LTE-V2X System Simulation 项目

系统级仿真平台建设

系统及仿真平台设计文档

**项目合作开发单位:**

**Samsung研究院**

**北京邮电大学**

**目录**

[1. 概述 1](#_Toc468873029)

[2. 仿真场景 2](#_Toc468873030)

[2.1. 场景介绍 2](#_Toc468873031)

[2.1.1. 场景3-A 2](#_Toc468873032)

[2.1.2. 场景3-B 2](#_Toc468873033)

[2.2. 地理拓扑 3](#_Toc468873034)

[2.2.1. 城市道路 3](#_Toc468873035)

[2.2.2. 高速公路 4](#_Toc468873036)

[2.3. 运动模型 5](#_Toc468873037)

[3. 功能单元总体描述 7](#_Toc468873038)

[3.1. 层级结构 7](#_Toc468873039)

[3.1.1. VeUE的层级结构 8](#_Toc468873040)

[3.1.2. RSU的层级结构 9](#_Toc468873041)

[3.2. 控制单元 10](#_Toc468873042)

[3.2.1. 模块之间通信方式 10](#_Toc468873043)

[3.3. 地理拓扑与传输单元 11](#_Toc468873044)

[3.4. 无线传输单元 13](#_Toc468873045)

[3.4.1. 载干比计算 13](#_Toc468873046)

[3.4.2. L2S接口 13](#_Toc468873047)

[3.5. 无线资源管理单元 13](#_Toc468873048)

[3.5.1. RRM\_TDM\_DRA 13](#_Toc468873049)

[3.5.2. RRM\_RR 14](#_Toc468873050)

[3.5.3. RRM\_ICC\_DRA 16](#_Toc468873051)

[3.6. 业务模型与控制单元 17](#_Toc468873052)

[4. 数据结构 18](#_Toc468873053)

[4.1. 命名规则 18](#_Toc468873054)

[4.1.1. Class成员变量命名规则 18](#_Toc468873055)

[4.1.2. 成员函数命名规则 18](#_Toc468873056)

[5. 一致性论证 19](#_Toc468873057)

[参考文献 20](#_Toc468873058)

[附录A 修改历史 21](#_Toc468873059)

# 概述

本设计文档主要目的是介绍LTE-V2X仿真平台的设计框架，对LTE-V2X平台进行整体性的描述，包括场景介绍，功能单元的划分，事件定义及其驱动，主要数据结构等部分，各个模块的详细设计请参考对应模块的详细设计文档。本设计文档主要分为六个章节，其中第2章介绍LTE-V2X平台的场景以及信道模型；第3章介绍了LTE-V2X功能单元的划分，并对其进行了总体描述；第**错误!未找到引用源。**章则介绍了各个事件的定义、整体处理流程以及驱动机制；第4章详细介绍了LTE-V2X平台的数据结构以及命名规则。第5章对该LTE-V2X平台进行一致性论证。

# 仿真场景

## 场景介绍

### 场景3-A

在该场景（见图 2‑1）中，一个UE单元通过支链路发送V2X信息给另一个UE群。首先一个位于支链路的UE单元作为路边单元接收V2X信息，并将其发送给基站端，基站端接收V2B信息后通过下行链路将其发送给UE单元群。



图 2‑1 场景3A

### 场景3-B

在该场景（见图 2‑2）中，一个UE单元通过上行链路向一个基站发送V2X信息，基站接收该信息后通过下行链路发送给处于支链路的路边单元UE，最后这个路边单元UE将V2X信息广播给处于支链路另一端的UE单元群。



图 2‑2 场景3-B

## 地理拓扑

### 城市道路

城市道路模型见图 2‑3，详细参数设置[1]见表格 2‑1。



图 2‑3 城市道路模型图

表格 2‑1 城市道路参数配置表

|  |  |
| --- | --- |
| 参数 | 说明 |
| 车道数量 | 每个方向有两条车道，即一条街区道路有4条车道 |
| 车道宽度 | 3.5m |
| “道路-建筑”网格单元大小（即被四条街区道路包围的区域，每条街区道路取内侧道路属于该网格单元） | 433\*250m2，该区域保留了行人通道，即该区域内既没有车辆也没有建筑 |
| 仿真区域大小 | 1299\*750m2 |
| 车辆密度 | 在同一个车道平均车辆间距是2.5s\*v(绝对车速)，在一个仿真区域中所有道路的 密度/速度 保持一致 |
| 绝对测速 | 15km/h-60km/h |

