

实验三 利用NS3部署LTE网络

051720205 岳雨涵 1617101班

实验三 利用NS3部署LTE网络

- 1 实验要求
- 2 实验环境
- 3 实验基础原理理解
 - 3.1 LTE网络
 - 3.2 RSRP
 - 3.3 SINR
 - 3.4 A1/A2/A3/A4事件
- 4 实验过程
 - 4.1 官方文档
 - 4.2 实验过程记录
 - 4.2.1 全局变量
 - 4.2.2 配置LTE参数
 - 4.2.3 传递配置参数到仿真中
 - 4.2.4 绘制REM图
- 5 部分源码

1 实验要求

部署的LTE网络应满足如下参数：

参数	值
小区拓扑	正六边形，7个小区，21个扇区，基站间距500m
天线高度	32m
天线波束宽度	70°
天线最大衰减	25dB
基站发射功率	46dBm
路径损耗模型	$128.1 + 37.6 \log_{10} R$, where R in km
用户设备高度	1.5m
系统带宽	20 MHz (10 MHz downlink/10 MHz uplink)
基站调度方法	Round Robin

在仿真完成后，应绘制无线环境地图(REM图)。

2 实验环境

操作系统：Linux Ubuntu

网络模拟器：NS3

无线环境地图绘制：gnuplot

3 实验基础原理理解

3.1 LTE网络

LTE其实和平时我们熟知的GSM、CDMA、GPRS、EDGE等一样，都是一种网络制式。LTE（Long Term Evolution，长期演进）项目是3G的演进，但LTE并非人们普遍误解的4G技术，而是3G与4G技术之间的一个过渡。

3.2 RSRP

RSRP (Reference Signal Receiving Power，参考信号接收功率) 是LTE网络中可以代表无线信号强度的关键参数以及物理层测量需求之一，是在某个符号内承载参考信号的所有RE(资源粒子)上接收到的信号功率的平均值。通俗得理解，RSRP的功率值 代表了每个子载波的功率值，用处和规范都等同于WCDMA中的RSCP (Received Signal Code Power) 接收信号码功率。

3.3 SINR

SINR：信号与干扰加噪声比（Signal to Interference plus Noise Ratio）是指接收到的有用信号的强度与接收到的干扰信号（噪声和干扰）的强度的比值；可以简单的理解为“信噪比”。

3.4 A1/A2/A3/A4事件

为了理解命令行中 `ns3::LteHelper::HandoverAlgorithm=ns3::NoOpHandoverAlgorithm` 下的 `ns3::NoOpHandoverAlgorithm/:A3RsrpHandoverAlgorithm/:A2A4RsrqHandoverAlgorithm` 是什么意思，我查询了相关资料理解A1-A4事件。

转自：<https://baike.1688.com/doc/view-d40621976.html>

LTE切换时需要UE上报测量的结果（包括RSRP，RSRQ等），而上报又分为周期性上报和事件触发的上报。周期性上报由基站配置，UE直接上报测量的结果。事件触发的上报又分为同频系统的事件和不同系统间的事件：同频切换报告事件包括：

- 1.事件A1，服务小区好于绝对门限；这个事件可以用来关闭某些小区间的测量。
- 2.事件A2，服务小区差于绝对门限；这个事件可以用来开启某些小区间的测量，因为这个事件发生后可能发生切换等操作。
- 3.事件A3，邻小区好于服务小区；这个事件发生可以用来决定UE是否切换到邻小区。
- 4.事件A4，邻小区好于绝对门限；
- 5.事件A5，服务小区差于一个绝对门限并且邻小区好于一个绝对门限；这个事件也可以用来支持切换

