



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106714184 A

(43)申请公布日 2017.05.24

(21)申请号 201710065029.1

(22)申请日 2017.01.19

(71)申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路135号

(72)发明人 马争鸣 刘亚南 杨广铭 尹远阳 孙嘉琪 黄卓君

(51) Int. Cl.

H04W 16/10(2009.01)

H04W 16/18(2009.01)

H04W 28/16(2009.01)

H04W 88/18(2009.01)

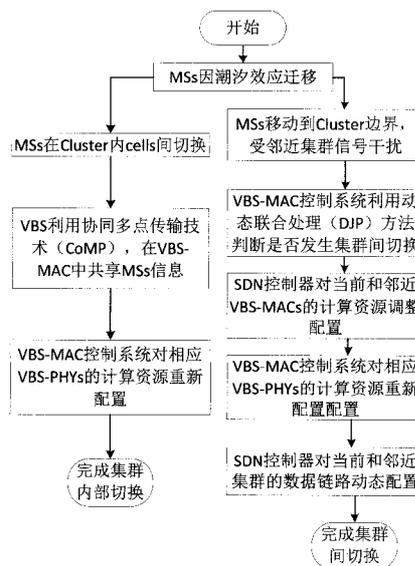
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,涉及无线接入网技术领域。该方法将BBU资源池中虚拟基站通信功能的物理层和媒体访问控制子层进行拆分,分别在虚拟机上实现,利用SDN控制器管理所有数据中心的虚拟基站,使虚拟基站之间建立虚拟集群,并对虚拟集群进行数据链路分配,为基站之间提供更高程度的协作与通信,使虚拟集群的计算资源动态配置以及数据链路的动态调整。本发明充分利用基于SDN的C-RAN网络中计算资源的虚拟化,使计算资源动态分配和数据链路的动态调整,提高BBU资源池利用率以及减少用户切换时延,能带来更好的用户体验效果。



1. 一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源动态配置的方法,其特征在于,所述方法将虚拟基站通信功能的PHY层和MAC层进行拆分,分别在虚拟机上实现,利用SDN控制器管理所有数据中心的虚拟基站,使虚拟基站之间建立虚拟集群,并对虚拟集群的计算资源动态配置。

2. 根据权利要求1所述的方法,将虚拟基站通信功能的PHY层和MAC层进行拆分,其特征在于,多个VBS-PHYs连接单个VBS-MAC,VBS-PHYs共享一个VBS-MAC的计算资源。

3. 根据权利要求1所述的方法,利用SDN控制器管理所有数据中心的虚拟基站并使虚拟基站之间建立虚拟集群,其特征在于,SDN控制器在C-RAN网络中负责在全局角度控制和管理所有的BBU资源池中的VBSs;控制器将BBU资源池中的VBSs进行虚拟集群,并对虚拟集群进行计算资源的动态调度。

4. 根据权利要求1所述的方法,虚拟集群计算资源动态配置的方法其特征在于,用户移动台MSs在cells间发生两种形式的信息切换,虚拟集群计算资源将进行动态的重新配置,所述两种情况具体如下:

情况一,当大量MSs在Cluster内从当前cell#1迁移到另一个cell#2时,MSs发生intra-Cluster小区间切换,具体步骤步骤如下:

步骤1:VBS-MAC虚拟机中的环境监控系统模块检测到虚拟集群内发生大量用户MSs切换,环境监控系统将发生迁移用户的信息发送到VBS-MAC的控制系统模块;

步骤2:VBS-MAC的控制系统模块根据接收到的用户信息计算cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源是否满足迁移用户计算资源的需求;

步骤3:若cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-PHY#2计算资源的配置信息不发生变化;VBS-MAC控制系统对VBS-PHY#1计算资源的大小进行重新配置;

步骤4:若cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源不满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-MAC控制系统对VBS-PHY#2计算资源重新配置,使之足够满足迁移MSs需求;VBS-MAC控制系统对VBS-PHY#1计算资源的大小进行重新配置;

步骤5:虚拟Cluster中VBS-MAC计算资源的配置不发生变化,虚拟集群内部小区间利用协同多点传输(CoMP)技术,共享VBS-MAC计算资源中用户的信息,由VBS-MAC中基带系统模块对用户信息进行处理;

情况二,当用户MSs受到邻近集群信号的干扰,当前虚拟集群VBS-MAC的控制系统利用动态联合处理(DJP)方法,计算并判断是否要发生虚拟集群大小的调整,具体步骤如下:

步骤1:当边缘用户MSs接收到邻近集群的干扰信号小于当前集群的干扰信号时,MSs不发生集群间切换,虚拟集群大小不变;当前集群VBS-MAC控制系统对集群内相关边缘RRH的VBS-PHY计算资源重新配置,使之足够满足迁移MSs需求;

步骤2:当边缘用户MSs接收到邻近集群的干扰信号小于当前集群的干扰信号时,当前虚拟集群VBS-MAC环境监控系统将发生迁移的边缘用户信息通过虚拟资源池的X2接口传送给邻近虚拟集群的VBS-MAC的控制系统;

步骤3:邻近VBS-MAC的控制系统模块根据接收到的用户信息计算所需增加的VBS-MAC计算资源的大小,若邻近VBS-MAC中空闲计算资源满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-MAC配置不变;否则,VBS-MAC控制器向SDN控制器发送请求信息,请求增加VBS-MAC计算资源,控制器接收到请求后,对邻近VBS-MAC计算资源重新配置并分配;