### 高速公路

高速公路模型见图 2‑4，详细参数设置[1]见表格 2‑2。



图 2‑4 高速公路模型图

表格 2‑2 高速公路参数配置表

|  |  |
| --- | --- |
| 参数 | 含义 |
| 车道数量 | 每个方向3条车道，整个高速公路为6车道 |
| 车道宽度 | 4m |
| 仿真区域大小 | 高速公路长度不小于2000m，道路采用卷绕方式 |
| 车辆密度 | 在同一个车道平均车辆间距是2.5s\*v(绝对车速)，在一个仿真区域中所有道路的 密度/速度 保持一致 |
| 绝对测速 | 70km/h-140km/h |

## 运动模型

道路采用卷绕方式，从每个仿真区域中心开始沿逆时针方向进行编号，卷绕编号见图 2‑5。

图 2‑5 城市场景卷绕编号示意图

在城市场景下，车辆在交叉路口按以下原则[1]进行方向的选择。

* 继续向前走的概率：0.5
* 向左转向的概率：0.25
* 向右转向的概率： 0.25

# 功能单元总体描述

LTE-V2X系统仿真平台的功能单元分成五个部分，分别是系统控制单元、地理拓扑与传播单元、无线传输单元、无线资源管理单元和业务模型与控制单元。其中系统控制单元包括管理驱动控制以及整个仿真流程的控制；地理拓扑与传播单元包括更新用户的地理位置以及信道刷新；无线传输单元包括载干比计算，L2S接口；无线资源管单元包括分簇策略，调度或竞争策略；业务模型与控制单元包括生成数据包以及数据时延统计。

图 3‑1 LTE-V2X平台框架结构图

## 层级结构

LTEV2X仿真平台中，每个单元(地理拓扑单元、无线资源管理单元、无线传输单元、业务模型与控制单元)都含有该单元下的车辆、RSU、基站、道路数组，不同的单元对应着不同的视图

### VeUE的层级结构

本LTEV2X仿真平台中，车辆类的分层结构如图 3‑2所示，其中系统System视图下的VeUE视图仅用于为各个单元的车辆类之间通信提供了一个上层的媒介(例如RRM单元需要使用到GTT单元视图下的VeUE，即需要使用某一个数据成员，需要先转到System视图下的VeUE，然后再转到GTT单元的VeUE)

为了便于管理，我们将每个单元特有的数据类型放到各自单元的VeUE视图下，即GTT单元、RRM单元、TMC单元、WT单元下的VeUE定义了车辆类型在该单元中的视图，同时该视图也就是该单元可供给其他单元使用的数据成员或者成员方法的视图

另外由于GTT单元与RRM单元均有着不同的实现，例如GTT单元分为高速场景与城镇场景，RRM单元又分为TDM\_DRA、ICC\_DRA以及RR模式，这些特定类的实现又需要额外的数据成员或者成员函数辅助。我们通过继承机制来解决这一问题，即Urban(Highway)视图下的VeUE继承自GTT单元视图下的VeUE，ICC\_DRA(RR、TDM\_DRA)视图下的VeUE继承自RRM单元视图下的VeUE，继承类可以额外定义该继承类实现所特有的数据成员或者成员方法，这些额外的部分对于其他单元来说都是不可见的，因为对于其他单元来说，能看见的视图仅仅只到基类，而无法看见其具体实现的视图，也不用关心其他单元具体是用什么方式实现的



图 3‑2 车辆类的层级模型

### RSU的层级结构

与VeUE类型相同，RSU也采取了同样的分层结构，RSU的分层结构如图 3‑3所示，其中系统System视图下的RSU视图仅用于为各个单元的RSU类之间通信提供了一个上层的媒介(例如RRM单元需要使用到GTT单元视图下的RSU，即需要使用某一个数据成员，需要先转到System视图下的RSU，然后再转到GTT单元的RSU)

为了便于管理，我们将每个单元特有的数据类型和方法放到各自单元的RSU视图下，即GTT单元、RRM单元、TMC单元、WT单元下的RSU定义了RSU在该单元中的视图，同时该视图也就是该单元可供给其他单元使用的数据成员或者成员方法的视图