4 实验过程

4.1 官方文档

官方文档：<https://www.nsnam.org/docs/models/html/lte-user.html>

根据文档，我学习了LTE的概述、如何配置LTE模型参数，如何绘制REM图，以及最后配置好参数模拟出了本实验要求中的LTE网络.具体的实验过程如下。

4.2 实验过程记录

4.2.1 全局变量

路径 `src/lte/examples/` 包含一些示例仿真程序，这些例子表明如何仿真不同的LTE场景，其中，示例程序 `src/lte/examples/lena-dual-stripe.cc` 就可以模拟出我们实验要求中的LTE网络。该示例程序的特点是有许多可配置参数，可以通过修改相关的全局变量来自定义。可以使用 `./waf --run lena-dual-stripe --command-template="%s --PrintGlobals"` 命令来获取所有这些全局变量的列表.下图为输入命令后得到的部分全局变量。

```
root@ubuntu:/home/yuhan/tarballs/ns-allinone-3.25/ns-3.25# ./waf --run lena-dual-stripe --command-template="%s --PrintGlobals"
Waf: Entering directory `/home/yuhan/tarballs/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
Waf: Leaving directory `/home/yuhan/tarballs/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (2.373s)
Global values:
  --ChecksumEnabled=[false]
    A global switch to enable all checksums for all protocols
  --RngRun=[1]
    The run number used to modify the global seed
  --RngSeed=[1]
    The global seed of all rng streams
  --SchedulerType=[ns3::MapScheduler]
    The object class to use as the scheduler implementation
  --SimulatorImplementationType=[ns3::DefaultSimulatorImpl]
    The object class to use as the simulator implementation
  --areaMarginFactor=[0.5]
    how much the UE area extends outside the macrocell grid, expressed as fraction of the interSiteDistance
  --epc=[false]
    If true, will setup the EPC to simulate an end-to-end topology, with real IP applications over PDCP and RLC UM (or RLC AM by changing the default value of EpsBearerToRlcMapping e.g. to RLC_AM_ALWAYS). If false, only the LTE radio access will be simulated with RLC SM.
  --epcDl=[true]
    if true, will activate data flows in the downlink when EPC is being used. If false, downlink flows won't be activated. If EPC is not used, this parameter will be ignored.
  --epcUl=[true]
    if true, will activate data flows in the uplink when EPC is being used.
```

```

    bandwidth [num RBs] used by HeNBs
--homeEnbDeploymentRatio=[0.2]
    The HeNB deployment ratio as per 3GPP R4-092042
--homeEnbDLEarfcn=[100]
    DL EARFCN used by HeNBs
--homeEnbTxPowerDbm=[20]
    TX power [dBm] used by HeNBs
--homeUesHomeEnbRatio=[1]
    How many (on average) home UEs per HeNB there are in the simulation
--interSiteDistance=[500]
    min distance between two nearby macro cell sites
--macroEnbBandwidth=[25]
    bandwidth [num RBs] used by macro eNBs
--macroEnbDLEarfcn=[100]
    DL EARFCN used by macro eNBs
--macroEnbTxPowerDbm=[46]
    TX power [dBm] used by macro eNBs
--macroUeDensity=[2e-05]
    How many macrocell UEs there are per square meter
--nApartmentsX=[10]
    Number of apartments along the X axis in a femtocell block
--nBlocks=[1]
    Number of femtocell blocks
--nFloors=[1]
    Number of floors
--nMacroEnbSites=[3]
    How many macro sites there are
--nMacroEnbSitesX=[1]
    (minimum) number of sites along the X-axis of the hex grid
--numBearersPerUe=[1]
    How many bearers per UE there are in the simulation
--outdoorUeMaxSpeed=[0]
    Maximum speed value of macor UE with random waypoint model [m/s].

```

4.2.2 配置LTE参数

然后我们必须配置程序的参数来满足我们的仿真需求。下图表格表示我们如何配置参数，使满足实验要求。

lena-dual-stripe parameter configuration for handover campaign

Parameter name	Value	Description
simTime	50	50 seconds simulation duration
nBlocks	0	Disabling apartment buildings and femtocells
nMacroEnbSites	7	Number of macrocell sites (each site has 3 cells)
nMacroEnbSitesX	2	The macrocell sites will be positioned in a 2-3-2 formation
interSiteDistance	500	500 m distance between adjacent macrocell sites
macroEnbTxPowerDbm	46	46 dBm Tx power for each macrocell
epc	1	Enable EPC mode
epcDI	1	Enable full-buffer DL traffic
epcUI	1	Enable full-buffer UL traffic
useUdp	0	Disable UDP traffic and enable TCP instead
macroUeDensity	0.00002	Determines number of UEs (translates to 48 UEs in our simulation)
outdoorUeMinSpeed	16.6667	Minimum UE movement speed in m/s (60 kmph)
outdoorUeMaxSpeed	16.6667	Maximum UE movement speed in m/s (60 kmph)
macroEnbBandwidth	25	5 MHz DL and UL bandwidth
generateRem	1	(Optional) For plotting the Radio Environment Map

