任务，自动进行节目文件拆分，自动调用备份服务器接管故障服务器，保障7×24小时不间断收录。

**安全冗余：**中心管理服务器采用1+1备份工作，收录服务器采用N+1冗余备份工作。收录服务器以中心管理服务器为核心并联工作，单点故障时不影响收录系统正常工作。

