



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118901253 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 05

(21) 申请号 202380029075.X

(22) 申请日 2023.03.06

(30) 优先权数据

63/316,808 2022.03.04 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2023/063804 2023.03.06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/168461 EN 2023.09.07

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国

(72) 发明人 斯特凡·F·布什

阿卜杜尔·贾巴尔

马苏德·阿巴斯扎德

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

专利代理师 罗松梅 潘剑颖

(51) Int.Cl.

H04W 24/02 (2006.01)

H04W 16/18 (2006.01)

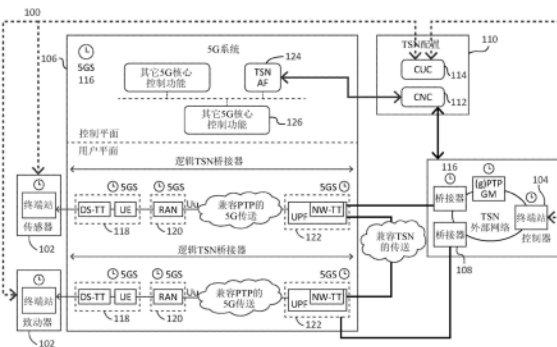
权利要求书3页 说明书25页 附图12页

(54) 发明名称

多接入边缘计算 (MEC) 控制和资源表征

(57) 摘要

本发明涉及一种通信系统,其包含核心网络和无线电接入网络,所述无线电接入网络包含中央单元,所述中央单元 (i) 经由回传网络以通信方式耦合到所述核心网络,且 (ii) 经由前传网络以通信方式耦合到多个分布式单元。所述分布式单元中的每一个与射频单元协同定位且包括多接入边缘计算 (MEC) 模块。所述分布式单元中的每一个的所述MEC模块包括一个或多个处理器和存储待由所述一个或多个处理器执行的一个或多个程序的存储器,所述一个或多个程序包含用于控制时间敏感网络 (TSN) 配置且使用所述TSN配置执行一个或多个MEC应用程序的指令。



1. 一种通信系统,其包括:

核心网络;以及

无线电接入网络,其包括中央单元,所述中央单元 (i) 经由回传网络以通信方式耦合到所述核心网络,且 (ii) 经由前传网络以通信方式耦合到多个分布式单元;

其中所述多个分布式单元中的每一个与射频单元协同定位且包括边缘启用装置;

其中所述多个分布式单元中的每一个的所述边缘启用装置包括通信数据链路、一个或多个处理器和存储待由所述一个或多个处理器执行的一个或多个程序的存储器,所述一个或多个程序包含用于以下操作的指令:

控制确定性网络配置;

根据所述确定性网络配置执行一个或多个应用程序;

确定性能表征度量,所述性能表征度量表示随所述边缘启用装置的负载而变的处理时间、系统时延、可用容量、可用负载、用户设备速度和/或处理确定性;以及

基于所述性能表征度量调整所述无线电接入网络的确定性网络流量。

2. 根据权利要求1所述的通信系统,其中所述多个分布式单元中的每一个的所述边缘启用装置直接连接到所述前传网络。

3. 根据权利要求2所述的通信系统,其中用于执行所述一个或多个应用程序的所述指令包含用于以下操作的指令:

根据所述确定性网络配置经由所述前传网络传输和接收数据。

4. 根据权利要求1所述的通信系统,其中用于执行所述一个或多个应用程序的所述指令包含用于以下操作的指令:

处理与协同定位的射频单元相关联的模拟用户数据。

5. 根据权利要求4所述的通信系统,其中:

所述用户数据是以同相和正交 (I/Q) 信号进行编码;并且

用于处理所述模拟用户数据的所述指令包含用于根据一个或多个同态处理函数处理所述I/Q信号的指令。

6. 根据权利要求1所述的通信系统,其中用于执行所述一个或多个应用程序的所述指令包含用于以下操作的指令:

在所述多个分布式单元中的第一分布式单元上执行服务;

确定与所述服务相关联的用户装置正在从所述第一分布式单元的服务区移动到所述多个分布式单元中的第二分布式单元的服务区;以及

根据所述用户装置正在从所述第一分布式单元的所述服务区移动到所述第二分布式单元的所述服务区的所述确定,将所述服务迁移到所述第二分布式单元。

7. 根据权利要求6所述的通信系统,其中用于将所述服务迁移到所述第二分布式单元的所述指令包含用于以下操作的指令:

在将所述服务迁移到所述第二分布式单元的同时维持所述服务与所述前传网络的集成。

8. 根据权利要求6所述的通信系统,其中用于将所述服务迁移到所述第二分布式单元的所述指令包含用于以下操作的指令:

将所述一个或多个应用程序转换为确定性网络流;

将所述确定性网络流从所述第一分布式单元的边缘启用装置迁移到所述第二分布式单元的边缘启用装置。

9. 根据权利要求6所述的通信系统,其中用于将所述服务迁移到所述第二分布式单元的所述指令包含用于以下操作的指令:

根据确定性流经由所述前传网络迁移所述服务。

10. 根据权利要求6到9中任一项所述的通信系统,其中所述服务为确定性消息流服务。

11. 根据权利要求1到10中任一项所述的通信系统,其中所述一个或多个应用程序为车辆引擎控制应用程序,所述车辆引擎控制应用程序经配置以在所述多个分布式单元中的一个或多个的服务区内将引擎控制数据发送到飞行器或汽车和从飞行器或汽车接收引擎控制数据。

12. 根据权利要求1到10中任一项所述的通信系统,其中所述一个或多个应用程序为电网监测与控制应用程序,所述电网监测与控制应用程序经配置以在所述多个分布式单元中的一个或多个的服务区内将控制数据发送到电网基础设施和从电网基础设施接收控制数据。

13. 根据权利要求1到12中任一项所述的通信系统,其中所述边缘启用装置为多接入边缘计算(MEC)装置。

14. 根据权利要求1到13中任一项所述的通信系统,其中所述确定性网络配置为时间敏感网络(TSN)配置。

15. 根据权利要求1到14中任一项所述的通信系统,其中所述一个或多个程序进一步包含用于以下操作的指令:

确定性能表征度量,所述性能表征度量表示随所述边缘启用装置的负载而变的处理时间、系统时延、可用容量、可用负载、用户设备速度和/或处理确定性;以及

基于所述性能表征度量调整所述无线电接入网络的确定性网络流量。

16. 根据权利要求15所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于一个或多个确定性网络配置和调度度量确定的。

17. 根据权利要求15所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于来自所述核心网络的一个或多个资源分配确定的。

18. 根据权利要求17所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于与所述核心网络相关联的MIPS、存储器、处理和/或工作循环度量确定的。

19. 根据权利要求17所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于与所述核心网络相关联的柯尔莫哥洛夫复杂度度量确定的。

20. 根据权利要求17所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于与所述核心网络相关联的主动网络定时度量确定的。

21. 根据权利要求17所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于(i)与所述核心网络相关联的资源分配度量与(ii)基准度量的比较确定的。

22. 根据权利要求16到21中任一项所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于所述边缘启用装置的时变要求确定的。

23. 根据权利要求15到22中任一项所述的通信系统,其中所述性能表征度量是基于由所述边缘启用装置处理的数据确定的。

24. 根据权利要求15到23中任一项所述的通信系统,其中所述一个或多个程序进一步包括用于以下操作的指令:

执行应用程序;以及

基于对应于多个第二边缘启用装置中的每一个的性能表征度量的比较,确定将所述应用程序迁移到所述多个第二边缘启用装置中的哪一个边缘启用装置。

25. 根据权利要求24所述的通信系统,其中所述一个或多个程序进一步包括用于以下操作的指令:

基于所述确定指派所述多个第二边缘启用装置中的一个继续执行所述应用程序;以及

根据所指派的边缘启用装置的确定性网络配置在所述所指派的边缘启用装置上执行所述应用程序。

26. 根据权利要求15到25中任一项所述的通信系统,其中所述一个或多个程序进一步包括用于以下操作的指令:

执行应用程序;以及

基于所述性能表征度量调整所述应用程序的处理速率。

27. 根据权利要求26所述的通信系统,其中用于调整所述应用程序的所述处理速率的所述指令包括用于对与所述边缘启用装置相关联的处理业务进行扩展或节流的指令。

28. 根据权利要求15到27中任一项所述的通信系统,其中所述一个或多个程序进一步包括用于基于所述性能表征度量确定是否调节所述边缘启用装置处的处理业务以维持确定性阈值且不使所述无线电接入网络溢出的指令。