需要注意的是要进行配置主要是 `nMacroAEnbSites`, `nMacroEnbSiteX`, `interSiteDistance`, `macroEnbTxPowerDbm` 四个参数，其他参数都可使用default值就可满足实验要求。

4.2.3 传递配置参数到仿真中

当开始每个单独的仿真时，我们通过附加参数及其值到 waf 调用中来实现。因此，在本次实验中，我们分别进行如下命令行的运行：

```
$ ./waf --run="lena-dual-stripe
--simTime=50 --nBlocks=0 --nMacroEnbSites=7 --nMacroEnbSitesX=2
--epc=1 --useUdp=0 --outdoorUeMinSpeed=16.6667 --outdoorUeMaxSpeed=16.6667
--ns3::LteHelper::HandoverAlgorithm=ns3::NoOpHandoverAlgorithm
--ns3::RadioBearerStatsCalculator::DlRlcOutputFilename=no-op-DlRlcStats.txt
--ns3::RadioBearerStatsCalculator::UlRlcOutputFilename=no-op-UlRlcStats.txt
--ns3::PhyStatsCalculator::DlRsrpSinrFilename=no-op-DlRsrpSinrStats.txt
--ns3::PhyStatsCalculator::UlSinrFilename=no-op-UlSinrStats.txt
--RngRun=1" > no-op.txt

$ ./waf --run="lena-dual-stripe
--simTime=50 --nBlocks=0 --nMacroEnbSites=7 --nMacroEnbSitesX=2
--epc=1 --useUdp=0 --outdoorUeMinSpeed=16.6667 --outdoorUeMaxSpeed=16.6667
--ns3::LteHelper::HandoverAlgorithm=ns3::A3RsrpHandoverAlgorithm
--ns3::RadioBearerStatsCalculator::DlRlcOutputFilename=a3-rsrp-DlRlcStats.txt
--ns3::RadioBearerStatsCalculator::UlRlcOutputFilename=a3-rsrp-UlRlcStats.txt
--ns3::PhyStatsCalculator::DlRsrpSinrFilename=a3-rsrp-DlRsrpSinrStats.txt
--ns3::PhyStatsCalculator::UlSinrFilename=a3-rsrp-UlSinrStats.txt
--RngRun=1" > a3-rsrp.txt

$ ./waf --run="lena-dual-stripe
--simTime=50 --nBlocks=0 --nMacroEnbSites=7 --nMacroEnbSitesX=2
--epc=1 --useUdp=0 --outdoorUeMinSpeed=16.6667 --outdoorUeMaxSpeed=16.6667
--ns3::LteHelper::HandoverAlgorithm=ns3::A2A4RsrqHandoverAlgorithm
--ns3::RadioBearerStatsCalculator::DlRlcOutputFilename=a2-a4-rsrq-
DlRlcStats.txt
--ns3::RadioBearerStatsCalculator::UlRlcOutputFilename=a2-a4-rsrq-
UlRlcStats.txt
--ns3::PhyStatsCalculator::DlRsrpSinrFilename=a2-a4-rsrq-DlRsrpSinrStats.txt
--ns3::PhyStatsCalculator::UlSinrFilename=a2-a4-rsrq-UlSinrStats.txt
--RngRun=1" > a2-a4-rsrq.txt
```

编译时间较长，大约为40min左右。耐心等待后，可以看到 ns-3.25 文件夹下新生成的文件 no-op-DlRlcStats.txt 和 no-op-UlRlcStats.txt。另外两份文件由于实验四计算RSRP等才需要用到，在这里不做提及。

