

产品 production	RIC Traffic Steering Case
版本号 version	v1.0.0
密级 secret level	机密

## 产品名称

# 基于 RIC 的负载均衡方案设计

作者：彭红燕

审核：XXX

批准：XXX

文件编号	F00XXXDA
项目编号	HKXXXXXX
电子文件名	F00XXXDA-系统总体说明_软件-模板
发布日期	2020 年 6 月 10 日

联想集团（CNBU）

## 修订记录

日期	作者	审核	修订说明	备注
2020.06.10	彭红燕		初稿	
2020.11.02	彭红燕			

Lenovo Confidential

# 目 录

1. 概述.....	4
1.1 背景介绍.....	4
1.2 参考文档.....	4
1.3 术语与缩写解释.....	4
2. 总体设计.....	5
2.1 RIC 总体架构 .....	5
2.2 基于 NON-RT RIC 的负载均衡 .....	6
2.3 基于 NEAR-RT RIC 的负载均衡过程概述 .....	7
3. 基于 NEAR-RT RIC 的负载均衡算法 .....	8
3.1 基于负载均衡的信息配置与上报.....	8
3.2 负载均衡.....	15
3.3 负载均衡性能反馈过程.....	19
4. E2 接口流程设计.....	20
4.1 E2 建立过程.....	20
4.2 RIC 服务更新过程 .....	20
4.3 RIC 订阅与取消订阅过程 .....	21
4.4 RIC 指示 .....	21
4.5 RIC 控制 .....	22
5. 负载均衡相关参数列表.....	22

## 1. 概述

### 1.1 背景介绍

流量引导（Traffic Steering, TS）作为移动负载均衡技术的一个发展方向，广泛应用于基于期望的流量优化分配方案。随着网络容量和流量的不断增加，移动网络变得越来越复杂，如何有效地引导流量，提高用户体验，将是一个巨大的挑战。

传统的网络流量控制优化存在两个问题，一是需要大量的人工干预，低效、被动，响应慢；二是传统的无线资源管理（Radio Resource Management, RRM）都是以小区为中心，即对于小区里的所有 UE 采取相同的策略。然而，对于同一个小区不同地方的 UE，其无线环境（邻区覆盖、信号强度、干扰等）和业务 QoS 可能不同，如果对所有 UE 一视同仁，可能影响用户体验。

O-RAN 系统架构大大提高了网络的灵活性，为 RAN 自动化配置提供了可能性。首先，RAN 人工智能不仅可以减少人工干预，节省运营成本（Operating Expense, OPEX），有效避免人为错误，还能快速响应并有效处理流量控制问题。其次，通过对网络状况和 UE 性能的预测，RAN 人工智能可主动向 UE 提供以 UE 为中心的性能优化，大大提高用户体验。最后，RAN 人工智能训练模型通过机器学习，可适应不同的场景，更好地支持垂直行业的应用，为营运商的业务发展提供更有力的保障。

为了实现基于 RIC（RAN Intelligent Controller, RAN 智能控制器）的智能化的、主动的负载控制，O-RAN、Non-RT RIC 和 Near-RT RIC 需要做到：1）Near-RT RIC 和 Non-RT RIC 支持 AI/ML 学习；2）O-RAN 支持向 Near-RT RIC 和 Non-RT RIC 上报负载状态和 UE 网络环境等信息；3）Near-RT RIC 系统支持向 O-RAN 提供智能化的配置，负载均衡策略/命令。

### 1.2 参考文档

- [1] ORAN-WG3.RICARCH-v01.00
- [2] O-RAN Working Group 3, Near-Real-time RAN Intelligent Controller, Architecture & E2 General Aspects and Principles
- [3] O-RAN Working Group 3, Near-Real-time RAN Intelligent Controller, E2 Application Protocol
- [4] 《E2AP 接口设计方案》

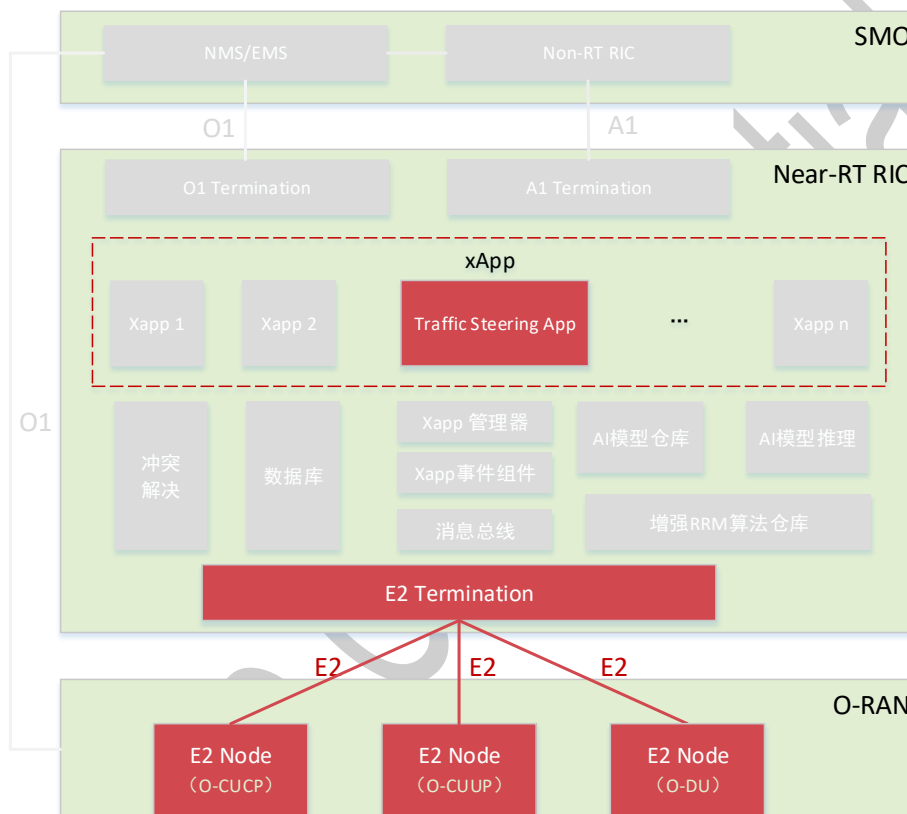
### 1.3 术语与缩写解释

缩写、术语	解 释
Near-RT RIC	Near-Real-Time RAN Intelligent Controller, 实时 RAN 智能控制器
NMS/EMS	Network Management System/Element Management System
Non-RT RIC	Non-Real-Time RAN Intelligent Controller, 非实时 RAN 智能控制器
O-RAN	Open RAN

RIC	RAN Intelligent Controller, RAN 智能控制器
SMO	Service Management and Orchestra, 服务管理和编排