29. 一种通信系统,其包括:

核心网络;以及

无线电接入网络,其包括中央单元,所述中央单元(i)经由回传网络以通信方式耦合到所述核心网络,且(ii)经由前传网络以通信方式耦合到多个分布式单元;

其中所述多个分布式单元中的每一个与射频单元协同定位且包括边缘启用装置;

其中所述多个分布式单元中的每一个的所述边缘启用装置包括通信数据链路、一个或多个处理器和存储待由所述一个或多个处理器执行的一个或多个程序的存储器,所述一个或多个程序包含用于以下操作的指令:

使用表述性状态转移应用程序编程接口(RESTful API)控制确定性网络配置;以及

根据所述确定性网络配置执行一个或多个应用程序。

30. 一种操作通信系统的方法,所述方法包含根据权利要求1到29中任一项所述的操作中的一个或多个。

多接入边缘计算(MEC)控制和资源表征

[0001] 优先权

[0002] 本申请要求于2022年3月4日提交的第63/316,808号美国临时专利申请的优先权,所述美国临时专利申请全文以引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本说明书描述大体上涉及无线通信系统和时间敏感网络(TSN)的集成,且更明确地说例如涉及无线通信系统配置为TSN的多个组件。

背景技术

[0004] 例如工业自动化和制造等一些应用需要无处不在的无缝连接,对应用的各种装置或组件(例如,工业控制器、传感器、致动器等)之间的通信具有严格的确定性定时要求。为了满足此类要求,涉及确定性网络的技术术语-TSN系统可与5G无线通信系统集成,所述TSN系统提供与相对严格的服务质量(QoS)参数,例如数据业务的时延、抖动和可靠性要求的确定性通信,所述5G无线通信系统提供高可靠性服务,例如超可靠低时延通信(URLLC)服务。

附图说明

[0005] 在所附权利要求书中阐述本发明技术的某些特征。然而,出于阐释的目的,在以下图式中阐述本发明技术的若干方面。

[0006] 图1示出根据一个或多个实施方案的常规集成TSN-5G系统100的实例。

[0007] 图2示出根据一个或多个实施方案的示例集成TSN-5G系统200架构的框图。

[0008] 图3示出根据一个或多个实施方案的集成TSN-5G系统100和集成TSN-5G系统200的对应元件。

[0009] 图4示出根据一个或多个实施方案的示例TSN块的框图。

[0010] 图5示出根据一个或多个实施方案的示例TSN块的示例参数集。

[0011] 图6A、6B示出根据一个或多个实施方案的包含MEC(一种类型的边缘启用装置)的示例集成TSN-5G系统架构的框图,具备边缘启用装置的类型。

[0012] 图7示出可用其来实施本发明技术的一个或多个实施方案的电子系统。

[0013] 图8示出根据一个或多个实施方案的示例集成TSN-5G系统800架构的框图。

[0014] 图9示出包含表示或对应于MEC模块的TSN块的5G系统。

[0015] 图10示出根据一些实施方案的用于在5G网络中实施MEC的改进方案。

[0016] 图11示出根据一些实施方案的实施用于在5G网络中实施MEC的改进方案的通信系统。

具体实施方式

[0017] 下文阐述的详细描述旨在描述本发明技术的各种配置,而并不旨在表示其中可实践本发明技术的唯一配置。附图并入本文中并且构成详细描述的一部分。详细描述包含用

于提供对本主题技术的透彻理解的具体细节。然而,本发明技术不限于本文中阐述的具体细节且可使用一个或多个其它实施方案实践。在一个或多个实施方案中,结构及组件以框图形式展示,以免模糊本发明技术的概念。

