



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104812002 B

(45)授权公告日 2019.02.01

(21)申请号 201410032666.5

(22)申请日 2014.01.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104812002 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(73)专利权人 中国科学院计算技术研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村科学院南路6号

(72)发明人 田霖 翟国伟 周一青 石晶林

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

代理人 王勇 李科

(51)Int.Cl.

H04W 28/08(2009.01)

G06F 9/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 103269519 A,2013.08.28,

CN 101932020 A,2010.12.29,

CN 102958166 A,2013.03.06,

US 20110070911 A1,2011.03.24,

田霖,翟国伟,黄亮等.基于集中式接入网架构的异构无线网络资源管理技术研究.《电信科学》.2013,(第6期),正文第4节,图2.

田霖,翟国伟,黄亮等.基于集中式接入网架构的异构无线网络资源管理技术研究.《电信科学》.2013,(第6期),正文第4节,图2.

审查员 杨萍

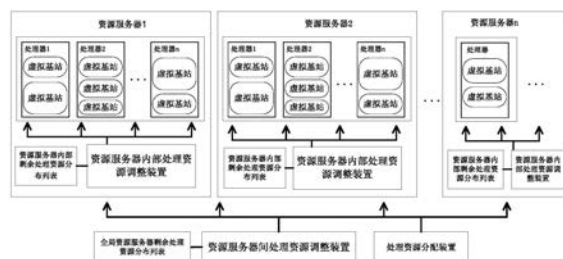
权利要求书3页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法、设备及系统

(57)摘要

本发明提供一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法、设备及系统,所述方法包括:在进行处理资源调整的资源服务器中寻找一个处理器来进行资源服务器内部的处理资源调整;其中,所述资源服务器是包括一个或多个处理器的设备;如果在所述资源服务器中没有找到适于进行处理资源调整的服务器,则在所述资源服务器之外寻找一个资源服务器来进行资源服务器之间的处理资源调整。本发明提高了处理资源动态调整的灵活性并且有效降低了开销;此外,本发明还提高了基站处理的实时性和稳定性。



1. 一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法,包括:

步骤1)、在要进行处理资源调整的资源服务器中寻找一个处理器来进行资源服务器内部的处理资源调整,其中,所述资源服务器是包括一个或多个处理器的设备,如果在所述资源服务器中找到多个剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则从中选择负载变化程度最小的处理器来进行所述处理资源调整,所述负载变化程度根据下式进行计算:

$$C = n_{\text{add}} * \text{add_load} + n_{\text{create}} * \text{create_load}$$

其中, n_{add} 和 add_load 分别表示在最近一段固定长度的时间内,在虚拟基站负载增加时该处理器参与处理资源调整的次数以及该调整的开销, n_{create} 和 create_load 分别表示在最近一段固定长度的时间内,在创建新虚拟基站时该处理器参与处理资源调整的次数以及该调整的开销;

如果在所述资源服务器中没有找到剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则在所述资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器后该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整,如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;

步骤2)、如果在所述资源服务器中没有找到适于进行处理资源调整的服务器,则在所述资源服务器之外寻找一个资源服务器来进行资源服务器之间的处理资源调整。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,步骤1) 包括:

如果在所述资源服务器中没有找到剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则在所述资源服务器中寻找一个处理器;使得该处理器运行的一个虚拟基站的负载需求与该处理器的剩余处理资源相加足够用于进行所述处理资源调整,并且该处理器运行的所述虚拟基站的负载需求小于要迁移的虚拟基站负载增加前的需求与其所在的处理器的剩余处理资源之和;

如果找到,则将所找到的处理器运行的所述虚拟基站与要迁移的虚拟基站进行互换。

3. 根据权利要求1-2中任何一个所述的方法,还包括:

定期计算每个处理器的负载变化程度。

4. 根据权利要求3所述的方法,还包括:

对于负载变化程度超过预定阈值的处理器,为其调整处理资源。

5. 根据权利要求4所述的方法,包括:

对于负载变化程度超过预定阈值的处理器,将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器。

6. 根据权利要求1-2中任何一个所述的方法,其中,步骤2) 包括:

在所述资源服务器之外的资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;

如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;

如果找到多个,则从中选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器来进行所述处理资源调整;其中,资源服务器的负载变化程度是该资源服务器中所有处理器的负载变化程度之和;

如果没有找到,则在所述资源服务器之外的资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器之后,该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;否则处理资源调整失败。

7. 根据权利要求1-2中任何一个所述的方法,还包括:

更新每个处理器的剩余处理资源。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,进行处理资源调整包括:

将要迁移的虚拟基站迁移到所找到的处理器;或者

在所找到的处理器中创建新虚拟基站。

9. 一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整设备,包括:

资源服务器内部处理资源调整装置,用于在要进行处理资源调整的资源服务器中寻找处理器来进行资源服务器内部的处理资源调整;其中,所述资源服务器是包括一个或多个处理器的设备,如果在所述资源服务器中找到多个剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则从中选择负载变化程度最小的处理器来进行所述处理资源调整,所述负载变化程度根据下式进行计算:

$$C = n_{\text{add}} * \text{add_load} + n_{\text{create}} * \text{create_load}$$

其中, n_{add} 和 add_load 分别表示在最近一段固定长度的时间内,在虚拟基站负载增加时该处理器参与处理资源调整的次数以及该调整的开销, n_{create} 和 create_load 分别表示在最近一段固定长度的时间内,在创建新虚拟基站时该处理器参与处理资源调整的次数以及该调整的开销;资源服务器间处理资源调整装置,用于如果在所述资源服务器中没有找到适于进行处理资源调整的服务器,则在所述资源服务器之外寻找一个资源服务器来进行资源服务器之间的处理资源调整,还用于如果在所述资源服务器中没有找到剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则在所述资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器后该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整,如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整。

10. 根据权利要求9所述的设备,其中,所述资源服务器内部处理资源调整装置用于在所述资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;如果找到多个,则从中选择一个处理器来进行所述处理资源调整;如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整。

11. 根据权利要求10所述的设备,其中,所述资源服务器内部处理资源调整装置用于:如果在所述资源服务器中找到多个剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则从中选择负载变化程度最小的处理器来进行所述处理资源调整;其中,处理器的负载变化程度体现该处理器在最近一段固定长度的时间内参与处理资源调整的总开销。

12. 根据权利要求9-11中任何一个所述的设备,其中,所述资源服务器间处理资源调整装置用于在所述资源服务器之外的资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;