步骤4:SDN控制器将当前集群受迁移影响的边缘RRH从当前集群去掉并加入到邻近虚拟集群;

步骤5:邻近VBS-MAC的控制系统模块根据该集群内所有活跃用户信息计算集群内所有的VBS-PHYs计算资源大小,对邻近虚拟集群新增VBS-PHY虚拟机以及集群内所有VBS-PHYs计算资源重新配置和调整;

步骤6:当前VBS-MAC的控制系统对当前集群内受迁移影响的VBS-PHYs计算资源重新配置和调整。

5.一种基于SDN的C-RAN网络中数据链路动态配置的方法,其特征在于,所述方法对虚拟集群进行数据链路分配,使数据链路随着集群大小的变化而动态调整。

6.根据权利要求5所述的方法,虚拟集群数据链路动态分配的方法其特征在于,所述方法对虚拟集群进行数据链路分配,使数据链路随集群大小的变化而发生动态调整,具体步骤如下:

步骤1:当前集群和邻近虚拟集群VBS-MACs控制系统将本集群的具体网络拓扑发送到SDN控制器;

其中,具体集群网络拓扑包括本集群所在BBU池中物理服务器的IP、物理MAC地址以及集群中虚拟机与物理服务器的映射信息等;

步骤2:SDN控制器根据虚拟集群拓扑计算转发路径、配置管理业务,生成转发路径的表项并下发到当前和邻近虚拟集群VBS-MACs的传输系统模块中;

步骤3:VBS-MACs的传输系统模块根据收到的流表信息对基带系统中的基带信号进行转发。

## 一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线接入网技术领域,尤其是一种基于SDN(Software Defined Network)的C-RAN(Cloud Radio Access Network)网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,对C-RAN网络中虚拟计算资源进行虚拟化集群,并利用SDN控制器对虚拟集群的数据链路进行管理,实现对虚拟集群计算资源的动态配置,以及数据链路的动态调整。

### 背景技术

[0002] 无线接入网(RAN)是蜂窝无线网络中重要的一部分。然而,传统的蜂窝架构存在很多不足,不符合当今用户需求并呈现出一系列的缺点,主要表现在当前蜂窝网络与当今用户速率需求不匹配,不能满足用户爆炸式的容量需求;每个基站(BS)只连接固定数目的扇区,并只能为覆盖范围内的用户提供收发信号的服务;大量分布式的机房和空调设备,使移动运营商饱受巨大的运营资本支出(CAPEX)和运营支出(OPEX);基站间协同受限使用户设备在基站间切换时存在大量的时延且基站利用率低。

[0003] C-RAN是宽带无线接入网中的一种新范式,室内基带处理单元BBU和射频拉远单元RRU进行拉远,传统BBU单元集中放置在附近公共机房,如数据中心一组物理服务器中;一个数据中心的所有的虚拟基站(VBS)共享一个基带资源池,为基站(BSs)之间提供更高程度的协作与通信;集中化方式可以极大地减少机房的数量及配套设施,特别是空调等散热系统的减少,能使网络达到节能降耗效果。虽然当前存在很多利用协同多点传输技术对虚拟资源调度的研究,但是对多个资源池动态联合处理的研究很少。

[0004] SDN即软件定义网络,是一种全新的网络设计理念和设计思想。SDN是满足以下四原则的一种网络架构:控制和转发分离原则,集中化控制原则,网络业务可编程,开放的接口,实现了控制层面和数据层面的解耦分离,使网络更开放,让网络变得更敏捷和灵活,从而更好地支撑数据中心内的虚拟服务器和虚拟存储架构。

[0005] 在RAN领域,对SDN的投资主要集中在C-RAN网络,用以部署分布式无线接入点和集中式基带资源池。基于SDN的C-RAN网络代表一种全新的方案设计,并允许跨数据中心的计算资源(CPU、内存、存储和网络接口)动态配置以及数据链路的动态调整。

### 发明内容

[0006] 为克服当前蜂窝网络的局限性,本发明提供了一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,该方法将BBU资源池中虚拟基站通信功能的物理层(PHY层)和媒体访问控制子层(MAC层)进行拆分,分别在虚拟机(VM)上实现,利用SDN控制器管理所有数据中心的虚拟基站,使虚拟基站之间建立虚拟集群(V-Cluster),并对虚拟集群进行数据链路分配,为基站之间提供更高程度的协作与通信,使虚拟集群的计算资源动态配置以及数据链路的动态调整。具体的发明内容如下:

[0007] 为达到本发明的目的,本发明提供了一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据

链路动态配置的方法,该方法的网络架构具体包括如下:

[0008] 射频拉远单元RRU (Radio Remote Unit),只保留无线频谱RF (Radio Frequency) 层,负责数字/模拟转换后的射频收发功能。每个射频拉远头RRH (Remote Radio Head) 覆盖的区域称为一个小区 (cell)。

[0009] 室内基带处理单元BBU (Base band Unite) 资源池,包含PHY层、MAC层及更高层,所有数字基带处理功能都被集中在BBU池中;并利用现有的虚拟化技术,将BBU池虚拟化成一组虚拟基站 (VBSs),分别包括VBS-MACs和VBS-PHYs,可以实现多个VBS-PHYs连接单个VBS-MAC,其中VBS-PHYs和VBS-MAC可以共用一台物理服务器也可以分别安装在不同的物理服务器上,可以提高C-RAN网络中用户QoS和资源利用率。