## 2. 总体设计

### 2.1 RIC 总体架构



基于 RIC 的负载均衡方案可分为非实时的负载均衡控制和实时的负载均衡流程控制。

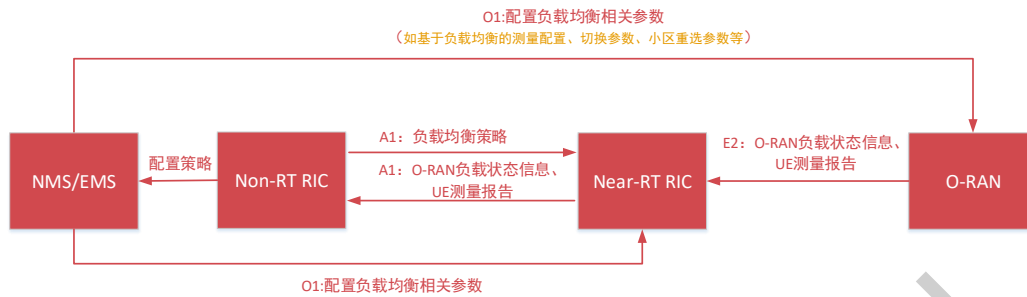
Traffic Steering App 为负载均衡 App，主要负责 O-RAN 的负载控制，包括配置 O-RAN 负载状态监控信息和 UE 测量配置，下发负载均衡策略等。

A1 是 Non-RT RIC 与 Near-RT RIC 之间的接口，Non-RT RIC 通过 A1 接口向 Near-RT RIC 下发负载均衡策略和负载均衡 AI 模型，并接收负载均衡后的性能反馈。

O1 是 Near-RT RIC、O-RAN 与网管（NMS/EMS）之间的接口，网管可根据 Non-RT RIC 机器学习结果向 Near-RT RIC 和 O-RAN 提供智能化的配置，如同一个地区的不同时段其网络拥塞状态不同，Non-RT RIC 根据机器学习结果在不同时间段向网管提供不同的配置策略，驱动网管向 Near-RT RIC 和 O-RAN 配置不同的负载均衡相关参数。

E2 是 Near-RT RIC 和 O-RAN 之间的接口，负责 Near-RT RIC 与 O-RAN 之间的信令传输。

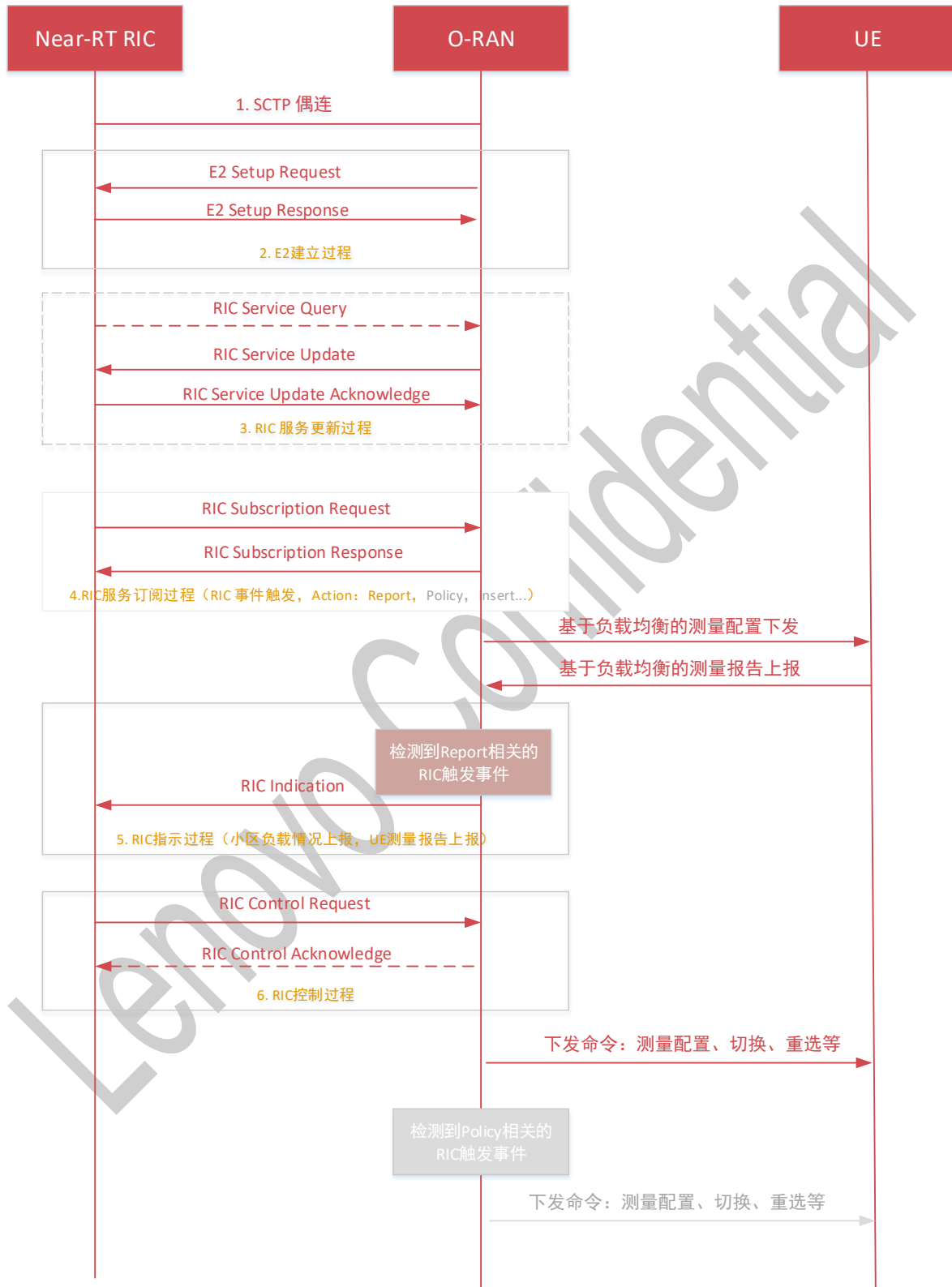
## 2.2 基于 Non-RT RIC 的负载均衡



基于 Non-RT RIC 的负载均衡技术主要体现在，Non-RT RIC 以 O-RAN 周期性上报的负载状态信息和 UE 测量报告作为机器学习的原料，使其具有对网络状态和 UE 网络环境的预测能力，进而可智能化配置 Near-RT RIC 和 O-RAN 负载均衡相关参数，主动发起负载均衡过程，从而有效避免过载情况出现。

由于本阶段不支持 Non-RT RIC，因此不作详细说明。

## 2.3 基于 Near-RT RIC 的负载均衡过程概述



以下对基于 Near-RT RIC 的负载均衡过程做一个简要的描述。

**Step1:** O-RAN 与 Near-RT RIC 之间建立 SCTP 偶联。SCTP 建链与断链过程的详细描述见文

档《E2AP 接口设计方案》。

Step2: E2 建立过程。

- ① O-RAN 向 Near-RT RIC 发起 E2 连接建立请求消息,可能携带 E2 Node 开放的 RAN 能力信息;
- ② Near-RT RIC 向 O-RAN 回复 E2 连接建立响应消息。