如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;

如果找到多个,则从中选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器来进行所述处理资源调整;其中,资源服务器的负载变化程度是该资源服务器中所有处理器的负载变化程度之和;

如果没有找到,则在所述资源服务器外的资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器之后,该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;否则处理资源调整失败。

13. 一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整的系统,包括:

虚拟基站;

资源服务器,包括一个或多个处理器,其中每个处理器运行一个或多个虚拟基站;以及如权利要求9-12中任何一个所述的集中式RAN架构下的处理资源动态调整设备;

其中,每个资源服务器对应一个资源服务器内部处理资源调整装置,该资源服务器内部处理资源调整装置用于在其对应的资源服务器中进行处理器的寻找和处理资源调整。

14. 根据权利要求13所述的系统,还包括:

资源服务器内部剩余处理资源分布列表,其维护一个资源服务器中的每个处理器的剩余处理资源;

其中,所述资源服务器内部剩余处理资源分布列表用于由所述资源服务器内部处理资源调整装置查询所述资源服务器中的处理器的剩余处理资源。

15. 根据权利要求13或14所述的系统,还包括:

全局资源服务器剩余处理资源分布列表,其维护所有资源服务器中每个处理器的剩余处理资源;

其中,所述全局资源服务器剩余处理资源分布列表用于由所述资源服务器间处理资源调整装置查询所有资源服务器中的处理器的剩余处理资源。

16. 根据权利要求13或14所述的系统,其中,所述资源服务器还用于定期计算每个处理器的负载变化程度。

17. 根据权利要求16所述的系统,其中,对于负载变化程度超过预定阈值的处理器,由所述资源服务器内部处理资源调整装置或者所述资源服务器间处理资源调整装置为其调整处理资源。

集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法、设备及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及移动通信技术领域,特别涉及一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法、设备及系统。

背景技术

[0002] 随着无线通信技术的发展,出现了多种新的高速大数据量业务,而传统基站架构的劣势和局限性也逐渐体现出来。传统的基站架构除了需要高额的建设成本、维护费用和电能消耗外,由于基站所覆盖网络的空闲负载和忙时负载的差异比较明显且基站的处理资源要满足最大负载要求,因此会造成负载较低时无法对基站进行充分利用。此外,又由于不同的基站之间无法共享处理能力,因此很难将各个基站的处理资源有效组织起来,导致处理资源利用率较低。为解决这一问题,中国移动等机构提出了物理上集中而逻辑上分布的集中式RAN架构。集中式RAN架构的核心是将原来分布式的基站处理资源统一到集中式的平台上,对基站处理资源进行集中式管控,对多个小区网络的负载进行集中式基站处理,从而通过基站间高效的资源共享能力来提高处理资源利用率。

[0003] 在集中式RAN架构下,可以以虚拟化资源的形式对基站处理资源(即用于基站的基带信号处理、协议处理、系统管理等处理的有限且可用的任何物理或虚拟的资源;其可以是基带处理板、CPU、DSP、内存、磁盘等物理资源,或者是CPU时间片、虚拟内存等虚拟资源)进行组织和管理,并形成处理资源池。同时,可以根据基站对应的负载情况,将一到多个不同的基站设置于资源池中的同一个提供处理资源的物理设备(如CPU,基站处理服务器等),进行灵活的调配。在各个基站的运行过程中,遇到基站发生负载变化时,可以根据当前的负载分布来动态调整各个基站所对应的处理资源,处理资源的动态调整可以通过将基站在物理设备内的各个处理器(CPU、DSP)之间或者设备之间进行迁移而实现。

[0004] 目前,针对基站处理资源的动态调整,或称处理资源动态调整,一种方法是根据各个基站的当前负载,或者近一段时间的平均负载,对原先的处理资源分配进行调整。例如,当某个基站负载增加时,将该基站处理迁移到负载较低的处理资源设备;而当负载减小时,将新的基站处理映射到该处理资源设备,或者将其他负载压力较大的处理资源设备中的基站处理,迁移到该处理资源设备。另外一种方法是在新的基站处理需要向处理资源设备进行映射时,预先考虑该处理资源设备的剩余处理资源是否可以支持该新添加的基站处理的最大负载处理,选择剩余处理资源足够大的处理资源设备来对其映射,若剩余处理资源不足则增添新的处理资源设备。

[0005] 然而,现有的处理资源动态调整技术通常只考虑各个基站的负载情况和处理资源设备剩余的处理资源,并且大多采用以基站最大负载为依据的处理资源映射方式,一方面缺乏灵活性,另一方面资源利用率不能维持在较高水平,并且在存在多种方式来动态调整处理资源的时候没有考虑进行优化选择,从而可能造成开销较大的问题。另外,现有方法也没有考虑到基站处理的负载变化程度带来的影响,对于负载变化程度较大的基站处理所在的处理资源设备,快速的负载变化可能导致其在添加新的基站处理后在很短时间内会面临

处理资源不足的情况,进而又需要再次进行处理资源动态调整,从而增加了频繁调整带来的额外开销。由于现有技术通常是在处理资源不足时才进行处理资源的动态调整,而动态调整其本身也具有一定的开销,在没有冗余资源的前提下,会对原本就资源不足的基站处理的实时性和稳定性造成影响。

发明内容

[0006] 为解决上述问题,本发明提供一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法,包括:

[0007] 步骤1)、在要进行处理资源调整的资源服务器中寻找一个处理器来进行资源服务器内部的处理资源调整;其中,所述资源服务器是包括一个或多个处理器的设备;

[0008] 步骤2)、如果在所述资源服务器中没有找到适于进行处理资源调整的服务器,则在所述资源服务器之外寻找一个资源服务器来进行资源服务器之间的处理资源调整。

[0009] 在一个实施例中,步骤1)包括:

[0010] 在所述资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;如果找到多个,则从中选择一个处理器来进行所述处理资源调整;如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整。

[0011] 在进一步的实施例中,步骤1)包括:

[0012] 如果在所述资源服务器中找到多个剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则从中选择负载变化程度最小的处理器来进行所述处理资源调整;其中,处理器的负载变化程度体现该处理器在最近一段固定长度的时间内参与处理资源调整的总开销。

[0013] 在一个实施例中,根据下式计算处理器的负载变化程度:

[0014] $C = n_{add} * add_load + n_{create} * create_load$

[0015] 其中, n_{add} 和 add_load 分别表示在最近一段固定长度的时间内,在虚拟基站负载增加时该处理器参与处理资源调整的次数以及该调整的开销; n_{create} 和 $create_load$ 分别表示在最近一段固定长度的时间内,在创建新虚拟基站时该处理器参与处理资源调整的次数以及该调整的开销。

[0016] 在一个实施例中,步骤1)还包括:

[0017] 如果在所述资源服务器中没有找到剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则在所述资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器后该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整。

[0018] 在进一步的实施例中,步骤1)包括:

[0019] 如果在所述资源服务器中没有找到剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则在所述资源服务器中寻找一个处理器;使得该处理器运行的一个虚拟基站的负载需求与该处理器的剩余处理资源相加足够用于进行所述处理资源调整,并且该处理器运行的所述虚拟基站的负载需求小于要迁移的虚拟基站负载增加前的需求与其所在的处理器的剩余处理资源之和;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述虚拟基站与要迁

移的虚拟基站进行互换。

[0020] 在一个实施例中,所述方法还包括:定期计算每个处理器的负载变化程度。在进一步的实施例中,所述方法还包括:对于负载变化程度超过预定阈值的处理器,为其调整处理资源。其中,对于负载变化程度超过预定阈值的处理器,将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器。

[0021] 在一个实施例中,步骤2)包括:

[0022] 在所述资源服务器之外的资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;

[0023] 如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;

[0024] 如果找到多个,则从中选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器来进行所述处理资源调整;其中,资源服务器的负载变化程度是该资源服务器中所有处理器的负载变化程度之和;

[0025] 如果没有找到,则在所述资源服务器之外的资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器之后,该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;否则处理资源调整失败。

[0026] 在一个实施例中,所述方法还包括:更新每个处理器的剩余处理资源。

[0027] 在一个实施例中,进行处理资源调整包括:将要迁移的虚拟基站迁移到所找到的处理器;或者在所找到的处理器中创建新虚拟基站。

[0028] 根据本发明的一个实施例,还提供一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整设备,包括:

[0029] 资源服务器内部处理资源调整装置,用于在要进行处理资源调整的资源服务器中寻找处理器来进行资源服务器内部的处理资源调整;其中,所述资源服务器是包括一个或多个处理器的设备;以及

[0030] 资源服务器间处理资源调整装置,用于如果在所述资源服务器中没有找到适于进行处理资源调整的服务器,则在所述资源服务器之外寻找一个资源服务器来进行资源服务器之间的处理资源调整。

[0031] 在一个实施例中,所述资源服务器内部处理资源调整装置用于在所述资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;如果找到多个,则从中选择一个处理器来进行所述处理资源调整;如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整。

[0032] 在进一步的实施例中,所述资源服务器内部处理资源调整装置用于:如果在所述资源服务器中找到多个剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则从中选择负载变化程度最小的处理器来进行所述处理资源调整;其中,处理器的负载变化程度体现该处理器在最近一段固定长度的时间内参与处理资源调整的总开销。

[0033] 在一个实施例中,所述资源服务器内部处理资源调整装置还用于:如果在所述资源服务器中没有找到剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器,则在所述资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理

器后该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整。

[0034] 在一个实施例中,所述资源服务器间处理资源调整装置用于在所述资源服务器之外的资源服务器中寻找剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整的处理器;

[0035] 如果找到一个,则使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;

[0036] 如果找到多个,则从中选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器来进行所述处理资源调整;其中,资源服务器的负载变化程度是该资源服务器中所有处理器的负载变化程度之和;

[0037] 如果没有找到,则在所述资源服务器外的资源服务器中寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器之后,该处理器的剩余处理资源足够用于进行所述处理资源调整;如果找到,则将所找到的处理器运行的所述一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且使用所找到的处理器来进行所述处理资源调整;否则处理资源调整失败。

[0038] 根据本发明的一个实施例,还提供一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整的系统,包括:

[0039] 虚拟基站;

[0040] 资源服务器,包括一个或多个处理器,其中每个处理器运行一个或多个虚拟基站;以及

[0041] 上述集中式RAN架构下的处理资源动态调整设备;

[0042] 其中,每个资源服务器对应一个资源服务器内部处理资源调整装置,该资源服务器内部处理资源调整装置用于在其对应的资源服务器中进行处理器的寻找和处理资源调整。

[0043] 在一个实施例中,所述系统还包括:

[0044] 资源服务器内部剩余处理资源分布列表,其维护一个资源服务器中的每个处理器的剩余处理资源;其中,所述资源服务器内部剩余处理资源分布列表用于由所述资源服务器内部处理资源调整装置查询所述资源服务器中的处理器的剩余处理资源。

[0045] 在一个实施例中,所述系统还包括:

[0046] 全局资源服务器剩余处理资源分布列表,其维护所有资源服务器中每个处理器的剩余处理资源;其中,所述全局资源服务器剩余处理资源分布列表用于由所述资源服务器间处理资源调整装置查询所有资源服务器中的处理器的剩余处理资源。

[0047] 在一个实施例中,所述资源服务器还用于定期计算每个处理器的负载变化程度。在进一步的实施例中,对于负载变化程度超过预定阈值的处理器,由所述资源服务器内部处理资源调整装置或者所述资源服务器间处理资源调整装置为其调整处理资源。

[0048] 采用本发明可以达到如下的有益效果:

[0049] 1、采用在资源服务器内部进行处理资源调整以及在资源服务器之间进行处理资源调整相结合的方式,优先进行在资源服务器内部的处理资源调整,有效降低了处理资源动态调整的开销;

[0050] 2、采用单向迁移式调整和双向迁移式调整相结合的方式,在提高动态调整的灵活

性的同时能够有效利用处理资源；

[0051] 3、选择负载变化程度较小的处理器或者资源服务器作为迁移或创建对象，可避免频繁地调整处理资源，从而进一步降低开销；以及

[0052] 4、对负载变化程度过大的处理器提前进行处理资源预调整，可避免由于处理器频繁进行调整而影响基站处理，提高了基站处理的实时性和稳定性。

附图说明

[0053] 图1是根据本发明一个实施例的集中式RAN架构下的处理资源动态调整系统的框图；以及

[0054] 图2是根据本发明一个实施例的集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法的流程图。