需要注意的是，由于要绘制出REM图，所以应该在命令行末尾加上生成仿真REM的参数 --generateRem=1。

4.2.4 绘制REM图

首先在 ./waf 同级文件夹下编写绘制REM的gnuplot脚本，命名为 my_plot_script。

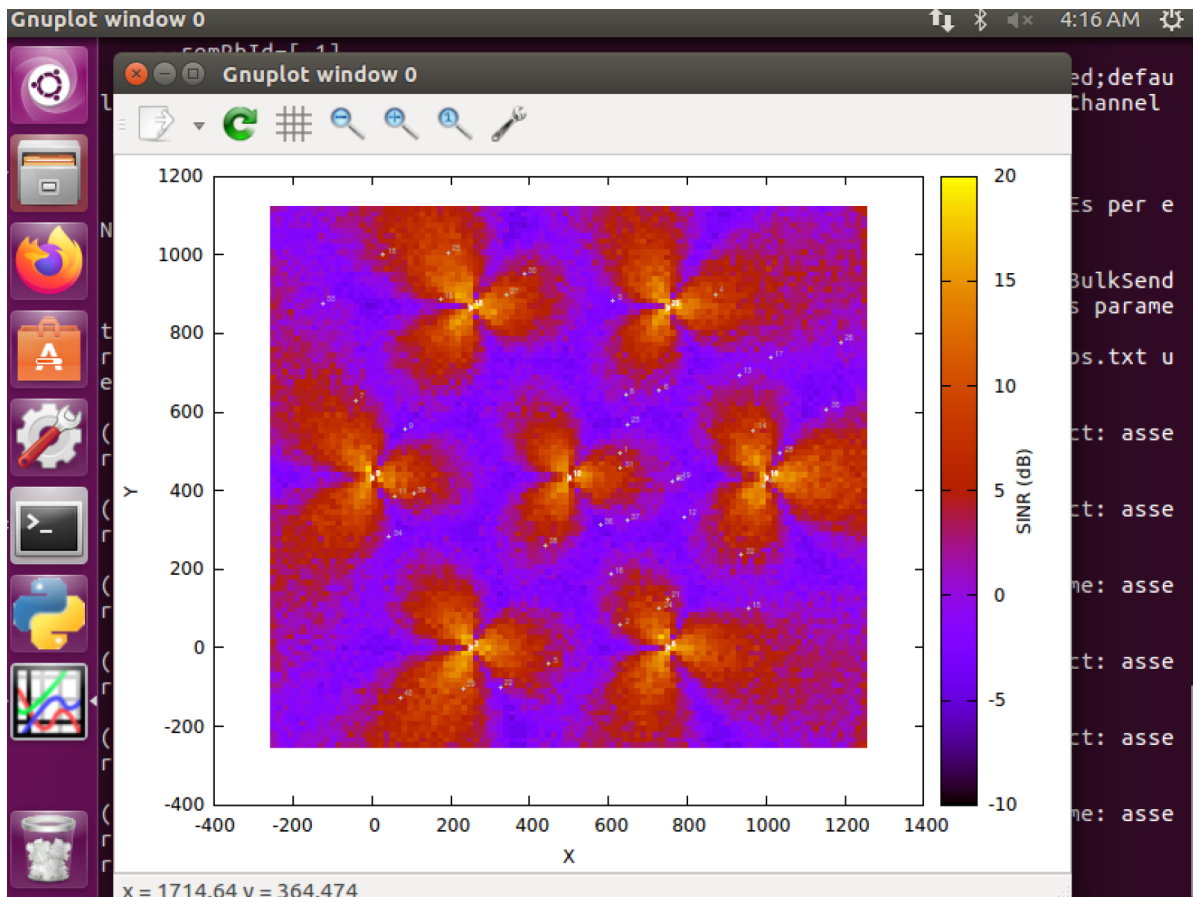
```

set view map;
set xlabel "X"
set ylabel "Y"
set cblabel "SINR (dB)"
unset key
plot "lena-dual-stripe.rem" using ($1):($2):(10*log10($4)) with image