[0018] 如上文所提及,对于例如但不限于工业自动化、制造以及航空和汽车交通工具内通信等一些应用,提供确定性通信的TSN系统可以与第五代(5G)无线通信系统集成,这提供了灵活性和超可靠低时延通信(URLLC)服务。然而,通常在此类集成TSN-5G系统中,整个5G系统经配置以作为单个TSN组件(例如,TSN桥接器)操作,且集成系统被设置为例如使用一个集中式TSN配置控制器的完全集中式配置模型。因此,此集成系统可能不支持部署包含由不同供应商提供或用于集成系统的分散式TSN配置的各种组件的5G系统的灵活性。此外,5G系统可以通过使用用于数据传输的冗余路径而支持可靠的通信。然而,在5G系统被设置为典型TSN-5G集成系统中的一个TSN组件的情况下,冗余路径是跨越整个5G系统通过其所有组件(例如,从用户设备(UE)到用户平面功能(UPF))配置的。这不允许仅针对5G系统的一部分,例如较容易发生数据延迟和/或错误的5G系统部分设置冗余数据传输路径的灵活性(例如,UE与无线电接入网络(RAN)/gNodeB之间的空中接口)。

[0019] 为了解决集成TSN-5G系统中的上述问题,本发明技术提供新颖架构,其中代替配置为单个TSN组件或块,5G系统被配置为离散5G组件集合,其中每一5G组件被配置为一个离散TSN块。换句话说,本公开提供一种其中将集成TSN-5G系统中的5G系统分割成多个TSN块的架构,其中每一TSN块根据TSN规范(例如,按照IEEE 802.1Q和相关标准)配置,例如作为TSN桥接器、TSN终端装置或两者的组合。此外,代替于具有控制TSN-5G系统的集中式配置控制器,本发明技术提供TSN-5G系统中的多个分布式配置模块。配置模块可以一个或多个拓扑结构(包含网状、星型、树型或随机)互连,且每一配置模块可负责与一个或多个TSN块通信且配置一个或多个TSN块。

[0020] 如下文更详细地论述,5G系统的多个TSN块中的每一TSN块包含描述支持和执行通过所述TSN块的数据流(例如,承载URLLC数据业务)的能力的参数集。此外,每一TSN块可包含经配置以支持TSN块与其相应配置模块的交互的至少一个配置接口。配置接口可用于将TSN块的参数集提供到相应配置模块,且从配置模块接收配置数据(例如,传输时间表、数据流标识、监管规则等)以支持一个或多个数据流通过TSN块。每一TSN块可经配置以根据配置数据(经由配置接口接收)执行或操作,且根据配置数据中提供的规范传输每一数据流中的数据。最后,每一TSN块还可包含监测和诊断模块,所述监测和诊断模块经配置以监测TSN块的运行时行为且通过配置接口或经由TSN块的单独接口报告所述行为。

[0021] 多个分布式配置模块中的每一配置模块可为负责配置一个或多个TSN块的外部设施,或可被配置为TSN块内仅配置所述TSN块的软件模块。每一配置模块可经配置以确定配置数据且将配置数据提供到由配置模块控制的TSN块,所述配置数据包含用于待传输通过TSN块的一个或多个数据流的TSN时间表。配置模块可使用标准化应用程序编程接口(API)彼此间交换信息。交换的信息可包含关于TSN系统的循环时间(例如,支持的管理员循环时间(ACT),包含各自对应于特定数据流的ACT桶的离散层级,最大/最小循环时间)的信息、包含用于一个或多个TSN块的传输时间表(包含用于传输的时间偏移/持续时间/资源)的配置数据,以及用以请求或响应对资源分配的请求的信息。在一些实施方案中,多个配置模块中的一个或多个可被调适为“控制器”或“控制器模块”,其可包含经配置或调适以为可操作组

件提供指令、控制、操作或任何形式的通信以影响其操作的组件。控制器模块可包含任何已知处理器、微控制器或逻辑装置,包括但不限于:现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、全权限数字引擎控制件(FADEC)、航空系统、比例控制器(P)、比例积分控制器(PI)、比例微分控制器(PD)、比例积分微分控制器(PID控制器)、硬接线逻辑控制器(例如,用于编码、解码、转码)等或其组合。

[0022] 3GPP版本8将自组织网络(SON)分类为三个主要类别:自配置、自优化和自愈。自组织被视为使得系统或网络能够在其执行时间期间在无显式命令的情况下改变其组织的机制或过程。自配置被定义为将新网络元件(NE)并入到服务中需要最少操作人员干预的过程,其中网络元件为合并一个或多个物理装置的可管理逻辑实体。在一些实施方案中,TSN块(下文论述)可为自配置的且在具有最少人为干预的情况下并入到5G系统中作为NE。这可通过与TSN块自动共享其TSN流(串流)特性和时延要求的TSN应用程序来实现。TSN块可协作以共享流特性且确定可行的TSN时间表。