具体实施方式

[0055] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0056] 如本领域技术人员所公知的，在集中式RAN架构下，有两种情形需要动态地调整基站的处理资源：其一是处理器内的某个虚拟基站负载增加，并且该处理器的处理能力不能完全满足其负载增加后的需求，即无法提供足够的处理资源；其二是在某个处理器内创建新的虚拟基站，而该处理器的处理能力不能完全满足新的虚拟基站负载处理的需求。应理解，虚拟基站负载增加可能是由于基站所覆盖的网络中已接入用户业务的改变或者新用户业务的增加而造成的。

[0057] 针对前一种情形，需要将该虚拟基站迁移到其他能够提供足够处理资源的处理器；而对于后一种情形，需要在其他能够提供足够处理资源的处理器中创建该新的虚拟基站。

[0058] 根据本发明的一个实施例，提供一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整系统。图1示出了该处理资源动态调整系统的整体架构，概括来说，该系统包括虚拟基站、资源服务器、资源服务器内部处理资源调整装置、资源服务器间处理资源调整装置、资源服务器内部剩余处理资源分布列表、全局资源服务器剩余处理资源分布列表和处理资源分配装置。其中，对于要进行处理资源动态调整的资源服务器，由资源服务器内部处理资源调整装置首先在该资源服务器内部寻找用于迁移或创建虚拟基站的处理器，如果有合适的处理器则由该资源服务器内部处理资源调整装置在该资源服务器内部进行虚拟基站的迁移或创建；如果没有合适的处理器则由资源服务器内部处理资源调整装置通知资源服务器间处理资源调整装置，由后者在其他资源服务器内寻找合适的处理器，从而进行资源服务器之间的虚拟基站的迁移或创建。下面分别对这些组件展开描述：

[0059] 一、虚拟基站

[0060] 如本领域技术人员所公知的，通过对物理集中的基站处理资源进行封装抽象，可提炼模拟出多个逻辑功能完整的虚拟基站系统。其中，虚拟基站间的处理资源可以动态共享，虚拟基站能够按需生成和取消，虚拟基站系统对外提供服务的方式与真实的硬件基站系统一致。

[0061] 二、资源服务器

[0062] 资源服务器可以是基于开放平台、具有一定处理能力,且可支持多个基站在其中运行的设备。一个资源服务器可支持一定区域范围内的基站,由一组资源服务器组成的资源服务器集群,可以支持较大区域内的所有基站。在一个实施例中,资源服务器可以是一个具有较强处理能力的通用服务器,其包括一个或多个处理器,其中每个处理器可运行一个或多个虚拟基站。

[0063] 三、处理资源分配装置

[0064] 处理资源分配装置可预先为每个虚拟基站分配其负载所需的处理资源,根据负载情况将虚拟基站映射到某个资源服务器上。

[0065] 四、资源服务器内部处理资源调整装置

[0066] 概括来说,资源服务器内部处理资源调整装置可控制某个资源服务器运行的虚拟基站在该资源服务器内部的各个处理器之间进行迁移,以及控制新的虚拟基站在该资源服务器内部的创建,以完成资源服务器内部的处理资源动态调整。在一个示例中,每个资源服务器可以与一个资源服务器内部处理资源调整装置相对应,例如,资源服务器内部处理资源调整装置可位于对应的资源服务器内。

[0067] 在一个实施例中,资源服务器内部处理资源调整装置可监控对应的资源服务器中各个处理器运行的虚拟基站的负载变化。当监测到需要迁移某个虚拟基站或者在另一处理器创建新的虚拟基站时,该装置首先可以通过查询该资源服务器对应的资源服务器内部剩余处理资源分布列表,寻找当前是否存在剩余处理资源满足这个要迁移或创建的虚拟基站负载的处理器,有两种可能的情况:

[0068] • 如果存在这样的处理器,则将其作为虚拟基站的迁移目标或创建目标,继而由资源服务器内部处理资源调整装置完成虚拟基站的迁移或创建。其中,这种虚拟基站的迁移又称为虚拟基站单向迁移式调整。

[0069] • 如果不存在这样的处理器,则资源服务器内部处理资源调整装置继续在该资源服务器内部基于上述列表寻找可以通过将自身运行的虚拟基站迁移到其他处理器从而能够提供足够的处理资源(满足上述虚拟基站负载)的处理器,存在以下两种情况:

[0070] ①、如果找到这样的处理器,则可以进行资源服务器内部的处理资源调整,即资源服务器内部处理资源调整装置将该处理器运行的虚拟基站迁移到其他处理器,并且完成上述虚拟基站的迁移或创建。

[0071] ②、如果没有找到这样的处理器,资源服务器内部处理资源调整装置可通知资源服务器间处理资源调整装置,由后者进行资源服务器之间的处理资源动态调整。

[0072] 在本实施例中,如上所述,如果资源服务器内部不存在剩余处理资源满足要迁移或创建的虚拟基站负载的处理器,则在资源服务器内部寻找一个满足以下条件的处理器:即如果将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,该处理器的剩余处理资源足够用于进行虚拟基站的迁移或创建。在进一步的实施例中,对于要迁移的虚拟基站来说,可以在该资源服务器内部寻找剩余处理资源最大的处理器或者寻找任何一个处理器。如果该处理器中存在某个虚拟基站的负载需求小于要迁移的虚拟基站负载增加前的需求与该要迁移的虚拟基站所在的处理器的剩余处理资源之和,并且该虚拟基站的负载需求与该虚拟基站所在的处理器的剩余处理资源之和大于要迁移的虚拟基站负载增加后的需求,

则可以将该虚拟基站与需要迁移的虚拟基站进行互换,从而完成资源服务器内部的处理资源调整。其中,这种虚拟基站的迁移又称为虚拟基站双向迁移式调整。

[0073] 在本实施例中,在资源服务器内部处理资源调整装置每次查询资源服务器内部剩余处理资源分布列表时,如果找到多个处理器都可以作为迁移或创建目标,则可以进一步决策向哪一个处理器进行迁移或创建。在进一步的实施例中,可根据处理器当前的负载变化程度进行选择。处理器的负载变化程度C表示在最近一段固定长度的时间内,该处理器发生处理资源动态调整的总开销,计算公式如下所示:

[0074] $C = n_{add} * add_load + n_{create} * create_load$

[0075] 其中 n_{add} 和 n_{create} 分别表示在最近一段固定长度的时间内,由于虚拟基站负载增加导致该处理器进行的处理资源动态调整的次数以及由于创建新的虚拟基站导致该处理器进行的处理资源调整的次数, add_load 和 $create_load$ 分别表示这两种调整所花费的开销。可见,处理器在之前一段时间参与处理资源动态调整的次数越多,则负载变化程度越大。如果再将虚拟基站迁移或创建到这个处理器则会进一步对其处理资源动态调整造成压力,因此应尽量选择负载变化程度较小的处理器作为迁移目标或创建目标。

[0076] 在一个实施例中,可由资源服务器定期地计算该资源服务器内各个处理器的负载变化程度C。

[0077] 在进一步的实施例中,如果某个处理器的负载变化程度C超过一定的阈值D或者长时间超过一定阈值,说明它正在面临或者会继续发生连续的处理资源动态调整,则可以由该处理器对应的资源服务器内部处理资源调整装置进行预调整操作。通过预调整处理资源来将该处理器中的多个虚拟基站迁移到其他处理器,使得该处理器的剩余处理资源足够大从而减少之后可能出现的多次处理资源调整。例如,设置需要为该处理器预分配的处理资源大小 W_{pre} ,即相当于需要在此处理器上创建一个负载为 W_{pre} 的虚拟基站,可以将导致该处理器负载变化程度较高的几个本身负载变化较大的虚拟基站迁移到其他处理器,从而完成预调整。可首先迁移到资源服务器内的处理器,如果该资源服务器内没有处理器可以作为迁移目标,则对应的资源服务器内部处理资源调整装置可通知资源服务器间处理资源调整装置,由后者将一个或多个虚拟基站迁移到其他资源服务器中的处理器,从而完成处理资源的预调整。

[0078] 五、资源服务器间处理资源调整装置

[0079] 概括而言,当在某个资源服务器内部无法进行处理资源动态调整并且需要向其他资源服务器的处理器迁移或创建虚拟基站时,资源服务器间处理资源调整装置控制虚拟基站在属于不同资源服务器的处理器之间进行虚拟基站的迁移或创建,以完成资源服务器之间的处理资源动态调整。一个资源服务器间处理资源调整装置可负责系统中的所有资源服务器,其可以监控资源服务器中所有处理器运行的虚拟基站负载。

[0080] 在一个实施例中,当资源服务器间处理资源调整装置接收到由资源服务器内部处理资源调整装置发送来的、指示需要迁移或创建虚拟基站的通知时,该装置首先查询全局资源服务器剩余处理资源分布列表,寻找当前是否存在剩余处理资源满足这个要迁移或创建的虚拟基站负载的处理器。存在以下两种情况:

[0081] • 如果存在这样的处理器:针对找到一个这样的处理器的情况,则可以将该处理器作为虚拟基站的迁移目标或创建目标,继而由资源服务器间处理资源调整装置进行虚拟

基站的单向迁移式调整或者新的虚拟基站的创建;针对找到多个这样的处理器的情况,则从中选择一个处理器作为虚拟基站的迁移目标或创建目标,继而由资源服务器间处理资源调整装置进行虚拟基站的单向迁移式调整或者新的虚拟基站的创建。

[0082] 在一个实施例中,可选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器。这里,资源服务器的负载变化程度 C_{total} 可以是该资源服务器中所有处理器的负载变化程度 C 之和。

[0083] • 如果不存在这样的处理器,则资源服务器间处理资源调整装置在所有的资源服务器(不同于原先的资源服务器)中基于全局资源服务器剩余处理资源分布列表寻找一个处理器,使得将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器之后,该处理器的剩余处理资源足够用于进行处理资源动态调整。有两种情况:

[0084] ①、如果找到这样的处理器,则可以进行资源服务器之间的处理资源调整,即资源服务器间处理资源调整装置将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且完成上述虚拟基站在资源服务器之间的迁移或创建。

[0085] ②、如果没有找到这样的处理器,则处理资源调整失败。

[0086] 类似地,在本实施例中,如果所有的资源服务器中都不存在剩余处理资源满足要迁移或创建的虚拟基站负载的处理器,则寻找一个满足以下条件的处理器:如果将该处理器运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,该处理器的剩余处理资源足够用于进行虚拟基站的迁移或创建。在进一步的实施例中,可在其他资源服务器中选择剩余处理资源最大的处理器或者任何一个处理器,如果该处理器运行的一个虚拟基站的负载需求小于要迁移的虚拟基站负载增加前的需求与该要迁移的虚拟基站所在的处理器的剩余处理资源之和,并且该虚拟基站的负载需求与该虚拟基站所在的处理器的剩余处理资源之和大于需要迁移的虚拟基站负载增加后的需求,则可以将该虚拟基站与需要迁移的虚拟基站进行互换,即完成虚拟基站双向迁移式调整。类似地,如果找到多个满足条件的处理器,可选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器。

[0087] 在一个实施例中,如上文所述,当资源服务器内部处理资源调整装置进行处理资源预调整时,针对无法在资源服务器内部完成的预调整,资源服务器间处理资源调整装置可以在资源服务器之间进行处理资源预调整,包括资源服务器间的虚拟基站迁移。

[0088] 六、资源服务器内部剩余处理资源分布列表

[0089] 资源服务器内部剩余处理资源分布列表用于记录资源服务器中各个处理器的空闲处理资源的状况,一个资源服务器内部剩余处理资源分布列表可与一个资源服务器相对应(例如位于该资源服务器内),维护该资源服务器中每个处理器的剩余处理资源。该列表可以由对应资源服务器的资源服务器内部处理资源调整装置进行管理,在进行资源服务器内部处理资源动态调整时用于进行参照。

[0090] 资源服务器内部剩余处理资源分布列表可随对应资源服务器中运行的虚拟基站的负载变化进行更新。在一个实施例中,当虚拟基站负载增加、降低、虚拟基站创建或者取消时,可更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表。举例来说,任何导致虚拟基站负载降低或虚拟基站取消的情况发生时,会进行处理资源的回收,其转化为剩余处理资源,因此需更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表来增加这一部分处理资源。

[0091] 在一个实施例中,在通过一定的处理资源初始分配方法进行处理资源的初始静态分配后,可以确定各个虚拟基站与资源服务器的映射关系,从而可以将每个处理器的处理