Step3: RIC 服务更新过程。Step3 不是必须流程,可根据实际情况决定,详细见第 4 章节说明。

- ① Near-RT RIC 向 O-RAN 发起 RIC 服务查询消息。
- ② O-RAN 上 Near-RT RIC 上报开放的 RAN 能力信息。
- ③ Near-RT RIC 回复 RIC 服务更新确认消息,携带接收的 RAN 能力信息、拒绝的 RAN 能力信息。

Step4: RIC 服务订阅过程。

- ① Near-RT RIC 根据 O-RAN 上报的 O-RAN 能力,向 O-RAN 发起订阅请求消息,如周期性上报小区负载状态信息、事件性上报小区负载状态信息。
- ② O-RAN 向 Near-RT RIC 发送订阅响应。

Step5: RIC 指示过程。当 O-RAN 检测到满足 Report 事件触发条件时,向 Near-RT RIC 发送 RIC 指示消息。

Step6: RIC 控制过程。

- ① Near-RT RIC 向 O-RAN 发送控制请求,如 UE 切换。
- ② O-RAN 执行控制请求,并向 Near-RT RIC 返回控制确认消息。②为可选项,可根据具体控制请求决定是否返回控制确认消息。

注 1: Step4 和 Step5 有严格的先后顺序,只有先订阅,才会有 RIC 指示过程。Step6 可以出现在 Step2 后的任意位置,即 RIC 服务订阅与 RIC 控制过程没有明确的先后顺序,可根据 xApp 的实现策略决定。

注 2: RIC 原型基础版本的主要目的是打通 O-RAN 与 Near-RT RIC 的环路,因此,关于订阅的服务类型,在实现上只考虑 Report, Policy 暂不详细说明。

### 3. 基于 Near-RT RIC 的负载均衡算法

基于 Near-RT RIC 的负载均衡算法分为 3 个部分:基于负载均衡的信息配置与上报、负载均衡以及负载均衡性能反馈过程。

#### 3.1 基于负载均衡的信息配置与上报

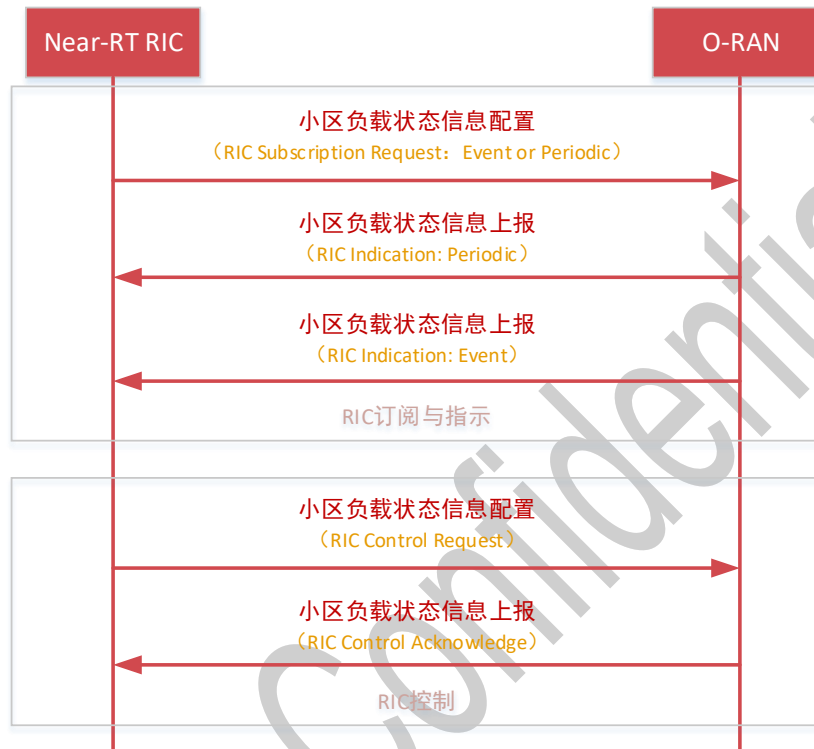
基于负载均衡的信息配置与上报过程,其主要目的是为了监控和统计 O-RAN 的负载状态和 UE 网络性能,以便于当系统过载时可快速地选取目标 UE 和目标小区进行迁移,或当预测到系统即将



过载时主动发起负载控制，避免过载情况出现。

基于负载均衡的配置和上报信息分为两种类型：小区级负载状态参数的配置与上报、UE 测量配置与上报。

### 3.1.1 小区级负载状态参数配置与上报



小区负载状态信息上报可由两种方式触发：RIC 订阅和 RIC 控制。

**RIC 订阅与指示：**Near-RT RIC 通过 RIC Subscription Request 消息向 O-RAN 发送监控小区负载状态信息的相关配置信息。O-RAN 通过 RIC Indication 消息向 Near-RT RIC 上报小区负载状态信息。

**RIC 控制：**Near-RT RIC 通过 RIC Control Request 消息向 O-RAN 获取小区负载状态信息的请求，O-RAN 通过 RIC Control Acknowledge 消息向 Near-RT RIC 上报小区负载状态。

#### (1) 小区负载状态信息配置

小区负载状态信息配置包括：上报类型（周期性上报，事件性上报）、周期性上报的时间间隔、事件性上报的触发条件、哪些小区需要上报、需要上报哪些负载状态信息等。

小区负载状态信息配置与 E2 接口消息（RIC Subscription Request）的 IE 映射表如下：

小区负载状态信息	IE	描述
上报类型	RIC Event Trigger Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.3 章节的 RIC Style Type。
周期性上报的时间间隔	RIC Event Trigger Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.3.2.1 章节。

事件性上报的触发条件	RIC Event Trigger Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.3.2.3、5.3.2.5、5.3.2.7 章节。
需要上报负载状态信息的小区	RIC Action Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.4.3 章节。
需要上报的负载状态信息	RIC Event Trigger Definition	O-RAN 需要上报的负载状态信息包含在 RIC Event Trigger Definition IE 的 Format 信息里。详细参考《E2AP 接口设计方案》5.3.2 章节。

小区负载状态信息配置与 E2 接口消息（RIC Control Request）的 IE 映射表如下：

小区负载状态信息	IE	描述
需要上报的负载状态信息	RIC Control Header	O-RAN 需要上报的负载状态信息包含在 RIC Control Header IE 的 RIC Style Type 信息里。详细参考《E2AP 接口设计方案》5.5.2 章节。
需要上报负载状态信息的小区	RIC Control Message	O-RAN 需要上报哪些小区的负载状态信息包含在 RIC Control Message IE 的 Format 1 信息里。详细参考《E2AP 接口设计方案》5.5.3 章节。

根据上述描述，小区负载状态信息上报方式分为周期性上报、事件性上报和一次性上报。

周期性上报的参数，一方面提供给 Non-RT RIC 和 Near-RT RIC 的 AI 模块，作为机器学习的输入，提高 RIC 对网络负载状况的预测能力；另一方面提供给负载均衡 App，用于负载均衡时目标小区的选择。当周期性上报时间间隔较短时，可认为负载均衡 App 掌握了 O-RAN 系统所有小区的实时负载状态，当过载出现时，无需再触发 O-RAN 系统负载状态上报，可直接为待迁移的 UE 选择目标小区，减少了信令开销和时延。

