LTE-V2X System Simulation 项目

系统级仿真平台建设

无线传输单元设计文档

北京邮电大学移动通信实验室

**目录**

[1 概述 3](#_Toc468872051)

[2 模块简介 3](#_Toc468872052)

[3 模块描述 4](#_Toc468872053)

[3.1载干比计算 4](#_Toc468872054)

[3.1.1 载干比 4](#_Toc468872055)

[3.1.2 等效载干比 5](#_Toc468872056)

[3.2 L2S接口 6](#_Toc468872057)

[3.2.1 互信息有效SINR映射 6](#_Toc468872058)

[3.3 信息反馈 7](#_Toc468872059)

[3.3.1 CQI 8](#_Toc468872060)

[4模块参数 10](#_Toc468872061)

[4.1模块函数设置 10](#_Toc468872062)

[4.2模块参数定义 10](#_Toc468872063)

[参考文献 12](#_Toc468872064)

[附录A 修改历史 12](#_Toc468872065)

[附录B 英文缩略词对照表 12](#_Toc468872066)

# 概述

本文档主要介绍LTE-V2X系统级仿真平台中无线传输单元模块的设计，共分为三个章节，其中第二章是无线传输单元的总体描述；第三章无线传输单元具体描述，包括载干比计算，L2S接口和信息反馈；第四章介绍了无线传输单元模块的参数定义和主要函数的功能。

# 模块简介

无线传输单元主要包括：载干比计算，L2S接口和信息反馈。具体工作流程概括如下：

1. 载干比的计算。本模块使用1根发射天线，2根接收天线，采用MRC方法对载干比进行计算。
2. 合并SINR，得到有效载干比。将每个子载波上的信噪比查表映射成互信息，所有子载波上的互信息求平均，再反查表，映射成载干比，即可得到有效载干比。
3. 查找MCS等级。对计算得到的有效载干比SINR，可以通过查找不同的MCS等级对应的SNR-BLER曲线得到链路自适应等级信息和错误概率。
4. 根据用户反馈信道状态信息CSI 分别用于下行的反馈和上行的反馈。

第3章将对载干比的计算、有效载干比的得出，L2S接口载干比与互信息的映射，MCS等级查找以及信息反馈分别做详细的介绍。

# 模块描述

## 3.1载干比计算

载干比计算模块累加计算同频干扰，然后计算上下行链路的载干比，其结果被调度和功率控制所用。要同时考虑干扰和噪声影响下的信干噪比的计算。在计算载干比的过程中，根据36.885协议规定为1个发送天线2个接收天线，属于单发多收的SIMO系统，因此用MRC算法接收。然后，依据公式计算出传输数据RB上的载干比。最后就可以依据计算出的各RB上的载干比计算出等效载干比。下面来讲解一下载干比和等效载干比计算。

### 3.1.1 载干比

考虑发送天线数为1，接收天线数为的系统，现假设目标用户的标号为0，则第个接收天线在第个子载波处的接收信号可以表示为：



其中参数解释如下：

：干扰源的数目；

：第*j*个用户的发送功率；

：第*j*个用户的路径损耗，包括阴影衰落、天线增益、馈线损耗等；

：第*j*个用户的第*n*个子载波的信道增益；

：第*j*个用户在第*n*个子载波发送的符号；

：接收机热噪声，这里是均值为0、方差为的高斯白噪声。

经过MRC处理后，第*n*个子载波的载干比为：



载干比计算流程图如下：



图 1 载干比计算

### 3.1.2 等效载干比

假设接收天线数为M，在天线m的接收信号为：



其中是信号发送和接收天线*m*间的信道响应，是发送的符号，是干扰信号的和，是天线*m*处的噪声。接收机估计每个接收天线处接收信号的权重，然后对权重信号进行求和。经过检测后的输出信号为：



将上式使用大写向量和矩阵表示:



则接收机输出信号的等效SINR是期望信号的功率比上非期望信号的功率，其中假设噪声和信号是相互独立的。那么等效SINR可写为：



其中是干扰协方差矩阵，是噪声协方差矩阵。注意

有，其中是每个天线的噪声方差，是大小为的单位阵。

## L2S接口

对于LTE-V2X系统，不同RE有不同的SINR，而资源分配的基本单位是RB。因此，无论是链路级进行链路自适应还是系统级仿真，都需要对载干比计算后的SINR进行合并，得到有效载干比。对合并后的SINR，可以通过查找不同的MCS等级对应的SNR-BLER曲线得到链路自适应等级信息和错误概率，如下图所示。