[0010] SDN控制器,负责在全局角度控制和管理所有的BBU资源池中的VBSs;控制器将BBU资源池中的VBSs进行虚拟集群,并为虚拟集群下发数据链路流表。

[0011] 一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,该方法包括:

[0012] 情况一,当大量用户MSs在Cluster内从当前cell#1迁移到另一个cell#2时,MSs发生intra-Cluster小区间切换,步骤如下:

[0013] 步骤1:VBS-MAC虚拟机中的环境监控系统模块检测到虚拟集群内cell#1和cell#2间发生大量用户MSs切换,环境监控系统将发生迁移用户的信息发送到VBS-MAC的控制系统模块;

[0014] 需进一步说明的是,本发明所述用户的数据类型主要指每个用户访问互联网的流量方式,基本上有三种不同选择:(1) IP电话(恒定比特率),(2) 光浏览(突发性,较低的数据率),(3) 媒体流或下载(高数据速率)。

[0015] 步骤2:VBS-MAC的控制系统模块根据接收到的用户信息计算cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源是否满足迁移用户计算资源的需求。

[0016] 步骤3:若cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-PHY#2计算资源的配置信息不发生变化;VBS-MAC控制系统对VBS-PHY#1计算资源的大小进行重新配置。

[0017] 步骤4:若cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源不满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-MAC控制系统对VBS-PHY#2计算资源重新配置,使之足够满足迁移MSs需求;VBS-MAC控制系统对VBS-PHY#1计算资源的大小进行重新配置。

[0018] 步骤5:虚拟Cluster中VBS-MAC计算资源的配置不发生变化,虚拟集群内部小区间利用协同多点传输(CoMP)技术,共享VBS-MAC计算资源中用户的信息,由VBS-MAC中基带系统模块对用户信息进行处理,减少MSs因小区间切换带来的延时。

[0019] 情况二,当大量用户因潮汐效应迁移到Cluster边缘时,用户MSs会受到邻近集群信号的干扰,当前虚拟集群VBS-MAC的控制系统利用动态联合处理(DJP)方法,计算并判断是否要发生虚拟集群大小的调整。

[0020] 需进一步是说明,上述虚拟集群大小指虚拟集群中RRH的个数。

[0021] 本发明所描述的动态联合处理方法(DJP)具体如下:

[0022] 设频谱带宽有一组子载波集合: $\mathcal{F} = \{f_1, \dots, f_K\}$ ,其中K代表所有子载波的数量;

[0023] 针对每个子载波 $f_k$ ,网络中存在一个虚拟单载波集群的集合: $\mathcal{J}^k = \{1, \dots, J^k\}$  ( $1 \leq k \leq K$ ); 每个虚拟集群包含一组RRHs: $\mathcal{M}_j^k = \{1_j^k, \dots, M_j^k\}$  ( $1 \leq k \leq K, 1 \leq j \leq J^k$ ); 并且每个虚

拟集群包含一组MSs:  $\mathcal{N}_j^k = \{1_j^k, \dots, N_j^k\}$  ( $1 \leq k \leq K, 1 \leq j \leq J^k$ ) ;从某个RRH接收到某台MS的干扰信号为 $P_{rx}(n_i^k, m_i^k, t)$ :

$$[0024] \quad P_{rx}(n_i^k, m_i^k, t) = P_{tx}(n_i^k, t) - PL(n_i^k, m_i^k, t) - P_{fading}(n_i^k, m_i^k, t),$$

[0025] 其中  $n_i^k \in N_i^k$ ,  $m_i^k \in M_i^k$ ,  $PL(n_i^k, m_i^k, t)$  是在时刻  $t$  信号从移动台  $MS n_i^k$  发送RRH  $m_i^k$  接收到的最大路径损耗,  $P_{tx}(n_i^k, t)$  指  $MS n_i^k$  发出的传输功率,  $P_{fading}(n_i^k, m_i^k, t)$  指随时间变化的阴影衰落损耗。移动台  $MS$  受到当前虚拟集群的干扰信号为:

$$[0026] \quad P_{in}(n_i^k, i, t) = \sum_{\forall m_i^k \in M_i^k} P_{rx}(n_i^k, m_i^k, t)$$

[0027] 移动台  $MS$  受到临近虚拟单载波为  $J^k$  集群的干扰信号为:

$$[0028] \quad P_{ex}(n_i^k, j, t) = \sum_{\substack{\forall m_j^k \in M_j^k \\ j \neq i}} P_{rx}(n_i^k, m_j^k, t)$$

[0029] 当前VBS-MAC的控制系统计算  $MS$  接收到的所有邻近虚拟集群的干扰信号, 并计算出移动台  $MS$  接收到最大的邻近虚拟单载波集群干扰信号为:

$$[0030] \quad P_{imax}(n_i^k, t) = \max_{\substack{1 \leq j \leq J^k \\ j \neq i}} P_{ex}(n_i^k, j, t);$$

[0031] 此时, 最大干扰信号的邻近虚拟集群为集群  $j = j_{max}$ , 干扰信号大小为  $P_{imax}(n_i^k, t)$ 。

[0032] 如果  $MS$  从邻近虚拟Cluster# $j$  接收到的最大干扰信号  $P_{imax}(n_i^k, t)$  小于等于  $MS$  从当前Cluster接收到的干扰信号  $P_{in}(n_i^k, i, t)$  时,  $MS$  不发生集群间切换, 虚拟集群大小不变; 当前集群VBS-MAC控制系统对集群内相关边缘RRH的VBS-PHY计算资源重新配置, 使之足够满足迁移MSs需求;