[0023] 图1示出常规集成TSN-5G系统100的非限制性实例,其中5G系统106经配置以模拟为单个TSN组件(例如,TSN桥接器)。总体上,系统100被配置为确定性TSN系统,以经由5G系统106(模拟为TSN桥接器)和一个或多个(常规)TSN桥接器108且使用TSN控制器110在终端装置之间传送数据,所述终端装置例如输入/输出(I/O)装置102和控制器104。系统100是基于用于时间同步和业务管理的标准方法配置的,从而允许例如I/O装置102和控制器104的终端装置之间通过标准以太网网络的确定性通信。举例来说,系统100可根据IEEE 802.1Q TSN规范套件操作,所述规范套件标准化用于提供确定性通信同时共享同一基础设施的联网协议的层2通信。举例来说,许多标准建立用于TSN系统时钟同步(802.1AS,一般化的精确时间协议(gPTP))、帧抢占(802.3br和802.1Qbu)、被调度的业务(802.1Qbv)和冗余管理(用于可靠性的帧复制和消除(FRER) IEEE 802.1CB)的各种技术范例。这些标准必须一起在以太网层2处工作,以确保关键控制和安全功能被执行,同时满足其相应的最后期限和约束。作为另一实施方案,相似集成系统可经配置以例如基于Wi-Fi 6和其它常见无线LAN,通过例如Wi-Fi网络等无线局域网(无线LAN)实施TSN技术。

[0024] 举例来说,802.1Qbv TSN标准以预定方式提供用于安全关键数据帧的经调度传输,且以全文引用的方式并入本文中。如本文所使用,“TSN架构”可指代但不限于附加到、经配置以用于或遵从IEEE 802.1TSN标准中的一个或多个的网络、组件、元件、单元、节点、集线器、交换机、控件、模块、路径、数据、数据帧、业务、协议、操作、传输及其组合。802.1Qbv TSN标准解决TSN内的关键和非关键数据业务的传输。保证关键数据业务在经调度时间递送,而非关键数据业务通常被给予较低优先级。已经根据用以优先化不同类型的数据业务的IEEE 802.1Q来建立各种业务类。

[0025] 以太网帧抢占由IEEE 802.3br和IEEE 802.1Qbu标准定义,所述标准可暂停非关键以太网帧的传输,也有利于减小关键业务的时延和时延变化。资源管理基础由TSN配置模型(IEEE 802.1Qcc)定义。集中式网络配置(CNC)112可应用于网络装置(桥接器,例如,5G系统桥接器106、桥接器108),而集中式用户配置(CUC)114可应用于用户装置(终端站,例如,I/O装置102)。完全集中式配置模型遵循软件定义联网(SDN)方法。换句话说,控制器110中的CNC 112和CUC 114提供控制平面而不是分布式协议。相比而言,分布式控制协议在完全分布式模型中应用,其中不存在CNC或CUC。

[0026] 由于超可靠性,可以通过每包层级可靠性机制通过用于可靠性的帧复制和消除(FRER)(IEEE 802.1CB)为数据流提供高的可用性。这通过在网络中的不相交路径上传输相同数据包的多个副本而提供可靠性。每流过滤和策略制定(802.1Qci)通过防止违反带宽、发生故障和恶意行为而改善可靠性。此外,TSN系统中的时间同步可以由一般化的精确时间协议(gPTP)(802.1AS)定义,其为精确时间协议标准(IEEE 1588)的简档。gPTP提供可靠的时间同步,其可由其它TSN工具使用,例如经调度业务(802.1Qbv)。

[0027] 为了实现所需水平的可靠性,TSN采用时间同步和时间感知数据业务整形。数据业务整形使用时间表来控制网络交换机和桥接器(例如,节点)上的传输的选通。在一些方面中,用于TSN中的此类数据业务的时间表可以在网络的操作之前确定。在其它方面中,用于数据业务的时间表可以基于系统要求在初始设计阶段期间确定,且按需要更新。举例来说,除定义TSN拓扑(包含通信路径、带宽预留和各种其它参数)之外,还可预定义用于数据传输的网络范围的同步时间。用于网络的通信路径上的数据传输的此计划通常称为“通信时间表”或简称为“时间表”。可以在特定路径上、在特定时间、在特定持续时间内针对特定数据包确定用于TSN上的数据业务的时间表。用于生成用于TSN数据业务的时间表的技术的非限制性实例在第17/100,356号美国申请中论述,所述美国申请以全文引用的方式并入本文中。