图 2 链路级到系统级接口

在系统级仿真平台中，根据链路级提供的MCS曲线采用MI-ESM方式进行AMC的选择。

### 3.2.1 互信息有效SINR映射

两个随机变量的互信息或转移信息是变量间相互依赖性的量度。不同的相关系数，互信息并不局限于实值随机变量，它更加一般且决定着联合分布和分解的边缘分布的乘积的相似程度，互信息的单位是bit。在连续随机变量的情况下，互信息被定义为：



其中是和的联合概率密度函数，而和分别是和的边缘概率密度函数。

其中，表示用户k在码字 上的有效载干比，为用户k的码字，为用户k调度到的H集合，为中元素个数， 为用户k在h上的线性载干比， 表示用户k码字MCS调制方式，和 分别表示SNR到MI的查表函数和MI到SNR的查表函数。

计算得到有效载干比后，需要链路级提供不同MCS等级下SNR-BLER的接口曲线。以载干比为输入，可通过不同MCS等级下SNR-BLER曲线查找满足当前目标误块率BLER\_TARGET的MCS等级；以有效载干比和MCS等级为输入可通过不同MCS等级下SNR-BLER曲线查找获得当前BLER值。

## 3.3 信息反馈

用户反馈信道状态信息CSI，反馈信息存储在不同的链表中，分别用于下行的反馈和上行的反馈。链表的长度在系统初始化的时候确定，并有特定的指针指向下行链表的第一个单元和指向下行链表的最后一个单元，上行情况同理，两个单元之间的距离体现反馈信息的延迟。反馈在平台中的实现是通过每经过固定的TTI，调用一次反馈函数。反馈函数的主要功能即是根据不同的情况计算CQI，并将它们写入到由指针指向的单元中。具体流程图见图3。



图 3 信息反馈流程图

### 3.3.1 CQI

CQI是信道质量指示，是由UE测量所得，所以一般是指下行信道质量。下行调度由eNodeB决定，而eNodeB作为发射端，并不清楚信道条件如何，信道质量度量由UE来完成。UE反馈信道质量，并把信道质量量化成0到15的序列（4bit数来承载），并定义为CQI，eNodeB根据上报的CQI来决定编码方式。

**CQI的可靠性主要受到下列因素影响**

1. 终端测量时的误差。这种误差主要受限于有限的时域与频域的测量资源以及终端硬件的处理限制。
2. 量化带来的误差。按照规范，终端将测量结果转化为MCS 索引时，涉及一个量化粒度的问题。CQI只能间接的反应出接收信号的SINR。目前采用4比特CQI对应16种MCS等级，因此，从终端估计SINR到量化为16个索引中的一个时，存在先天的误差。
3. CQI时延带来的误差。从基站接收CQI反馈，到基站调度时使用CQI之间，存在一定时延。这部分误差的大小主要由基站与用户的距离和信道的变化快慢决定。
4. CQI传输错误带来的误差。CQI对应的MCS索引，同样要经过调制、编码等过程进行传输。这部分也有较小的概率出现传错的误差。

**CQI的选取准则**

UE接收到的传输块的误码率不超过10%。那么UE如何将信道质量映射成CQI呢？找一对最接近选择的CQI索引对应的编码速率的调制方式，CQI索引可以通过BLER-SINR表得到。CQI对应的是一个RB组的信道质量，对于MI-ESM模型中的beta（和编码调制方式有关）值对应的各种MCS，做一个循环，对每种MCS用相应的beta值拟合每个载波的SINR算出对应的等效SINR，然后利用该等效的SINR找到最接近目标的BLER，一般目标的BLER为10%，再通过BLER找到对应的MCS等级，找到MCS等级通过查表就可以得出CQI的值。如果有多个MCS符合条件，选择码率最大的那个（对应MCS最大），因为能满足BLER小于10%的最大的MCS，这个MCS以下肯定都满足BLER不大于10%。

**CQI取值及其对应的编码方式**

调制方式决定了调制阶数，它表示每1个符号中所传送的比特数。QPSK对应的调制阶数为2，16QAM为4，64QAM 为6。码率为传输块中信息比特数与物理信道总比特数之间的比值，即：码率= 传输块中信息比特数/物理信道总比特数= 信息比特数/（物理信道总符号数\*调制阶数）= 效率/调制阶数