```

lena-dual-stripe 示例程序也会生成 `gnuplot-compatible` 输出文件，包含用户与基站节点以及建筑物的位置信息，分别为文件 `ues.txt`、`enbs.txt` 和 `buildings.txt`。使用 `gnuplot` 时，这些可以很容易包含在内。

最后运行 `gnuplot -p enbs.txt ues.txt buildings.txt my_plot_script` 得到绘制出的REM图。



5 部分源码

完整源码见打包文件夹。

```

/* 参数配置PART */

//site数量
static ns3::GlobalValue g_MacroEnbSites ("nMacroEnbSites",
                                          "How many macro sites there are",
                                          ns3::UintegerValue (7),
                                          ns3::MakeUintegerChecker<uint32_t>
());
//正六边形2-3-2 排列
static ns3::GlobalValue g_MacroEnbSitesX ("nMacroEnbSitesX",
                                           "(minimum) number of sites along the
x-axis of the hex grid",

```

```

ns3::UintegerValue (2),
ns3::MakeUintegerChecker<uint32_t>

());
//基站间距
static ns3::GlobalValue g_interSiteDistance ("interSiteDistance",
"min distance between two nearby
macro cell sites",
ns3::DoubleValue (500),
ns3::MakeDoubleChecker<double> ());
static ns3::GlobalValue g_areaMarginFactor ("areaMarginFactor",
"how much the UE area extends outside
the macrocell grid, "
"expressed as fraction of the
interSiteDistance",
ns3::DoubleValue (0.5),
ns3::MakeDoubleChecker<double> ());
static ns3::GlobalValue g_macroUeDensity ("macroUeDensity",
"How many macrocell UEs there are per
square meter",
ns3::DoubleValue (0.00002),
ns3::MakeDoubleChecker<double> ());
static ns3::GlobalValue g_homeEnbDeploymentRatio ("homeEnbDeploymentRatio",
"The HeNB deployment ratio as
per 3GPP R4-092042",
ns3::DoubleValue (0.2),
ns3::MakeDoubleChecker<double>

());
static ns3::GlobalValue g_homeEnbActivationRatio ("homeEnbActivationRatio",
"The HeNB activation ratio as
per 3GPP R4-092042",
ns3::DoubleValue (0.5),
ns3::MakeDoubleChecker<double>

());
static ns3::GlobalValue g_homeUesHomeEnbRatio ("homeUesHomeEnbRatio",
"How many (on average) home UEs
per HeNB there are in the simulation",
ns3::DoubleValue (1.0),
ns3::MakeDoubleChecker<double>

());
//基站发射功率
static ns3::GlobalValue g_macroEnbTxPowerDbm ("macroEnbTxPowerDbm",
"TX power [dBm] used by macro eNBs",
ns3::DoubleValue (46.0),

```

```

/* REM文件生成PART */

```

```

Ptr<RadioEnvironmentMapHelper> remHelper;
if (generateRem)
{
    PrintGnuplottableBuildingListToFile ("buildings.txt");
    PrintGnuplottableEnbListToFile ("enbs.txt");
    PrintGnuplottableUeListToFile ("ues.txt");

    remHelper = CreateObject<RadioEnvironmentMapHelper> ();
    remHelper->SetAttribute ("ChannelPath", StringValue ("/ChannelList/0"));
}

```

```
remHelper->SetAttribute ("OutputFile", StringValue ("lena-dual-
stripe.rem"));
remHelper->SetAttribute ("XMin", DoubleValue (macroUeBox.xMin));
remHelper->SetAttribute ("XMax", DoubleValue (macroUeBox.xMax));
remHelper->SetAttribute ("YMin", DoubleValue (macroUeBox.yMin));
remHelper->SetAttribute ("YMax", DoubleValue (macroUeBox.yMax));
remHelper->SetAttribute ("Z", DoubleValue (1.5)); //用户高度

if (remRbId >= 0)
{
    remHelper->SetAttribute ("UseDataChannel", BooleanValue (true));
    remHelper->SetAttribute ("RbId", IntegerValue (remRbId));
}

remHelper->Install ();
// simulation will stop right after the REM has been generated
}
else
{
    Simulator::Stop (Seconds (simTime));
}
```