另外由于GTT单元与RRM单元均有着不同的实现，例如GTT单元分为高速场景与城镇场景，RRM单元又分为TDM\_DRA、ICC\_DRA以及RR模式，这些特定类的实现又需要额外的数据成员或者成员函数辅助。我们通过继承机制来解决这一问题，即Urban(Highway)视图下的RSU继承自GTT单元视图下的RSU，ICC\_DRA(RR、TDM\_DRA)视图下的VeUE继承自RRM单元视图下的RSU，继承类可以额外定义该继承类实现所特有的数据成员或者成员方法，这些额外的部分对于其他单元来说都是不可见的，因为对于其他单元来说，能看见的视图仅仅只到基类，而无法看见其具体实现的视图，也不用关心其他单元具体是用什么方式实现的



图 3‑3 RSU类的层级模型

## 控制单元

LTEV2X仿真平台采用了分层的设计模式，控制单元，即系统类(System)里面包含了最基本的全局配置信息，包括仿真时间，地理位置更新周期，日志文件控制等部分，该单元包含了指向其余四个单元的指针，分别是m\_GTTPoint、m\_RRMPoint、m\_TMCPoint、m\_WTPoint。

控制单元负责进行仿真平台的总体流程，对应的方法签名为void process()，控制单元本身并不负责具体的操作，而仅仅决定在何时调用哪个单元进行处理，实际的操作都由其余四个单元完成

### 模块之间通信方式

在LTEV2X仿真平台的设计之初，我们就依据仿真平台的功能，将仿真平台划分为4个不同的单元，即地理拓扑与传输单元，无线资源管理单元，无线传输单元，业务模型与控制单元。我们尽量地独立化各个单元，减少单元之间的功能耦合，但是各个单元不可避免得还是存在少部分交互，例如RRM单元中会调用GTT单元来计算干扰以及调用WT单元来计算SINR等。仿真平台的单元层级结构如图 3‑4所示

首先System类包含了各个单元，即含有各个单元的指针，然后每个单元又可以向上转到System，即含有System的指针，因此单元之间的相互通信必须首先通过System来进行，这种结构会比各个单元相互包含来的更加简单与清晰



图 3‑4 各单元层级结构

## 地理拓扑与传输单元

LTE-V2X的地理拓扑和传播功能是系统级仿真中最基础的功能部分，其他模块都是基于在地理拓扑和传输的设定场景上再做相应的仿真。考虑到选用3A和3B的场景方案，根据36.885协议中定义，在系统仿真的地理拓扑和传播功能的设计中需要加上基站。因而，仿真场景的选取选用叠加有基站的城区道路和高速公路两种，并依据协议选用相应的信道模型。LTE-V2X的地理拓扑和传播功能依据36.885协议中定义，我们设计了相应的模块包括仿真场景、撒点模型、运动模型、信道模型和信道更新5个部分，各个模块的相互关系如图 3‑5所示。



图 3‑5 地理拓扑与传输流程图

LTE-V2X的地理拓扑和传播功能流程设计如图 3‑6所示。



图 3‑6 地理拓扑和传播功能流程设计图

## 无线传输单元

无线传输单元在LTEV2X仿真平台中对应的类型为WT

### 载干比计算

平台仿真中的载干比计算根据不同的上下行情况选择不同的载干比计算方式。载干比计算方式有MRC检测；SBFC；MMSE检测

根据36.885协议的规定，车辆与RSU天线分布均为1发2收的，因此采用MRC检测

### L2S接口

对于LTE-V2X系统，不同UE有不同的SINR。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，见图 3‑7。



图 3‑7 L2S接口示意图

## 无线资源管理单元

无线资源管理单元在LTEV2X对应的基类类型为RRM，无线资源管理单元包含了三个不同的实现，分别是RRM\_TDM\_DRA、RRM\_ICC\_DRA与RRM\_RR

### RRM\_TDM\_DRA

RRM\_TDM\_DRA对于无线资源的规划如下

1. 每一个RSU构成一个调度单元，不同RSU间时频复用
2. 对于一个RSU，按照地理位置进行分簇，并对每个簇分配可调度时间，即对于某一个特定时刻而言，该RSU内仅能有一个簇可以进行传输，其余簇都处于等待状态
3. 对于频域资源，我们按照消息类型，即紧急事件、周期事件、数据业务事件进行划分，不同的事件占用不同的频段，其中紧急事件不受上一步骤的时域分配影响，在任何时候都可以进行接入，而无需等到该簇所分配的时隙