由此可见，CQI 的不同取值决定了下行调制方式以及传输块大小之间的差异。CQI 值越大，所采用的调制编码方式越高，效率越大，所对应的传输块也越大，因此所提供的下行峰值吞吐量越高。

**CQI对性能的影响**

根据上述分析可知，CQI在下行调度中起着非常关键的作用。UE根据SINR值估算CQI 并采用周期性或者非周期性方式进行上报。eNodeB则根据不同的CQI模式来提取出相应的宽带或者子带CQI信息，获悉UE在特定频带上的干扰情况，实现频率选择性或者非选择性调度。重要的是，eNodeB 根据CQI和PRB信息来获取MCS和TBS信息，从而直接影响到下行吞吐量。

UE 和eNodeB 调度算法中CQI 评估和测量机制对系统性能有着直接影响。举例来讲，如果UE 上报的CQI 较低，但是系统却错误地发送了较大的TBS，则可能导致UE解码失败并发送ACK信息，从而产生重传，影响到系统的资源利用率。反之，如果实际无线环境较差，但是UE上报的CQI值较高，则网络根据CQI选择较大的TBS，而这也同样可能导致UE 解码失败，导致系统资源利用率降低。速度对于CQI报告准确性的影响也较大。速度越高，CQI偏差越大，因此应当减小发送周期，增加发送频率，以保证CQI信息的准确性。

# 4模块参数

## 4.1模块函数设置

LTE-V2X仿真平台中无线传输单元模块定义了一些函数，具体如下表。

表4-1 函数及作用

|  |  |
| --- | --- |
| 函数名 | 功能 |
| WTMode m\_SINRMode | 计算SINR的模式 |
| System\* getContext | 获取系统类的指针 |
| void initialize | 初始化RSU VeUE单元的内部类 |
| WT\* getCopy | 获取模块的拷贝 |
| void freeCopy | 释放模块的拷贝 |
| double SINRCalculate | 计算载干比 |
| double SINRCalculateMRC | MRC方法计算载干比 |
| double SINRCalculateMMSE | MMSE方法技术载干比 |
| Matrix readH | 读取子载波的信道矩阵 |
| Matrix readInterferenceH | 读取子载波的干扰信道矩阵 |
| int closest | 二分查找算法 |
| Double getMutualInformation | 查表 |

## 4.2模块参数定义

表4-2 参数及作用

|  |  |
| --- | --- |
| 参数名称 | 含义 |
| m\_RSUAry | RSR容器 |
| m\_VeUEAry | VeUE容器 |
| m\_Nt | 发送天线数 |
| m\_Nr | 接收天线数 |
| m\_Pt | 发射功率 |
| m\_Ploss | 距离路径损耗 |
| m\_PlossInterference | 干扰距离路径损耗 |
| m\_Sigma | 高斯噪声功率 |
| m\_H | 每个子载波的信道矩阵 |
| m\_HInterference | 每个子载波的干扰信道矩阵 |
| m\_QPSK\_MI | QPSK互信息映射表 |

# 参考文献

1. 3GPP TR 36.885: “Study on LTE-based V2X Services”.

# 附录A 修改历史

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 起草 | | | | | |
| 日期 | 姓名 | | 版本号 | | |
| 2016.7.18 | 左长华 | | 1.1 | | |
| 修改历史 | | | | | |
| 日期 | 姓名 | 备注 | | 旧版本号 | 新版本号 |
| 2016.12.7 | 刘宁 | 更新参数模块 | | 1.1 | 2.1 |

# 附录B 英文缩略词对照表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 缩略语 | 英文全称 | 中文全称 |
| LTE | Long Term Evolution | 长期演进 |
| V2X | Vehicle to everything | 车与外界的信息交换 |
| RB | Resource Block | 资源块 |
| RE | Resource Element | 资源粒子 |
| MCS | Modulation and Coding Scheme | 调制编码方式 |
| CSI | Channel State Information | 信道状态信息 |
| CQI | Channel Quality Indication | 信道质量指示 |
| MIESM | MutalInformation Effective SINR Mapping | 互信息有效 SINR 映射 |
| BLER | Block Error Rate | 误块率 |
| TTI | Transmission Time Interval | 传输时间间隔 |
| SIMO | Single-Input Multiple-Output | 单输入多输出 |
| L2S | Level to System | 链路级到系统级接口 |
| SINR | Signal to Interference plus Noise Ratio | 信号与干扰和噪声比 |
| MRC | Maximum Ratio Combining | 最大比合并 |
| UE | User Equipment | 用户设备 |