[0028] TSN中的终端装置或节点(例如,I/O装置102和控制器104)之间的时间关键通信包含“TSN流”,也被称为“数据流”或简称为“流”。举例来说,数据流可包括数据报,例如数据包或数据帧。每一数据流是单向的,从系统中的第一发源或源终端装置(例如,I/O装置102)到第二目的地终端装置(例如,控制器104),具有唯一的标识和时间要求。这些源装置和目的地装置通常被称为“说话者”和“收听者”。具体来说,“说话者”和“收听者”分别是数据流的源和目的地,且每一数据流由在系统中操作的终端装置唯一地标识。应理解,对于包括多个互连装置的给定网络拓扑,可定义互连装置或节点之间的数据流集合。举例来说,数据流集合可在互连装置之间。对于数据流集合,可另外定义数据流的各种子集或排列。此外,TSN中的终端装置或节点之间的时间关键通信包含“TSN串流”或“串流”,其中每一TSN串流可以在既定向一个或多个收听者节点通信的特定说话者节点处发源。因此,每一TSN串流可以包含一个或多个数据流,其中每一数据流在说话者节点(TSN串流来源于此)与收听者节点之间。

[0029] 终端装置(例如,102、104)和交换机(通常被称为“桥接器”或“交换节点”)(例如,106、108)两者基于预定时间表传输和接收数据流中的数据(在一个非限制性实例中为以太网帧)。交换节点和终端装置必须是时间同步的,以确保贯穿网络正确地遵循用于数据流的预定时间表。举例来说,在图1中,时钟116表示TSN系统100中的各种交换节点和终端装置(包含在5G系统106中)参考全局时钟(最高级时钟定时)是时间同步的。在一些其它方面中,仅交换机可基于预定时间表传输数据,而例如传统装置等终端装置可以非调度方式传输数据。

[0030] 可使用单个装置(例如,控制器110)调度TSN内的数据流,所述单个装置假定通过网络在网络中的说话者/收听者装置与交换节点之间固定不变的路径。替代地,可使用装置或模块集合来调度数据流。无论是单个装置还是装置集合,调度装置都可经布置以限定集中式调度器。在另外其它方面中,调度器装置可包括分布式布置。TSN也可接收非时间敏感通信,例如速率受限通信。在一个非限制性实例中,调度装置可包含离线调度系统或模块。

[0031] 可使用多种机制来标记TSN业务,包含VLAN标签以太网地址IP标头信息,以及VLAN标签以太网地址和IP标头信息的组合。可以在需要协议数据单元(PDU)标识之前在系统中任何地方标识和标记业务。TSN说话者可以创建具有不同TSN时延和确定性要求的多个TSN流(串流),且可以被指派满足要求的不同路径。在本发明的一些实施方案中,可以指定时延和确定性值且作为有限的静态离散值集合提供到TSN应用程序,而非接受无限的连续值集合的提供。

[0032] 在一些实施方案中,在各种方面中,I/O终端装置102可以是复杂机械实体,例如工厂的生产线、燃气发电厂、飞行器上的航空电子数据总线、舰队(例如,两个或更多个飞行器)其中的一个飞行器上的喷气引擎、飞行器中的数字骨干、航空电子系统、任务或飞行网络、风力发电厂、机车等。在各种实施方案中,I/O终端装置102可以包含任何数目的终端装置,例如传感器、致动器、马达和软件应用程序。传感器可以包含任何常规传感器或换能器,例如生成视频或图像数据的相机、x射线检测器、声学拾取装置、转速计、全球定位系统接收器、传输无线信号且检测无线信号的反射以便生成图像数据的无线装置,或另一装置。

[0033] 此外,致动器(例如,移动以执行I/O装置102的一个或多个操作的装置、设备或机器)可使用TSN系统100进行通信。致动器的非限制性实例可以包含制动器、节流阀、机器人装置、医学成像装置、灯、涡轮机等。致动器可将致动器的状态数据传送到一个或多个其它装置(例如,经由TSN系统100传送到其它I/O装置102、控制器104)。状态数据可表示发送状态数据的致动器的位置、状态、运行状况或类似者。致动器可从TSN系统100的一个或多个其它装置(例如,其它I/O装置102、控制器104)接收命令数据。命令数据可以表示引导致动器如何或何时移动、操作等的指令。