事件性触发上报的参数，一方面用于指示系统负载状态的变更，从而触发负载均衡 App 开始或停止负载均衡控制过程；另一方面，也给提供个 Non-RT RIC 和 Near-RT RIC 的 AI 模块，与负载均衡反馈结果一起作为机器学习的输入，提高负载均衡 App 对目标 UE 和目标小区的决策能力。

RIC 控制请求触发的上报为一次性上报，该方式通常用于 Near-RT RIC 检测到小区过载或预测到小区即将过载，而当前收集到的信息无法做出负载均衡策略时，使用该方式触发小区上报负载状态信息。

## （2）小区负载信息上报

小区负载状态信息包括：RRC\_CONNECTED 态的用户数（平均值、最大值、当前值）、PRB 使用率（上行、下行）、可用 PRB 数（上行、下行）、CPU 使用率等。

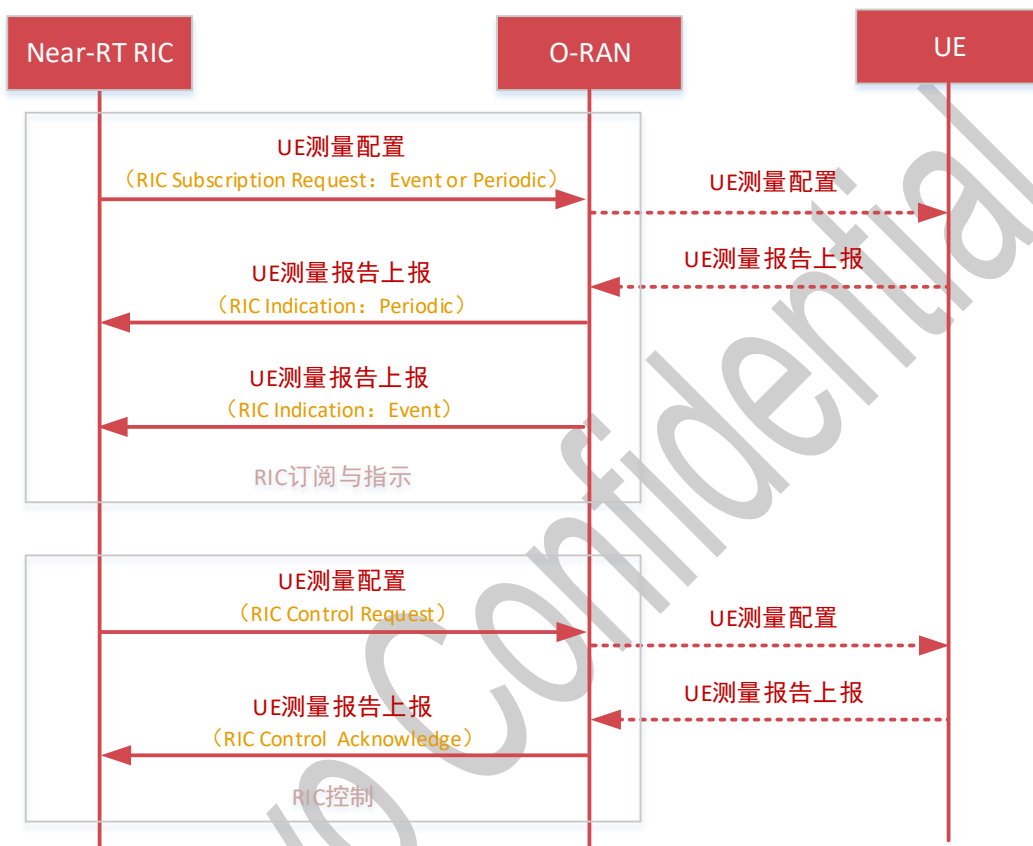
小区负载状态信息上报与 E2 接口消息（RIC Indication）的 IE 映射表如下：

小区负载状态信息	IE	描述
小区负载信息	RIC Indication Message	参考《E2AP 接口设计方案》5.4.5.1~5.4.5.3 章节。

小区负载状态信息上报与 E2 接口消息（RIC Control Acknowledge）的 IE 映射表如下：

小区负载状态信息	IE	描述
小区负载信息	RIC Control Outcome	参考《E2AP 接口设计方案》5.5.4.4~5.5.4.6 章节。

### 3.1.2 UE 测量配置与上报



UE 测量配置信息上报可由两种方式触发：RIC 订阅和 RIC 控制。

**RIC 订阅与指示：**Near-RT RIC 通过 RIC Subscription Request 消息向 O-RAN 发送 UE 测量报告上报的相关配置信息。O-RAN 通过 RIC Indication 消息向 Near-RT RIC 上报 UE 测量报告信息。

**RIC 控制：**Near-RT RIC 通过 RIC Control Request 消息向 O-RAN 获取 UE 测量报告的请求，O-RAN 通过 RIC Control Acknowledge 消息向 Near-RT RIC 上报 UE 测量报告。

#### (1) UE 测量配置

UE 测量配置包括：上报类型（周期性上报、事件性上报）、周期性上报的时间间隔、事件性上报的触发条件、哪些小区的哪些 UE 需要上报、需要上报哪些 UE 测量信息等。

UE 测量配置与 E2 接口消息（RIC Subscription Request）的 IE 映射表如下：

UE 测量配置	IE	描述
上报类型	RIC Event Trigger Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.3 章节的 RIC Style Type。

周期性上报的时间间隔	RIC Event Trigger Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.3.2.2 章节。
事件性上报的触发条件	RIC Event Trigger Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.3.2.4、5.3.2.6、5.3.2.8 章节。
需要上报 UE 测量报告的 UE	RIC Action Definition	参考《E2AP 接口设计方案》5.4.3 章节。
需要上报的负载状态信息	RIC Event Trigger Definition	O-RAN 需要上报的负载状态信息包含在 RIC Event Trigger Definition IE 的 Format 信息里。详细参考《E2AP 接口设计方案》5.3.2 章节。

UE 测量配置与 E2 接口消息（RIC Control Request）的 IE 映射表如下：

UE 测量配置	IE	描述
需要上报的 UE 测量信息	RIC Control Header	O-RAN 需要上报的负载状态信息包含在 RIC Control Header IE 的 RIC Style Type 信息里。详细参考《E2AP 接口设计方案》5.5.2 章节。
需要上报 UE 测量报告的 UE	RIC Control Message	O-RAN 需要上报哪些小区的负载状态信息包含在 RIC Control Message IE 的 Format 1、2 信息里。详细参考《E2AP 接口设计方案》5.5.3 章节。

根据上述描述，UE 测量信息上报方式分为周期性上报、事件性上报和一次性上报。

周期性上报的 UE 测量报告，主要提供给 Near-RT RIC 的 AI 模块，用于机器学习，提高 RIC 对 UE 网络性能的预估能力。在 Near-RT RIC 提供对 UE 网络性能的预估能力足够好的情况下，当过载发生时，负载均衡 App 可直接选择目标 UE 下发迁移命令，无需触发 UE 测量报告上报过程，减少了信令开销和时延。