资源按照当前资源服务器上的各个虚拟基站的负载需求,分配给不同大小的一到多个虚拟基站。例如当某个处理器上映射了虚拟基站a,b,c,则在系统运行期间在任意时间,该处理器的剩余处理资源R的值为:

$$[0092] \quad R=W_{\text{cap}}-(W_a+W_b+W_c)$$

[0093] 其中 W_{cap} 为该处理器所能提供的处理能力,而 W_a 、 W_b 、 W_c 分别为3个虚拟基站的当前负载。

[0094] 通过对资源服务器内的所有处理器的剩余处理资源进行归纳和汇总,即可以得到当前资源服务器内剩余处理资源在各个处理器上的分布,即资源服务器内各个处理器的当前剩余处理资源,从而可形成资源服务器内部剩余处理资源分布列表。

[0095] 七、全局资源服务器剩余处理资源分布列表

[0096] 全局资源服务器剩余处理资源分布列表维护所有资源服务器中每个处理器的剩余处理资源,其跟随每个虚拟基站的负载变化进行更新。例如,随着资源服务器内部剩余处理资源分布列表的更新而更新。通过由资源服务器间处理资源调整装置对所有资源服务器的内部剩余处理资源分布列表进行汇总,可形成全局资源服务器剩余处理资源分布列表。资源服务器间处理资源调整装置可管理该表,用于在进行资源服务器间的处理资源调整时进行参照。

[0097] 根据本发明的一个实施例,还提供一种集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法,图2示出了该方法的步骤。

[0098] 概括而言,该方法包括:对于要进行处理资源调整(即,某个处理器的虚拟基站负载增加或者要创建新的虚拟基站,而当前处理器无法提供足够的处理资源)的处理资源设备(其包括一个或多个处理器,如上文所述的资源服务器),可首先在该处理资源设备内部寻找另一个处理器作为迁移或创建目标,以进行处理资源调整;如果在该设备内部没有找到能够作为迁移或创建目标的处理器,则接着在外部处理资源设备寻找一个处理器来进行处理资源调整。其中,不管是在设备内部还是在外部,可首先寻找剩余处理资源能够足以进行迁移和创建虚拟基站的处理器来进行处理资源调整;如果没有这样处理器,则继续寻找能够通过将自身的虚拟基站迁移到其他处理器从而足以进行迁移和创建虚拟基站的处理器。

[0099] 第一步、出现需要动态调整处理资源的情形。

[0100] 如上文所述,当处理器内的某个虚拟基站负载增加并且该处理器的处理能力不能完全满足其负载增加后的需求时,以及当在某个处理器内创建新的虚拟基站并且该处理器的处理能力不能完全满足新的虚拟基站负载需求时,需要调整处理资源。

[0101] 第二步、确定虚拟基站要迁移/创建的处理器(迁移/创建目标),进行虚拟基站的迁移/创建。

[0102] 以上文所述的资源服务器作为处理资源设备,分别对虚拟基站的迁移和创建进行描述:

[0103] 1、对于虚拟基站负载增加的情况,处理资源的调整包括以下子步骤:

[0104] 步骤1)、资源服务器内部的处理资源动态调整。

[0105] 在一个实施例中,可首先在进行需要调整的资源服务器内部寻找剩余处理资源满足要迁移的虚拟基站负载的处理器。例如,先查询如上文所述的资源服务器内部剩余处理

资源分布列表,结果包括以下两种情况:

[0106] 当在该列表中找到这样的处理器时,则将要迁移的虚拟基站向这个处理器进行迁移,从而完成针对虚拟基站负载增加而进行的处理资源调整,这种方式可称为虚拟基站单向迁移式调整。在进一步的实施例中,如果在设备中找到多个合适的处理器,则先从中选择负载变化程度较小的一个处理器,再将虚拟基站向这个处理器进行迁移。

[0107] 当没有找到这样的处理器时,可再次查询资源服务器内部剩余处理资源分布列表。在资源服务器内寻找满足以下条件的处理器,其中该处理器运行的一个或多个虚拟基站可迁移到其他处理器,且迁移后剩下的处理资源满足进行虚拟基站迁移的要求。如果找到满足条件的处理器,则将该处理器的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,并且将要迁移的虚拟基站迁移到该处理器。类似地,如果有多个满足条件的处理器,可以选择负载变化程度最小的一个处理器来进行迁移。如果找不到满足条件的处理器,则可以进行下一步,即资源服务器间的处理资源调整。

[0108] 在进一步的实施例中,可在资源服务器内选择剩余处理资源最大的一个处理器或者选择任何一个处理器,之后进一步确定能否将需迁移的虚拟基站与该处理器上的某个虚拟基站进行互换。如果互换后虚拟基站所在的两个处理器都能满足其中所有虚拟基站的负载需求,则进行虚拟基站双向迁移式调整。

[0109] 2)、资源服务器间的处理资源动态调整

[0110] 在一个实施例中,要在其他资源服务器中寻找剩余处理资源满足要迁移的虚拟基站的负载要求的处理器,可例如通过查询上文所述的全局资源服务器剩余处理资源分布列表,来寻找所包含的处理器剩余处理资源可满足该虚拟基站的负载要求的资源服务器。其结果包括:

[0111] 如果找到合适的资源服务器(即找到合适的处理器),则将虚拟基站迁移至对应的资源服务器中的处理器上。在一个实施例中,如果存在多个满足条件的资源服务器,则从中选择负载变化程度 C_{total} 最低的资源服务器作为迁移对象,其中 C_{total} 为资源服务器内部各个处理器的负载变化程度 C 之和。

[0112] 如果没有合适的资源服务器(即没有合适的处理器),则基于全局资源服务器剩余处理资源分布列表寻找满足以下条件的处理器:其中该处理器上的虚拟基站可迁移到其他处理器,且剩下的处理资源满足负载增加的虚拟基站的要求。如果有这样的处理器,则将该处理器上运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器直到满足进行迁移的要求,接着再将要迁移的虚拟基站迁移到该处理器。类似地,如果有多个满足条件的资源服务器,则可以选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器进行迁移。如果没有这样的处理器,则处理资源动态调整失败。

[0113] 在进一步的实施例中,可以将拥有最大剩余处理资源的处理器(或者任何一个处理器)上的某个虚拟基站与当前需要迁移的虚拟基站进行双向互换。其中,互换后的虚拟基站所在的两个处理器都能满足其中所有虚拟基站的负载需求。

[0114] 3)、处理资源回收

[0115] 当虚拟基站被成功迁移到其他处理器后(包括单向和双向),需将被迁移的虚拟基站原先所占用的处理资源做回收操作,并且更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表以及全局资源服务器剩余处理资源分布列表。