[0034] 在一些实施方案中,控制器104可经由TSN 100在I/O终端装置102之间或当中传送多种数据。举例来说,控制系统104可将命令数据传送到装置102中的一个或多个,或从装置102中的一个或多个接收数据,例如状态数据或传感器数据。因此,控制器104可经配置以基于由I/O装置102获得或生成或者在所述I/O装置当中传送的数据而控制I/O装置102的操作,以允许例如I/O装置102的自动化控制且将信息提供到I/O装置102的操作者或用户。控制器104可以限定或确定TSN系统100中的数据流和数据流特性。

[0035] 现在参看系统100内的5G系统106,5G系统106是用以在例如I/O装置102和控制器104等各种TSN终端装置之间承载TSN业务的无线通信系统。在一些实施方案中,5G系统106经配置以模拟为每用户平面功能(UPLF)一个TSN桥接器(类似于TSN桥接器108,根据上文所论述的TSN标准)。5G系统106可以是根据3GPP 23和38系列规范(全文并入本文中)实施且根据3GPP第17版23.501标准v17.1.1和v17.2.0(全文并入本文中)集成到系统100中的新空口(NR)网络。如图所示,5G系统106可以在5G用户平面中包含用户设备(UE) 118、RAN(gNB) 120、用户平面功能(UPLF) 122,且在5G控制平面中包含应用程序功能(AF) 124和策略控制功能(PCF) 126,以及其它组件。在一些实施方案中,5G系统106可经配置以提供超可靠低时延通信(URLLC)服务。基于新空口(NR)接口的5G系统106包含若干功能性以实现选定数据流的低时延。NR使得无线电子帧中的时隙能够较短,这有益于低时延应用。NR还引入微时隙,其中可开始优先化传输而无需等待时隙边界,从而进一步减少时延。作为对URLLC业务给予优先级和较快无线电接入的部分,NR引入了抢占,其中URLLC数据传输可抢占进行中的非URLLC传输。另外,NR应用极快的处理,即使在短时延界限内也实现重传。

[0036] 在一些实施方案中,5G定义用于数据和控制无线电信道两者的增加可靠性的超稳健传输模式。可靠性通过各种技术进一步改进,例如基于多输入多输出(MIMO)技术的多天线传输、使用多个载波和独立无线电链路上的包复制。

[0037] 时间同步嵌入到5G蜂窝式无线电系统中作为其操作的基本部分,这已经是早代蜂窝式网络的惯例。无线网络组件自身也例如通过精确时间协议电信简档进行时间同步。这提供了为时间关键应用提供同步的良好基础。对于URLLC服务,5G系统106使用时间同步用于其自身的操作,以及提供可靠性的多个天线和无线电信道。除了5G RAN特征以外,5G系统106也可以提供用于以太网联网和URLLC的核心网络(CN)中的解决方案。5G CN支持原生以太网协议数据单元(PDU)会话。5G辅助建立通过包含RAN、CN和传输网络的5GS的冗余用户平面路径。5GS还允许单独地在RAN与CN节点之间以及UE与RAN节点之间的冗余用户平面。

[0038] 如上文所提及,在集成系统100中,5G系统106每UPF一个TSN(虚拟)桥接器。5G系统106包含用于使5G系统106适应TSN域的TSN变换器(TT)功能性,以用于用户平面和控制平面,从而从TSN桥接网络隐藏5G系统106的内部程序。5G系统106通过TT功能性提供TSN桥接器入端口和出端口操作。举例来说,TT支持保持和转发功能性以用于去抖动。图1示出当5G系统106将终端站102连接到桥接网络108时的情况;然而,5G系统106也可以互连桥接器108。