事件性触发上报的 UE 测量报告，主要提供给 Near-RT RIC 的负载均衡 App 选取目标 UE 进行迁移。该方式通常用于 Near-RT RIC 模块检测或预测到系统即将过载时，使用该方式触发 UE 测量报告上报；当 Near-RT RIC 模块检测到系统不过载，取消事件性触发上报 UE 测量报告的订阅事件。

RIC 控制过程触发的上报为一次性上报，目的与事件性上报一样。不同的是，该方式只会上报一次。

## （2）UE 测量报告上报

UE 测量报告信息包括：基于 SSB 的 RSRP、RSRQ、SINR，基于 CSI-RS 的 RSRP、RSRQ、SINR，PRB 使用情况（上行、下行）、UE MAC Rate、下行吞吐量等，详细参考《E2AP 接口设计方案》8.4 章节。

UE 测量报告上报与 E2 接口消息（RIC Indication）的 IE 映射表如下：

UE 测量信息	IE	描述
UE 测量信息	RIC Indication Message	参考《E2AP 接口设计方案》5.4.5.4~5.4.5.6 章节。

小区负载状态信息上报与 E2 接口消息（RIC Control Acknowledge）的 IE 映射表如下：

小区负载状态信息	IE	描述
UE 测量信息	RIC Control Outcome	参考《E2AP 接口设计方案》5.5.4.7~5.5.4.9 章节。

### 3.1.3 周期性上报时间间隔设置

基于 Near-RT RIC 的负载均衡算法，相对于传统的负载均衡算法而言，最大的优势便是对网络负载状况和 UE 性能的可预测性。对于 Near-RT RIC 而言，小区负载状态和 UE 测量配置报告周期性上报的时间间隔越小，实时性越强，对网络负载状况和 UE 网络性能的预估能力则越强，负载均衡 App 的性能越好。相应的，UE 和 O-RAN 的信令开销也越多，能耗也越多。

为了在不影响负载均衡 App 性能的情况下，减少 UE 和 O-RAN 的信令开销，可基于负载状态设置周期性上报的时间间隔。

将不同的负载数据（如 PRB 占用率、用户数等）映射为不同的负载等级，负载等级高，表示过载越严重；反之。当负载状态改变时，触发基于事件性的小区负载状态上报。负载均衡 App 根据上报的负载等级，配置周期性上报时间间隔，负载等级越高，周期性上报时间间隔越小；反之。

#### （1）小区负载等级定义

为了简化算法，小区负载等级定义仅考虑三个参数：RRC 连接数利用率、上行 PRB 利用率、下行 PRB 利用率。

RRC 连接数占用率：

$$\text{RrcConnectionsRatio} = \frac{\text{NumberOfRrcConnections}}{\text{NumberOfSupportedRrcConnections}}$$

小区负载等级定义如下所示：（暂定）

小区负载等级	RRC 连接数占用率	小区 PRB 占用率（DL/UL）
1	<35%	<35%
2	[35%, 45%)	[35%, 45%)
3	[45%, 55%)	[45%, 55%)
4	[55%, 65%)	[55%, 65%)
5	[65%, 75%)	[65%, 75%)
6	[75%, 85%)	[75%, 85%)
7	[85%, 95%)	[85%, 95%)
8	大于 95%	大于 95%

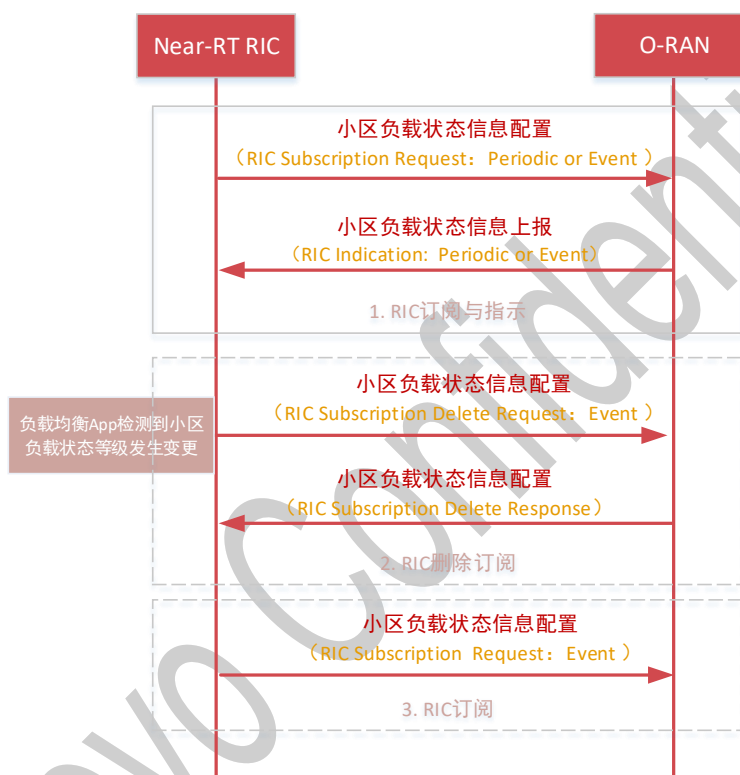
#### （2）小区负载等级与周期性上报时间间隔映射表（暂定，后续可根据实际情况调整）

小区负载等级	小区负载状态上报时间间隔（ms）	UE 测量报告上报时间间隔（ms）
1	不上报	不上报
2	10240	不上报
3	5120	不上报

4	2560	不上报
5	2048	不上报
6	1024	2560
7	640	2048
8	320	1024

### (3) E2 过程

以下以小区负载状态周期性上报时间间隔的设置为例，对 E2 过程进行说明。



Step1: RIC 订阅与指示。

- ① Near-RT RIC 向 O-RAN 订阅小区负载状态信息上报消息，可以是周期性的，也可以是事件性的。
- ② O-RAN 向 Near-RT RIC 上报小区负载状态信息。

Step2: RIC 删除订阅。当负载均衡 App 检查到小区负载状态发送变更时，若步骤 1 中订阅了周期性上报小区状态信息的事件，则执行该过程。

- ① Near-RT RIC 向 O-RAN 发送取消订阅请求，携带步骤 1 中订阅的周期性上报事件。
- ② O-RAN 向 Near-RT RIC 发送取消订阅响应。