[0116] 2、对于创建新的虚拟基站,处理资源的动态调整可包括以下子步骤:

[0117] 1)、设备内部的处理资源动态调整

[0118] 在一个实施例中,首先需要确定将新的虚拟基站创建至资源服务器内的哪个处理器。例如,可查询资源服务器内部剩余处理资源分布列表,如果列表中可以找到有足够的剩余处理资源的其他处理器,则在该处理器创建此虚拟基站。在进一步的实施例中,如果找到多个合适的处理器,则先根据处理器的负载变化程度从中选择一个处理器,再在该处理器创建虚拟基站。

[0119] 当没有找到这样的处理器时,在一个实施例中,可以参考资源服务器内部剩余处理资源分布列表在资源服务器内当前剩余处理资源最多的处理器上(或者任何一个处理器)进行虚拟基站的创建,该处理器需满足:如果将该处理器上运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,其剩余的处理资源可以满足要创建的虚拟基站的负载要求。如果找到这样的处理器,则首先将处理器上运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,接着再进行新的虚拟基站的创建。类似地,如果有多个满足条件的处理器,则可以选择负载变化程度最小的处理器。如果资源服务器内找不到这样的处理器,则执行下一步。

[0120] 2)、将虚拟基站创建到其他资源服务器

[0121] 在一个实施例中,可首先查询全局资源服务器剩余处理资源分布列表,寻找存在至少一个处理器的剩余处理资源可满足创建虚拟基站的要求的资源服务器,也就是寻找剩余处理资源满足创建新的虚拟基站的要求的处理器。

[0122] 如果找到这样的处理器,则将新的虚拟基站创建至该处理器。在进一步的实施例中,如果找到多个满足要求的资源服务器,则选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器。

[0123] 如果没有找到这样的处理器,则基于全局资源服务器剩余处理资源分布列表寻找满足以下条件的处理器,其中该资源服务器的处理器上的一个或多个虚拟基站可迁移到其他处理器,且剩下的处理资源满足要创建的虚拟基站的要求。如果找到合适的处理器,则首先将该处理器上运行的一个或多个虚拟基站迁移到其他处理器,接着再进行新的虚拟基站的创建。类似地,如果有多个满足条件的处理器,则可以选择负载变化程度最小的资源服务器中的处理器。如果仍没有找到,则处理资源动态调整失败。

[0124] 3)、更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表以及全局资源服务器剩余处理资源分布列表。

[0125] 在一个实施例中,集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法还包括:由每个处理资源设备来定期地计算其各个处理器的负载变化程度。

[0126] 而在进一步的实施例中,当某个处理器的负载变化程度C超过一定的阈值D或者长时间超过一定的阈值D时,可采用上文所述的处理资源预调整的方式来将该处理器中的多个虚拟基站迁移到其他处理器。例如,可以将导致该处理器负载变化程度较高的几个本身负载变化较大的虚拟基站迁移其他处理器。

[0127] 下面以一个具体的示例来描述集中式RAN架构下的处理资源动态调整方法的各个步骤,其中,处理资源设备即资源服务器,某个处理器的虚拟基站a负载增加,且当前处理器无法提供足够的处理资源。

[0128] 步骤1、根据当前负载增加的虚拟基站所需要的处理资源,在资源服务器内部剩余

处理资源分布列表中查询,若有多个处理器有足够的空闲处理资源,则进行步骤2,若只有一个处理器满足要求,则进行步骤3,若没有其他处理器有满足条件的剩余处理资源,则进行步骤4。

[0129] 步骤2、从多个满足要求的处理器中,选择当前负载变化程度 C 最小的处理器 P_m ,作为虚拟基站的迁移目标。

[0130] 步骤3、将负载增加后的虚拟基站 a 迁移到处理器 P_m ,完成单向迁移式处理资源动态调整,同时释放原虚拟基站所占用的处理资源,更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表和全局资源服务器剩余处理资源分布列表,处理资源动态调整结束。

[0131] 步骤4、选择当前剩余处理资源最大的处理器 P_n (其剩余处理资源为 R_t),虚拟基站 a 的负载未增加之前为 W_a ,增加后为 W_a' ,且虚拟基站 a 当前处理器的剩余处理资源为 R_s ,则从处理器 P_n 中选择虚拟基站 b (当前负载为 W_b),使得满足条件 $W_b < W_a + R_s$ 且 $W_a' < W_b + R_t$,若找到这样的虚拟基站 b 则进入步骤5,否则进入步骤6。

[0132] 步骤5、将负载增加后的虚拟基站 a 迁移到处理器 P_n ,同时将 P_n 上的虚拟基站 b 迁移到当前处理器,完成双向迁移式处理资源调整,更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表和全局资源服务器剩余处理资源分布列表,处理资源调整结束;

[0133] 步骤6、进行资源服务器间的处理资源动态调整,转到步骤1'。

[0134] 当需要将处理资源在资源服务器间进行动态调整,完成虚拟基站 a 向其他资源服务器进行迁移时,具体步骤如下:

[0135] 步骤1'、首先查询全局资源服务器剩余处理资源分布列表,找到满足条件的资源服务器集合,其中满足条件指的是该资源服务器中存在至少一个处理器的剩余资源可满足该虚拟基站的负载处理,若有满足条件的资源服务器则转到步骤2',否则转到步骤3';

[0136] 步骤2'、从满足条件的资源服务器中选择出负载变化程度 C_{total} 最低的资源服务器作为迁移对象,其中 C_{total} 为资源服务器内部各个处理器的负载变化程度 C 之和,转到步骤4';

[0137] 步骤3'、选择当前拥有最大处理器剩余处理资源的资源服务器作为虚拟基站的迁移目标,最大处理器剩余处理资源是指资源服务器中的某个处理器剩余处理资源在所有资源服务器的所有处理器剩余处理资源中最大,进入步骤5';

[0138] 步骤4'、在原来的资源服务器上释放该虚拟基站对应的处理资源,然后将其迁移至选定的资源服务器内对应有剩余处理资源的处理器上,更新资源服务器内部剩余处理资源分布列表和全局资源服务器剩余处理资源分布列表,处理资源的动态调整结束;

[0139] 步骤5'、在选定的资源服务器上,将拥有最大剩余资源的处理器上的某个虚拟基站与当前需要迁移的虚拟基站进行双向互换,方法可采用如同资源服务器内部处理资源调整的步骤4和5中所描述的方法,处理资源的动态调整结束,若仍未满足需求,则资源调整失败。