[0033] 如果  $MS$  接收到邻近虚拟Cluster# $j$  的最大干扰信号  $P_{imax}(n_i^k, t)$  大于从当前Cluster接收到的干扰信号  $P_{in}(n_i^k, i, t)$  时, 当前Cluster和邻近虚拟Cluster# $j$  将发生虚拟集群计算资源大小的动态配置,  $MS$  Cluster间切换, 以及SDN控制器对虚拟集群数据链路流表的动态调整, 并且Clusters的大小也同步调整, 具体步骤如下:

[0034] 步骤1: 当前虚拟集群VBS-MAC环境监控系统将发生迁移的边缘用户信息通过虚拟资源池的X2接口传送给邻近虚拟集群的VBS-MAC的控制系统;

[0035] 步骤2: 邻近VBS-MAC的控制系统模块根据接收到的用户信息计算所需增加的VBS-MAC计算资源的大小, 若邻近VBS-MAC中空闲计算资源满足迁移用户计算资源的需求, 则VBS-MAC配置不变。否则, VBS-MAC控制器向控制器发送请求信息, 请求增加VBS-MAC计算资源; 控制器接收到请求后, 对邻近VBS-MAC计算资源重新配置。

[0036] 步骤3: 控制器将当前集群受影响的边缘RRH从当前集群去掉并加入到邻近虚拟集群。

[0037] 步骤4: 邻近VBS-MAC的控制系统模块根据该集群内所有活跃用户信息计算集群内所有的VBS-PHYs计算资源大小, 对邻近虚拟集群新增VBS-PHY虚拟机, 并对集群内所有VBS-PHYs计算资源重新配置。

- [0038] 步骤5:当前VBS-MAC控制系统对该集群内受影响的VBS-PHYs计算资源重新配置。
- [0039] 步骤6:SDN控制器向当前集群和邻近虚拟集群VBS-MACs控制系统下发更新的数据链路流表,具体步骤如下:
- [0040] 步骤6.1:当前集群和邻近虚拟集群VBS-MACs控制系统将本集群的具体网络拓扑发送到SDN控制器。
- [0041] 其中,具体集群网络拓扑包括本集群所在BBU池中物理服务器的IP和物理MAC地址、集群中虚拟机与物理服务器的映射信息等。
- [0042] 步骤6.2:SDN控制器根据拓扑计算转发路径、配置管理业务,生成转发路径的表项下发到当前和邻近虚拟集群VBS-MACs的传输系统模块中。
- [0043] 步骤6.3:VBS-MACs的传输系统模块根据收到的流表信息对基带系统中的基带信号进行转发。
- [0044] 本发明的优势在于:提供了一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,传统基站所有功能都可以虚拟化为数据中心组中一组虚拟基站;对虚拟基站分别虚拟化为VBS-PHY和VB-MAC,另每个VBS-PHY与远端射频单元RRH关联;利用控制器管理所有数据中心的虚拟基站,使得多个RRHs的VBS-PHYs共享单个VBS-MAC资源,并建立虚拟集群;本发明使得MSs可以在集群内随意切换,不会产生切换时延;在发生集群间的切换时,控制器可以对集群计算资源进行动态的配置以及数据链路的动态调整,使虚拟集群不会因潮汐效应产生大量的边缘用户;本发明能带来更好的用户体验效果。

## 附图说明

- [0045] 图1为基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的流程图
- [0046] 图2为基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的网络架构示意图
- [0047] 图3为VBS拆分后虚拟集群示意图
- [0048] 图4为VBS-MAC结构示意图
- [0049] 图5为集群间切换示意图

## 具体实施方式

- [0050] 结合附图对本发明作进一步的描述,需要说明的是,本实施例以技术为前提进行实施,但不限于实施例。
- [0051] 为克服当前蜂窝网络的局限性,本发明提供了一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,该方法将虚拟基站通信功能的PHY层和MAC层进行拆分,分别在虚拟机上实现,利用SDN控制器管理所有数据中心的虚拟基站,使虚拟基站之间建立虚拟集群(V-Cluster),并对虚拟集群进行数据链路分配,为基站之间提供更高程度的协作与通信,使虚拟集群的计算资源动态配置以及数据链路的动态调整。
- [0052] 本发明提供了一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,该方法的网络架构如图2所示。
- [0053] 如图2所示,射频拉远单元RRU,只保留无线频谱RF层功能,负责数字/模拟转换后的射频收发功能。每个RRH覆盖的区域称为一个小区(cell);
- [0054] 室内基带处理单元BBU资源池,包含PHY层、MAC层及更高层功能;并利用现有的虚

拟化技术,将BBU池虚拟化成一组VBSs,如图3所示,分别包括VBS-MACs和VBS-PHYs,可以实现多个VBS-PHYs连接单个VBS-MAC,其中VBS-PHYs和VBS-MAC可以共用一台物理服务器也可以分别安装在不同的物理服务器上,可以提高C-RAN网络中用户QoS和资源利用率;

[0055] 图2中,SDN控制器,在C-RAN网络中该控制器负责在全局角度控制和管理所有的BBU资源池中的VBSs;控制器将BBU资源池中的VBSs进行虚拟集群,并为虚拟集群下发数据链路流表,该V-Cluster具体满足:

[0056] (1) 每个V-Cluster的计算资源分配到一个BBU池中;(2) 每个V-Cluster只处理一个单载波;(3) 每个VBS-PHY基于RRH的位置及覆盖范围内活跃用户的数量采用单载波与一个特定的V-Cluster关联;