Step3: RIC 订阅。若小区负载等级不是 5，则发起 RIC 订阅过程。

## 3.2 负载均衡

负载均衡由负载均衡 App 控制。

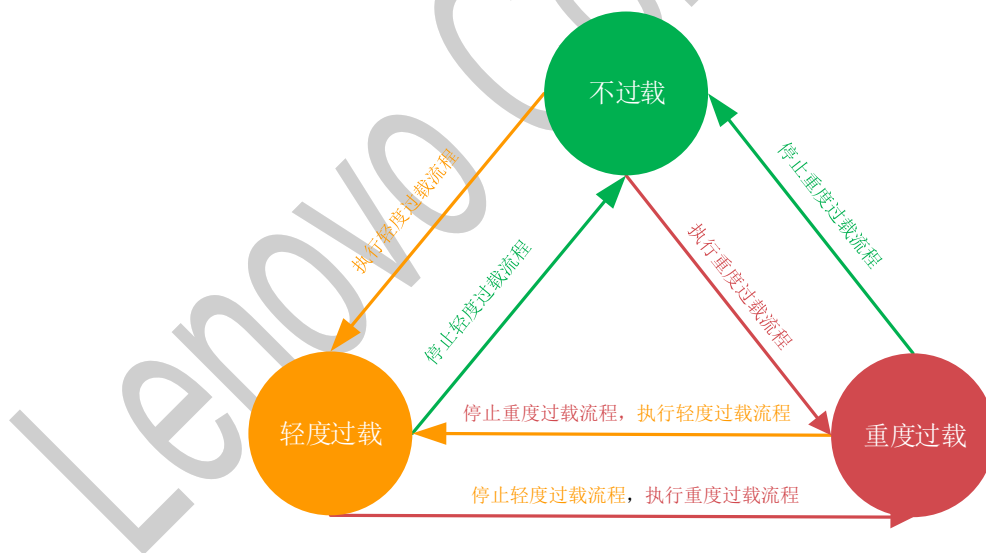
### 3.2.1 负载判决

基于 Near-RT RIC 的负载判决可分为基于机器学习的预判和基于上报数据的实时判决。由于 RIC 原型基础版本不考虑机器学习等功能，因此以下讨论仅关注基于上报数据的实时判决。

判决算法如下：（暂定，后续可根据实际情况调整）

小区负载等级	过载程度
1	不过载
2	不过载
3	不过载
4	不过载
5	不过载
6	轻度过载
7	重度过载
8	重度过载

负载状态转换图：



- 当小区负载状态从不过载变化到轻度过载，则执行轻度过载流程；
- 当小区负载状态从轻度过载到不过载，则停止轻度过载流程；
- 当小区负载状态从轻度过载变化到重度过载，则停止轻度过载流程，执行重度过载流程；
- 当小区负载状态从重度过载变化到轻度过载，则停止重度过载流程，执行轻度过载流程；



- 当小区负载状态从不过载变化到重度过载，则执行重度过载流程；
- 当小区负载状态从重度过载变化到不过载，则停止重度过载流程。

### 3.2.2 重度过载流程处理

重度过载的处理手段是释放部分 UE，以保证高优先级用户的用户体验。

释放 UE 的选取原则：按照 UE 测量报告上报的 RSRP 从小到大的原则选取。（后续可根据 UE 测量报告综合选取。由于该方案较为复杂，本文暂不考虑）

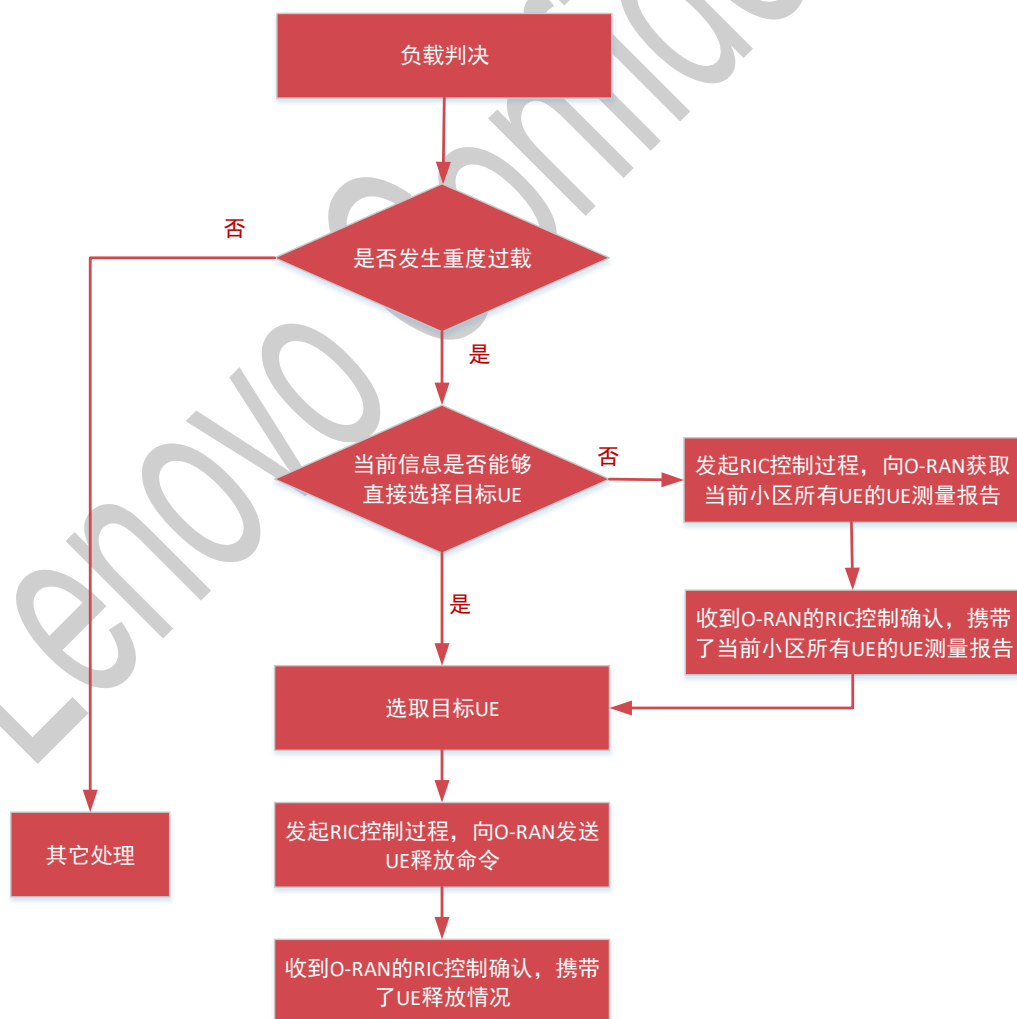
释放 UE 需要满足的条件：① 不是高优先级用户；② 不是紧急呼叫用户；③ 不包含 QCI1（语音）。

释放 UE 个数的确定：

$$\text{NumberOfReleaseUE} = (\text{Ratio} - 85\%) \times \text{NumberOfSupportedRrcConnections}$$