[0140] 应该注意到并理解,在不脱离后附的权利要求所要求的本发明的精神和范围的情况下,能够对上述详细描述的本发明做出各种修改和改进。因此,要求保护的技术方案的范围不受所给出的任何特定示范教导的限制。

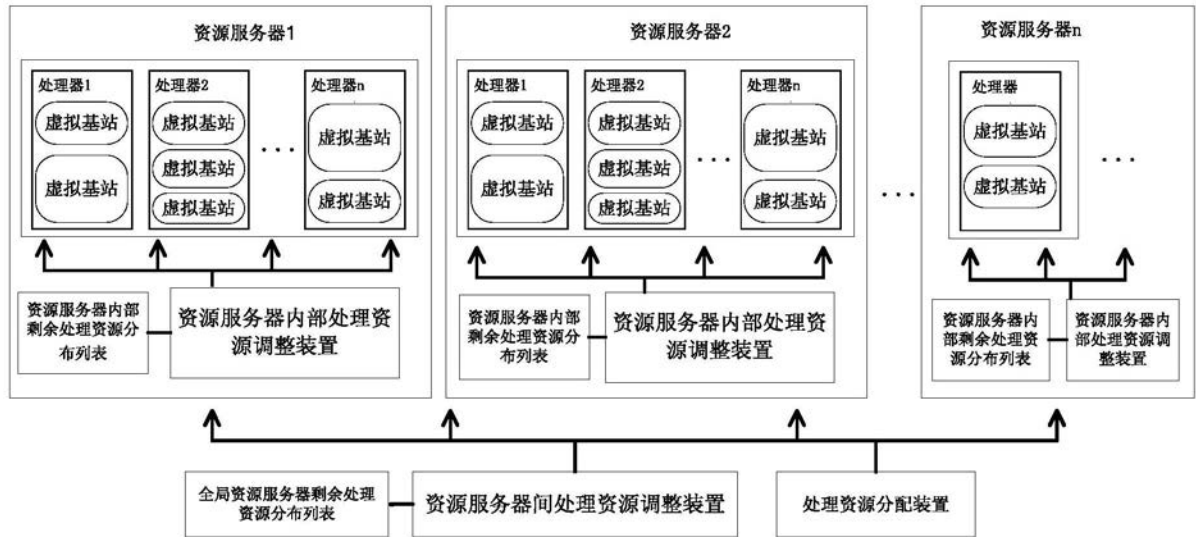


图1

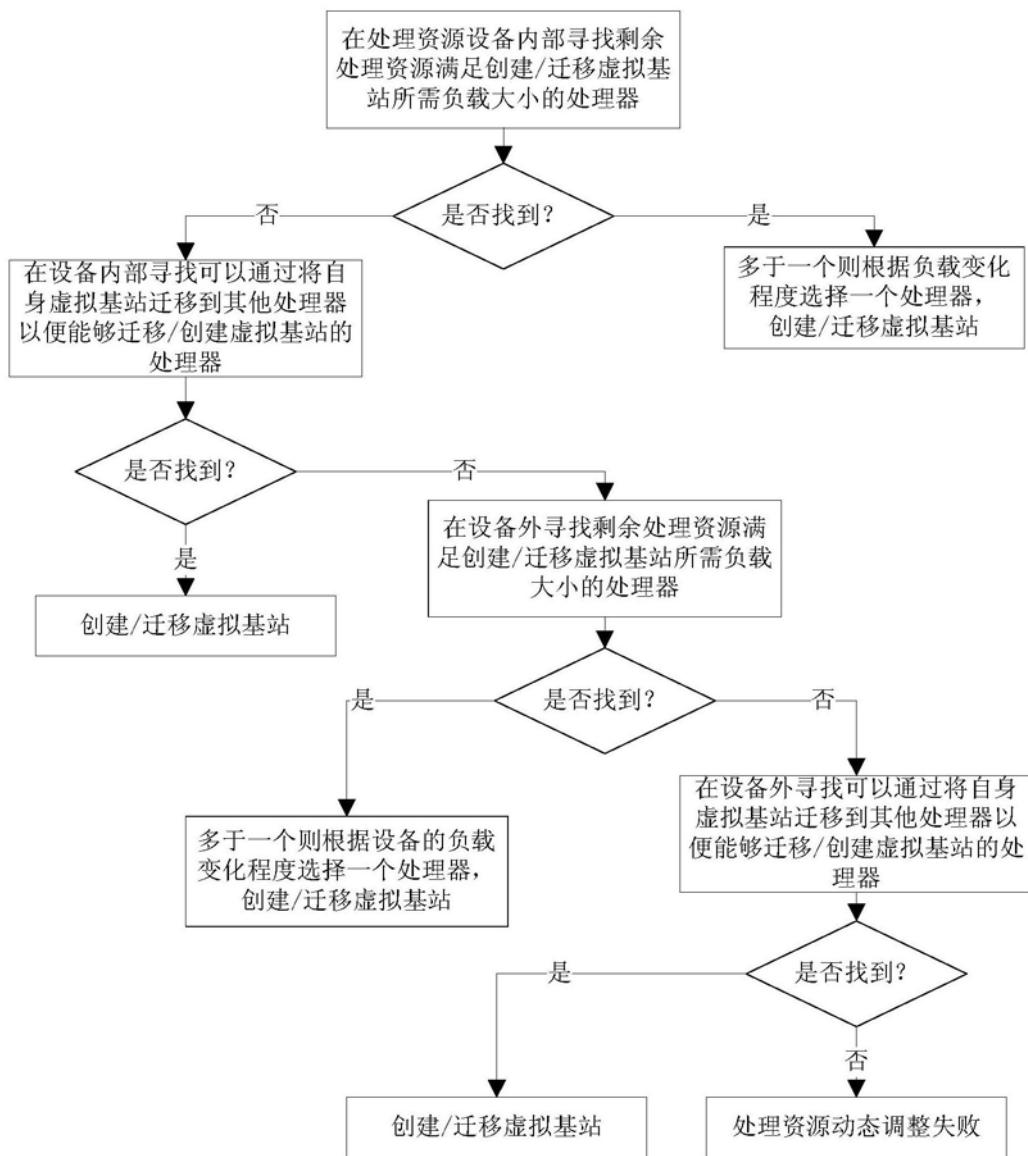


图2