[0057] (4) 每个Cluster中的RRHs天线作为单一连贯天线阵列分布在集群区域。

[0058] (5) Cluster基于Cluster的大小及MAC层的算法复杂度分配一台VBS-MAC虚拟机。

[0059] 如图5所示,本实施例基于6个蜂窝站点网络描述了两个虚拟Clusters,Cluster#1和Cluster#2,集群大小分别为3和3,集群操作单载波分别为单载波#1和单载波#2;Cluster#1覆盖的区域代表用户在大量障碍的工作市区,Cluster#2覆盖区域代表用户在郊区住宅区。

[0060] 需进一步说明的是,在市中心BS一个用户每种类型的服务成本比在郊区BS相应的成本高(成本需要计算复杂度以及账户内存占用);基于语音通话下的标准指标,假设在可行性区域被BBU池服务的活跃用户的总数量可接受通信被阻挡的概率为5%。

[0061] MSs通过选择随机的方向/角度 $d$  [rd] 和速度 $S$  [m/s] 从当前的区域移动到一个新的区域,其中 $d$ 和 $S$ 范围分别是 $d$  [0,  $2\pi$ ],  $S$ 为 [ $S_{min}$ ,  $S_{max}$ ]。设计 $d$ 和 $S$ 参数后,MS通过移动一定的时间或一定的距离来确定一个新的位置。

[0062] 一种基于SDN的C-RAN网络中计算资源和数据链路动态配置的方法,该方法包括:

[0063] 如图2所示,在C-RAN网络中,普遍存在着按时间和地理位置分布的潮汐现象,Cluster#1覆盖区域代表用户在大量障碍的工作市区,Cluster#2覆盖区域代表用户在郊区住宅区。MSs在cells间会发生两种形式切换:intra-Cluster小区间切换和inter-Cluster切换。

[0064] 情况一,当大量用户MSs在Cluster#1内从当前cell#1迁移到另一个cell#2时,MSs发生intra-Cluster小区间切换,步骤如下:

[0065] 步骤1:如图4所示,VBS-MAC#1虚拟机中的环境监控系统模块检测到Cluster#1内cell#1和cell#2间发生大量用户MSs切换,环境监控系统将发生迁移的用户信息发送到VBS-MAC#1的控制系统模块;

[0066] 步骤2:如图4所示,VBS-MAC#1的控制系统模块根据接收到的用户信息计算cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源是否满足迁移用户计算资源的需求。

[0067] 步骤3:若cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-PHY#2计算资源的配置信息不发生变化;VBS-MAC#1控制系统对VBS-PHY#1计算资源的大小进行重新配置。

[0068] 步骤4:若cell#2的VBS-PHY#2中空闲计算资源不满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-MAC#1控制系统对VBS-PHY#2计算资源重新配置,使之足够满足迁移MSs计算资源的需求;VBS-MAC#1控制系统对VBS-PHY#1计算资源的大小进行重新配置。

[0069] 步骤5:虚拟Cluster#1中VBS-MAC#1计算资源的配置不发生变化,虚拟集群内部小区间利用协同多点传输(CoMP)技术,共享VBS-MAC#1计算资源中用户的信息,由VBS-MAC#1中基带系统模块对用户信息进行处理,减少MSs因小区间切换带来的延时。

[0070] 情况二,当大量用户因潮汐效应迁移到Cluster#1和Cluster#2公共边缘时,用户MSs会受到邻近集群信号的干扰,当前虚拟集群VBS-MAC#1的控制系统利用动态联合处理(DJP)方法,计算并判断是否发生虚拟集群计算资源大小的重新配置和集群大小的调整。

[0071] 本发明所描述的动态联合处理方法(DJP)具体如下:

[0072] 设频谱带宽有一组子载波集合: $\mathcal{F} = \{f_1, \dots, f_K\}$ ,其中K代表所有子载波的数量;

[0073] 针对每个子载波 $f_k$ ,网络中存在一个虚拟单载波集群的集合: $\mathcal{J}^k = \{1, \dots, J^k\}$  ( $1 \leq k \leq K$ );

[0074] 每个虚拟集群包含一组RRHs: $\mathcal{M}_j^k = \{1_j^k, \dots, M_j^k\}$  ( $1 \leq k \leq K, 1 \leq j \leq J^k$ );

[0075] 并且每个虚拟集群包含一组MSs: $\mathcal{N}_j^k = \{1_j^k, \dots, N_j^k\}$  ( $1 \leq k \leq K, 1 \leq j \leq J^k$ );

[0076] 从某个RRH接收到某台MS的干扰信号为 $P_{rx}(n_i^k, m_i^k, t)$ :

[0077]  $P_{rx}(n_i^k, m_i^k, t) = P_{tx}(n_i^k, t) - PL(n_i^k, m_i^k, t) - P_{fading}(n_i^k, m_i^k, t)$ ,

[0078] 其中 $n_i^k \in \mathcal{N}_i^k$ ,  $m_i^k \in \mathcal{M}_i^k$ ,  $PL(n_i^k, m_i^k, t)$ 是在时刻t信号从移动台MS  $n_i^k$ 发送RRH  $m_i^k$ 接收到的最大路径损耗,  $P_{tx}(n_i^k, t)$ 指MS  $n_i^k$ 发出的传输功率,  $P_{fading}(n_i^k, m_i^k, t)$ 指随时间变化的阴影衰落损耗。移动台MS受到当前虚拟集群的干扰信号为:

[0079] 
$$P_{in}(n_i^k, i, t) = \sum_{\forall m_i^k \in \mathcal{M}_i^k} P_{rx}(n_i^k, m_i^k, t)$$

[0080] 移动台MS受到临近虚拟单载波为 $J^k$ 集群的干扰信号为:

[0081] 
$$P_{ex}(n_i^k, j, t) = \sum_{\substack{\forall m_j^k \in \mathcal{M}_j^k \\ j \neq i}} P_{rx}(n_i^k, m_j^k, t)$$

[0082] 当前VBS-MAC#1的控制系统计算边缘MS接收到的所有邻近虚拟集群的干扰信号,并计算出用户MS接收到的最大的邻近虚拟单载波集群干扰信号为:

[0083] 
$$P_{j_{max}}(n_i^k, t) = \max_{\substack{1 \leq j \leq J^k \\ j \neq i}} P_{ex}(n_i^k, j, t)$$

[0084] 此时,最大干扰信号的邻近虚拟集群为集群 $j = \text{Cluster}\#2$ ,干扰信号大小为 $P_{j_{max}}(n_i^k, t)$ 。

[0085] 如果MS从邻近虚拟Cluster#2接收到的最大干扰信号 $P_{j_{max}}(n_i^k, t)$ 小于等于MS从Cluster#1接收到的干扰信号 $P_{in}(n_i^k, i, t)$ 时,MS不发生集群间切换,虚拟集群大小不变;当前集群VBS-MAC#1控制系统对集群内相关边缘RRH#3的VBS-PHY#3计算资源重新配置,使之能够满足迁移MSs需求;

[0086] 如果MS接收到邻近虚拟Cluster#2的最大干扰信号 $P_{j_{max}}(n_i^k, t)$ 大于从Cluster#1接收到的干扰信号 $P_{in}(n_i^k, i, t)$ 时,Cluster#1和Cluster#2将发生虚拟集群计算资源大小的动态配置,MSs Cluster间切换,以及SDN控制器对虚拟集群Cluster#1和Cluster#2数据链路流表的动态调整,并且Clusters的大小也同步调整,具体步骤如下:

[0087] 步骤1:虚拟集群Cluster#1中VBS-MAC#1环境监控系统将发生迁移的边缘用户信息通过虚拟资源池的X2接口传送给Cluster#2中VBS-MAC#2的控制系统;

[0088] 步骤2:VBS-MAC#2的控制系统模块根据接收到的用户信息计算所需增加的VBS-MAC计算资源大小,若VBS-MAC#2中空闲计算资源满足迁移用户计算资源的需求,则VBS-MAC#2配置不变。否则,VBS-MAC#2控制器向SDN控制器发送请求信息,请求增加VBS-MAC计算资源;控制器接收到请求后,对邻近VBS-MAC#2计算资源重新配置。

[0089] 步骤3:控制器将当前集群受影响的RRH#3从Cluster#1去掉并加入到Cluster#2中。

[0090] 步骤4:VBS-MAC#2的控制系统模块根据该集群内所有活跃用户信息计算集群内所有的VBS-PHYs计算资源大小,对Cluster#2新增VBS-PHY#3'的虚拟机,并对集群内所有VBS-PHYs计算资源重新配置。

[0091] 步骤5:VBS-MAC#1的控制系统对该集群内受迁移影响的VBS-PHY计算资源重新配置,关闭Cluster#1中VBS-PHY#3虚拟机。

[0092] 步骤6:SDN控制器向Cluster#1和Cluster#2的VBS-MACs控制系统下发更新的数据链路流表,具体步骤如下:

[0093] 步骤6.1:Cluster#1和Cluster#2的VBS-MACs控制系统将本集群的具体网络拓扑发送到SDN控制器。

[0094] 其中,具体集群网络拓扑包括Cluster#1和Cluster#2的所在BBU池中物理服务器的IP和物理MAC地址、集群中虚拟机与物理服务器的映射信息等。

[0095] 步骤6.2:SDN控制器根据拓扑计算转发路径、配置管理业务,生成转发路径的表项下发到Cluster#1和Cluster#2的VBS-MACs传输系统模块中。