其中，Ratio 表示 RRC 连接数占用率，或小区 PRB 占用率（DL/UL）。

重度过载流程处理如下：



简要描述如下：



- ① 负载均衡 App 根据上报的小区负载状态信息，监控小区负载状态。
- ② 判断小区是否重度过载，若是，执行③；否则，其它处理。
- ③ 负载均衡 App 当前具有的信息是否能够直接选择目标 UE。若是，则执行⑥；否则，执行④。
- ④ 负载均衡 App 发起 RIC 控制过程，向 O-RAN 获取当前小区所有 UE 的 UE 测量报告，详细描述见 3.1.2 章节，通过 RIC 控制过程一次性获取 UE 测量信息。
- ⑤ 负载均衡 App 收到 O-RAN 的 RIC 控制确认信息，其中携带了当前小区所有 UE 的 UE 测量报告。
- ⑥ 选取目标释放 UE。
- ⑦ 负载均衡 App 发起 RIC 控制过程，通过 RIC Control Request 的 RIC Control Message IE 携带释放 UE 相关信息。详细参考《E2 接口设计文档》5.5.3.6。
- ⑧ 负载均衡 App 收到 O-RAN 的 RIC 控制确认信息，其中携带了 UE 释放情况。

### 3.2.3 轻度过载流程处理

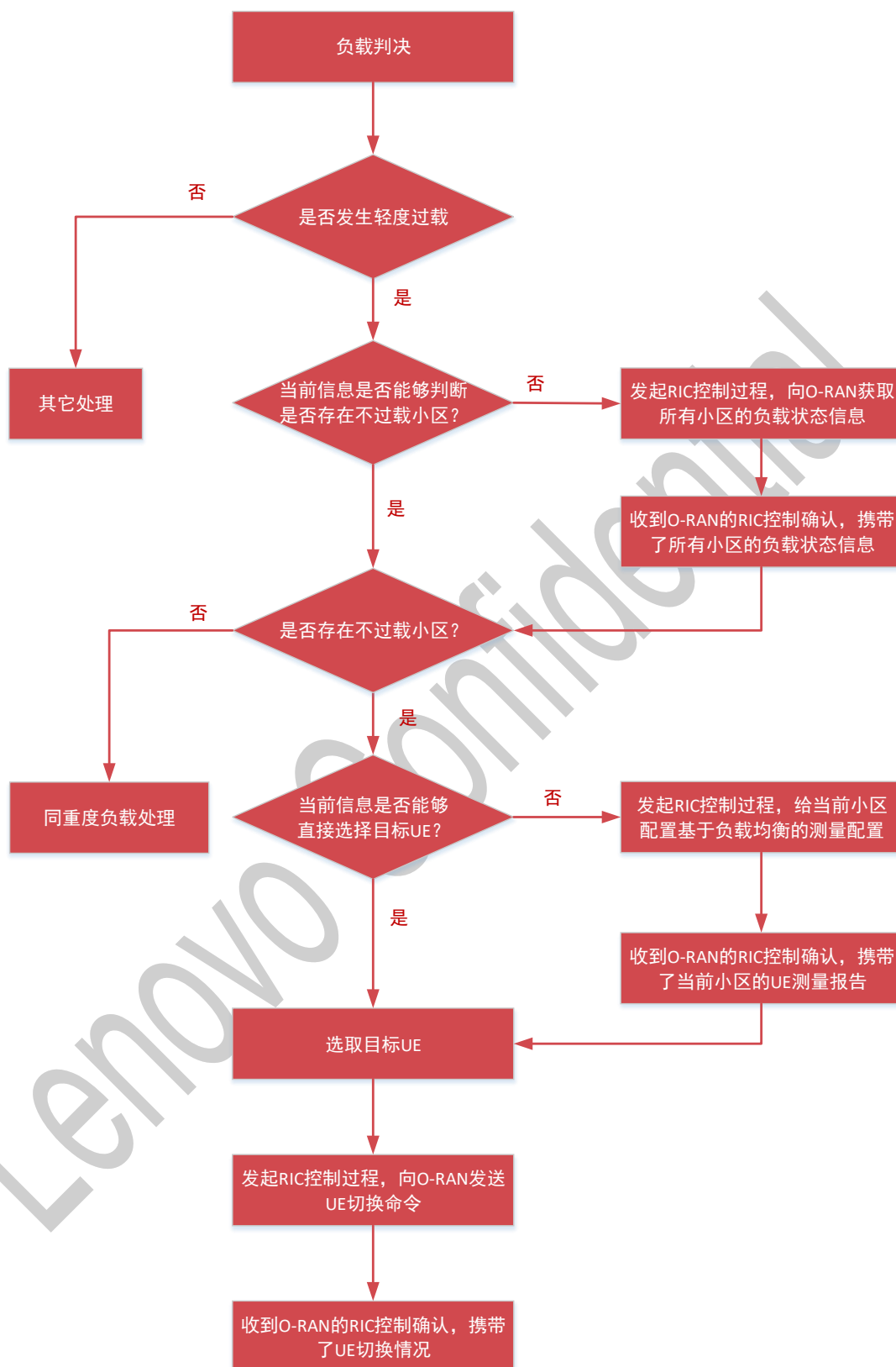
轻度过载的处理手段是：若所有小区都处于轻度过载或重度过载的情况，即没有小区处于不过载，则直接释放 UE，处理流程同重度过载流程。释放 UE 个数为：

$$\text{NumberOfReleaseUE} = (\text{Ratio}-75\%) \times \text{NumberOfSupportedRrcConnections}$$

若存在不过载小区，则将 RSRP 较小的 UE 切换到不过载小区。切换 UE 个数为：

$$\text{NumberOfHandoverUE} = (\text{Ratio}-75\%) \times \text{NumberOfSupportedRrcConnections}$$

轻度过载处理流程如下：



简要描述如下：

- ① 负载均衡 App 根据上报的小区负载状态信息，监控小区负载状态。

- ② 判断小区是否轻度过载，若是，执行③；否则，其它处理。
- ③ 负载均衡 App 当前具有的信息是否能够判断是否存在不过载小区。若是，则执行⑥；否则，执行④。
- ④ 负载均衡 App 发起 RIC 控制过程，向 O-RAN 获取所有小区的负载状态信息，详细描述见 3.1.1 章节，通过 RIC 控制过程一次性获取小区负载状态信息。
- ⑤ 负载均衡 App 收到 O-RAN 的 RIC 控制确认信息，其中携带了所有小区的负载状态信息。
- ⑥ 根据小区负载状态信息判断，是否存在不过载小区，若是，则执行⑦；否则，同重度负载处理流程。
- ⑦ 当前信息是否能够直接选择目标 UE，若是，执行⑩；否则，执行⑧。
- ⑧ 负载均衡 App 发起 RIC 控制过程，给当前小区配置基于负载均衡的测量配置；
- ⑨ 负载均衡 App 收到 O-RAN 的 RIC 控制确认消息，携带了当前小区的 UE 测量报告。
- ⑩ 选取目标 UE。
- ⑪ 负载均衡 App 发起 RIC 控制过程，通过 RIC Control Request 的 RIC Control Message IE 携带释放 UE 相关信息。详细参考《E2 接口设计文档》5.5.3.6。
- ⑫ 负载均衡 App 收到 O-RAN 的 RIC 控制确认信息，其中携带了 UE 切换情况。