以下是RRM\_RDM\_DRA的仿真流程图



图 3‑8 RRM\_TDM\_DRA流程图

### RRM\_RR

RRM\_RR采用的是轮询调度的方式，具体的无线资源规划如下

1. 每一个RSU构成一个调度单元，不同RSU间时频复用
2. 对于一个RSU，按照地理位置进行分簇，不同簇之间时频复用

RRM\_RR的仿真流程示意图如下



图 3‑9 RRM\_RR流程图

### RRM\_ICC\_DRA

RRM\_ICC\_DRA具体的无线资源规划如下

1. 每一个RSU构成一个调度单元，不同RSU间时频复用
2. 对于一个RSU，按照地理位置进行分簇，不同簇之间时频复用

RRM\_ICC\_DRA的仿真流程示意图如下，区别于RRM\_TDM\_DRA方式，RRM\_ICC\_DRA对于不同簇不再进行时域的划分，即各个簇之间是可以同时传输的，提高了资源复用效率，但是由于簇间干扰增大，会导致SINR降低



图 3‑10 RRM\_ICC\_DRA流程图

## 业务模型与控制单元

业务模型与控制单元主要包括以下几个功能：车辆业务模型的确定(包括紧急事件、周期事件、数据业务事件)；事件列表的生成，更新与维护；仿真结束后的数据统计(时延信息，吞吐量统计，丢包率统计)；日志信息的输出(以事件为单位的格式化日志输出)

该单元在LTEV2X仿真平台中对应的类型为TMC(Traffic Model and Control)模块

# 数据结构

LTE-VEX仿真平台中根据仿真需要定义了很多数据类型，包括总控制类System，车辆类型VeUE，基站类eNB，路边单元类RSU等。

## 命名规则

变量名的命名，大体原则上，遵循骆驼命名法，即用混合大小写的单词来构成名字，单词要指明变量的用途，便于整个小组成员对变量的使用。

表格 4‑1缩写含义表

|  |  |
| --- | --- |
| 缩写 | 全称 |
| s\_ | static |
| m\_ | member |

### Class成员变量命名规则

1. 静态成员以“s\_”开头，若为常量，则单词所有字母大写，单词之间以下划线分割，例如s\_PACKAGE\_NUM
2. 以“m\_”开头，以表示类内成员变量（由于在类内成员函数实现时，会定义大量的临时变量，命名可能比较相似，“m\_”前缀便于我们直接定位成员变量）。
3. 用混合大小写的单词来构成成员变量名字，所有单词首字母大写，缩写保持不变。

### 成员函数命名规则

1. 使用混合大小写的单词来构成成员函数名字。
2. 第一个单词首字母小写，其余单词首字母大写，缩写保持不变。

# 一致性论证

LTE-V2X仿真平台的场景模型参照3GPP36.885[1]协议中的场景部分进行设计，详见2.1.1、2.1.2；其参数严格参照协议中的要求进行配置，详见2.2.1、2.2.2。符合了仿真平台与协议的一致性的要求。

LTE-V2X仿真平台的系统设计根据3GPP36.885[1]协议中的描述，大致分成五个单元，分别是控制单元；地理拓扑与传输单元；无线传输单元；无线资源管理单元和业务模型与控制单元，详见3。符合了仿真平台与协议的一致性要求。

LTE-V2X仿真平台中的类型，数据结构参照3GPP36.885[1]协议中关于这部分的描述进行设计，同时采用了协议中所给出的名称对数据以及类型进行命名，详见4.1。符合仿真平台与协议的一致性要求。

综上所述，该LTE-V2X仿真平台与3GPP36.885协议符合一致性要求。

# 参考文献

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

# 附录A 修改历史

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 修改历史 | | | | |
| 日期 | 姓名 | 备注 | 旧版本号 | 新版本号 |
| 2016.6.4 | 贺辰枫、刘琨、饶鑫 | 起草 |  | 1.1 |
| 2016.12.7 | 贺辰枫 | 修改 | 1.1 | 2.1 |