[0096] 步骤6.3:VBS-MACs的传输系统模块根据收到的流表信息对基带系统中的基带信号进行转发。

[0097] 上述所提供的的实施例仅为本发明中较佳案例,并非限定本发明的保护范围,凡在本发明原则之内所做的修改和变型等,均在本发明的保护范围之内。

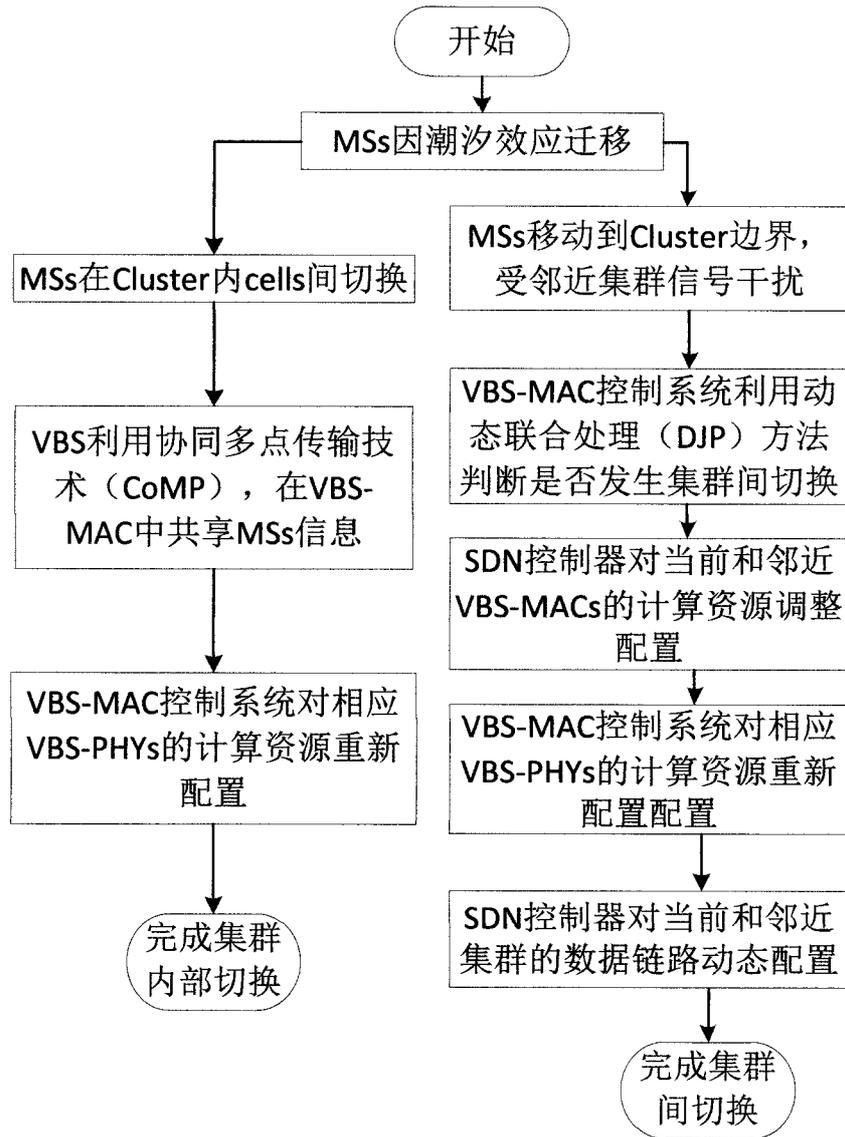


图1