### 3.2.4 停止重度过载处理流程

无。

### 3.2.5 停止轻度过载处理流程

若轻度过载处理为直接释放 UE，则不做任何处理。

若轻度过载处理为 UE 切换到不过载小区，则可以向 O-RAN 发起停止基于负载均衡的 UE 测量。

## 3.3 负载均衡性能反馈过程

将负载均衡性能反馈给 Near-RT RIC，用于机器学习，可提高负载均衡 App 对目标 UE 及其迁移目标小区的选择能力。

衡量负载均衡性能参数包括：UE 迁移成功率，小区从重度过载到不过载、轻度过载到不过载、从重度过载到轻度过载的时长，负载均衡的稳定性等。

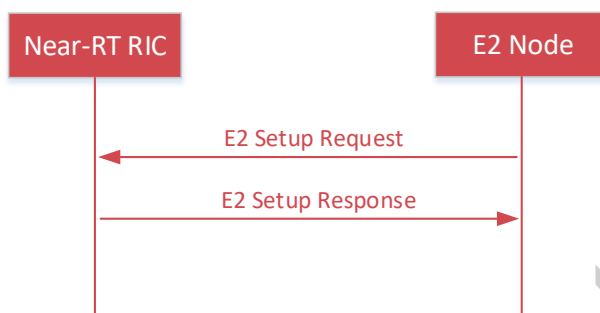
UE 迁移成功率：可根据 3.2.2 章节的步骤 8 和 3.2.3 章节的步骤 12 中 RIC 控制确认信息中携带的字段获取。

小区从过载到不过载的时长：若负载均衡 App 订阅了小区负载状态信息周期性上报，则可根据 O-RAN 上报的负载状态信息获取。

负载均衡的稳定性：小区从过载到不过载后，再到过载的时长；是否存在 UE 乒乓切换的情况等。

## 4. E2 接口流程设计

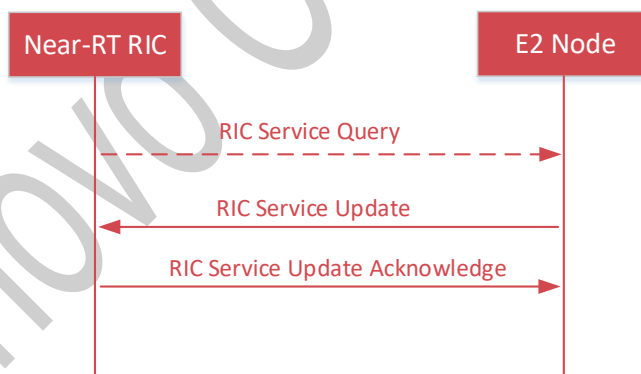
### 4.1 E2 建立过程



E2 建立过程用于建立 E2 节点与 Near-RT RIC 之间的信令连接。在 E2 建立过程的交互消息中，还可能携带 RAN Function 相关信息。

若 E2 Setup Request 消息携带了 E2 Node 开放的 RAN 能力信息，则通过解析 RAN Function Definition IE 可获得相关信息。RAN Function Definition 的详细信息，参考文档《E2AP 接口设计方案》5.1 章节。

### 4.2 RIC 服务更新过程



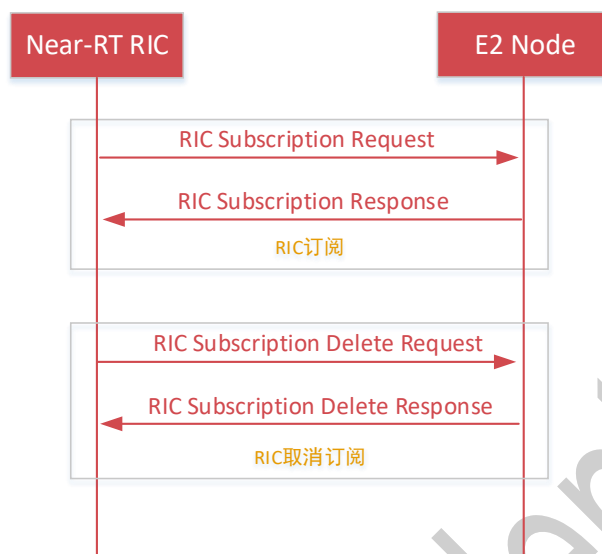
RIC 服务更新过程用于获取或更新 RIC 服务信息。

RIC 服务更新过程发起的场景：

① Near-RT RIC 没有 O-RAN 的 Traffic Steering 相关的 RAN 能力信息，而负载均衡 App 想要知道相关的信息；或者 Near-RT RIC 认为已保存的 RIC 服务信息无效时，向 E2 节点发送 RIC Service Query 消息，触发 RIC 服务更新过程；

② 当 E2 节点检测到 RIC 服务变更时，主动向 Near-RT RIC 服务更新过程。

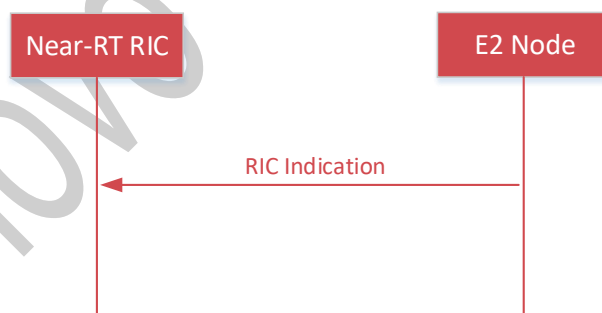
### 4.3 RIC 订阅与取消订阅过程



RIC 订阅过程用于订阅负载均衡相关的 Report 服务，包括：

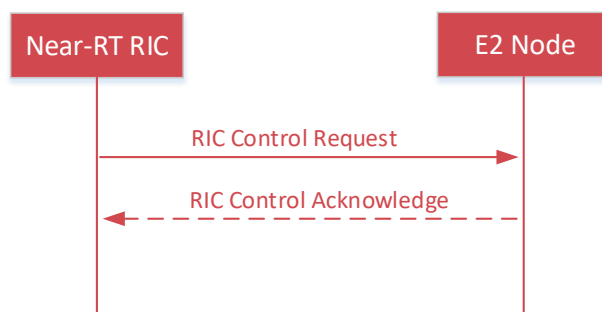
- ① 周期性上报小区负载状态信息的 Report 服务；
- ② 事件性上报小区负载状态信息的 Report 服务；
- ③ 周期性上报 UE 测量报告的 Report 服务；

### 4.4 RIC 指示



RIC 指示过程用于向 Near-RT RIC 上报小区负载状态信息和 UE 测量报告。

## 4.5 RIC 控制



当 Near-RT RIC 检测到系统过载时，通过 RIC Control Request 消息发送如下消息：

- 1) 小区负载状态信息事件性上报命令；
- 2) UE 测量配置；
- 3) UE 迁移相关命令。

当 O-RAN 完成小区负载状态信息收集，收到 UE 测量报告，或 UE 完成迁移后，通过 RIC Control Acknowledge 消息发送给 Near-RT RIC。

## 5. 负载均衡相关参数列表

基于负载均衡相关参数的详细情况，请参考文档《E2 接口设计方案》第 5 章节 E2SM-TS。