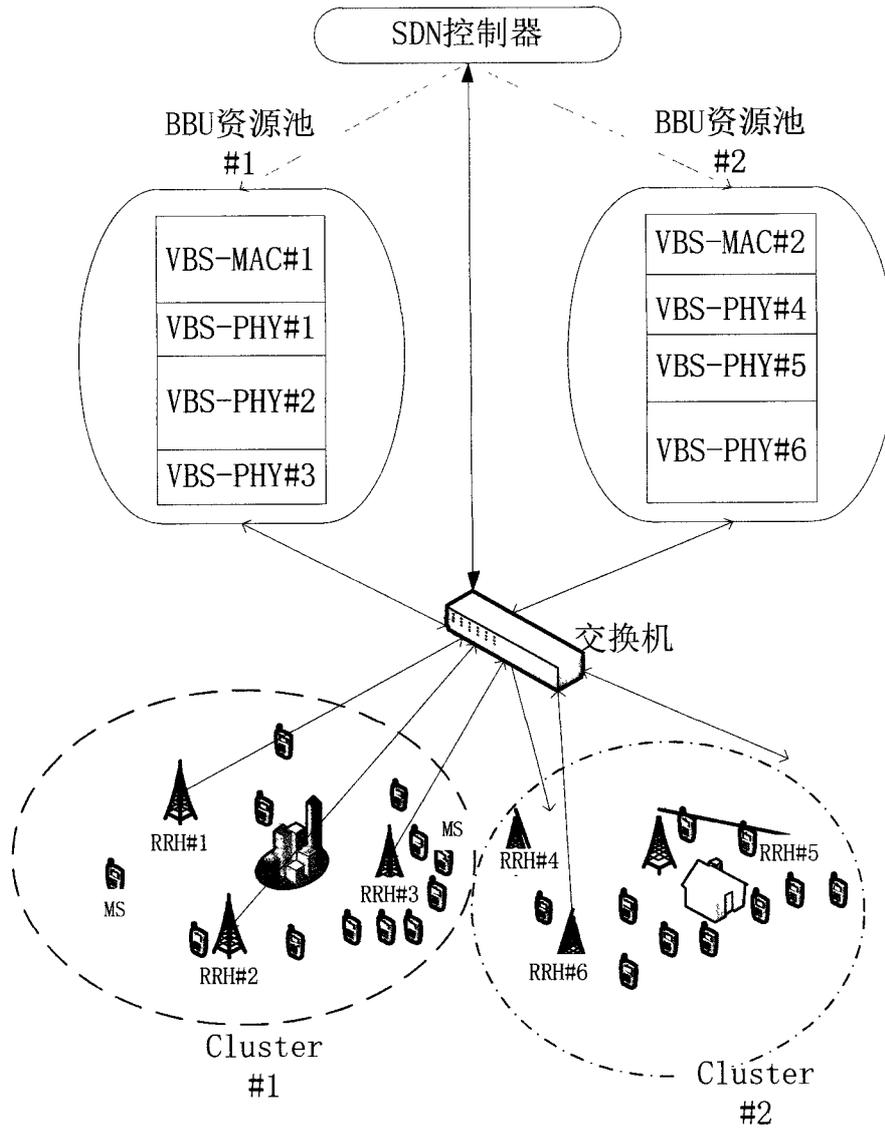


图2

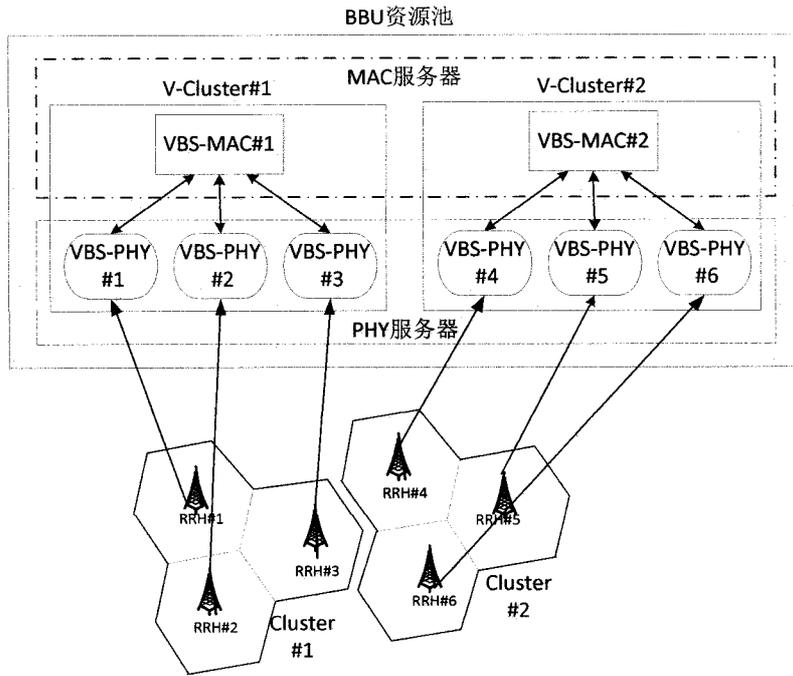


图3

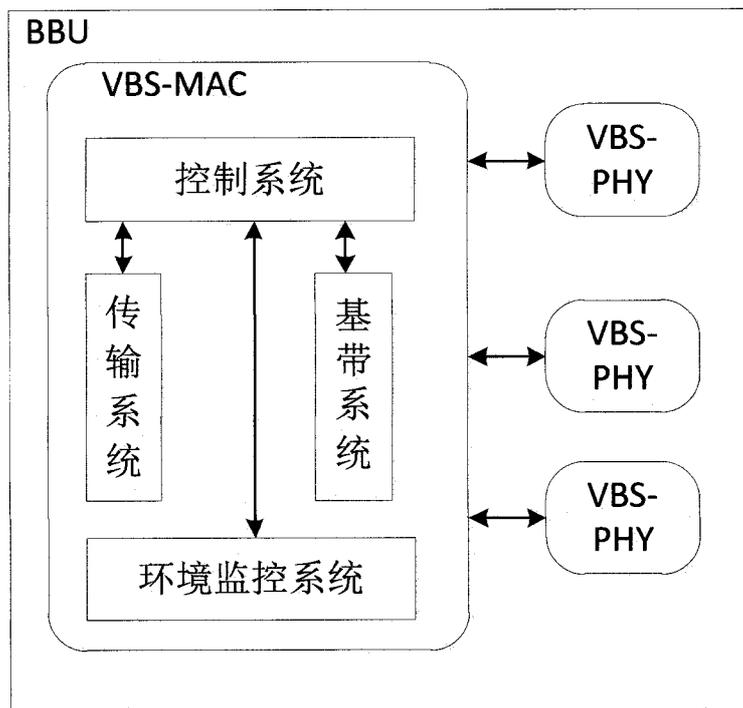


图4

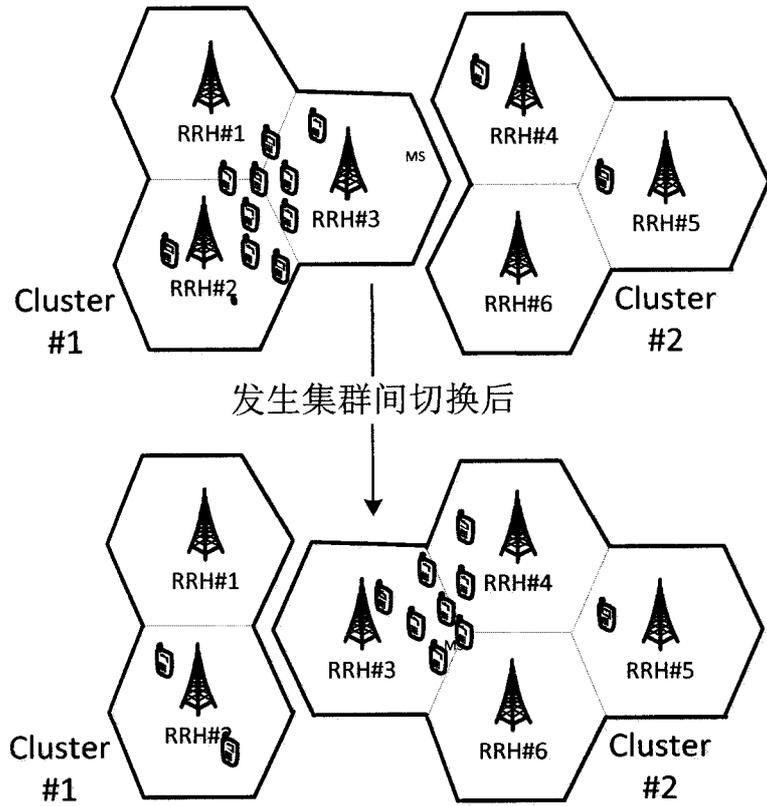


图5