[0039] 对于待集成到TSN系统100中的5G系统106,可仅在资源管理为沿着整个路径的每一跳分配网络资源时满足TSN串流的要求。与TSN配置(802.1Qcc)一致,这是通过5G系统106与CNC 112之间的交互实现的。5G系统106与CNC之间的接口允许CNC 112学习5G虚拟桥接器的特性,且允许5G系统106基于从CNC 112接收的信息建立具有特定参数的连接。有界的时延需要来自5G的确定性延迟以及TSN与5G域之间的QoS对准。举例来说,如果5G虚拟桥接器充当TSN桥接器,则5G系统106与经调度业务(802.1Qbv)一致地模拟时间受控的包传输。对于5G控制平面,AF 124中的TT从CNC 112接收TSN业务类的传输时间信息。在5G用户平面中,UE 118处的TT和UPF 122处的TT可以相应地调节基于时间的包传输。不同的TSN业务类可以映射到AF 124和PCF 126中的不同的5G QoS指示符(5QI)作为TSN与5G域之间的QoS对准的部分,且不同的5QI是根据其QoS要求处理的。

[0040] 对于时间同步,5G系统106可以实施所连接的TSN网络的gPTP。5G系统106可以充当虚拟gPTP时间感知系统,且支持通过5G用户平面TT在终端站102与桥接器108之间转发gPTP时间同步信息。

[0041] 现参看图2,其示出根据本发明技术的一些实施方案的系统200架构的框图。广泛地,系统200可以实施为类似于上文描述的系统100的集成TSN-5G系统,并且还包含与上文所论述的系统100中的物理组件相似的物理组件。然而,不同于系统100,系统200提供用于集成TSN-5G系统的新颖架构,其中5G系统106被配置为离散5G组件集合,其中每一5G组件经配置以模拟为一个离散TSN块202。换句话说,在系统200中,5G系统106被配置为包含多个TSN块202-1到202-N的分解式结构,其中每一TSN块202根据TSN规范(例如,按照IEEE 802.1和上文所论述的相关标准)配置,例如作为TSN桥接器、TSN终端装置或两者的组合。此外,代替具有集中式配置控制器110以控制TSN-5G系统,本发明技术在TSN-5G系统200中的分布式控制器210中提供多个分布式配置模块215。配置模块215-a到215-f可以一个或多个拓扑结构(网状、星型、树型)互连,且每一配置模块215可以负责与一个或多个TSN块202通信以及

配置所述块。如本文所使用,“拓扑”可以指网络的一个或多个布置,所述网络可包含多个节点(例如,发送方装置、接收方装置、交换机或桥接器)和在网络中的节点之间的连接线(例如,通信链路,或包含有线通信链路或无线通信链路的“跳”)。每一链路可以通信方式耦合对应的一对节点。链路集合可经由其相应节点按顺序耦合以定义例如在发源节点与目的地节点之间的链路路径。拓扑结构可以包括但不限于网状、星型、总线型、环型和树型拓扑结构中的一个或多个。

[0042] 在一些实施方案中,系统200经配置以根据TSN配置经由5G系统106支持和管理数据源204与数据目的地206之间的确定性TSN数据流,所述TSN配置包含由配置模块215中的一个或多个确定的TSN时间表。数据源204和数据目的地206可包含I/O装置102和控制器104中的一个或多个。虽然未示出,但系统200还可以包含TSN桥接器108和其它TSN组件。

[0043] 在一些实施方案中,在分解式结构中,多个TSN块202-1到202-N中的每一个可以对应于5G系统,例如在图1中示出和上文所论述的5G系统106的一个特定组件。举例来说,如图3中所示,UE 118可经配置以模拟为TSN块202-1,RAN 120可经配置以模拟为TSN块202-2,UPF 122可经配置以模拟为TSN块202-3,且5G系统的核心网络和/或其它典型组件(例如,前传、回传、多接入边缘计算(MEC)模块)可经配置以模拟为一个或多个TSN块202-N。每一TSN块202-1到202-N根据TSN规范(例如,按照IEEE 802.1和上文所论述的相关标准)例如被配置为TSN桥接器、TSN终端装置或两者的组合。

[0044] 在一些实施方案中,如图4中所示,每一TSN块202包含处理器402、存储器装置404、内部配置接口(ICI)406、传输模块408、报告模块410和TSN转译器(TT)-1412-1、TT-2 412-2和TT-3 412-3。处理器402可为微处理器或多核心处理器、集成电路、现场可编程门阵列等,其处理TSN配置数据且执行指令(例如,存储于存储器装置404中)以根据TSN配置数据处理和传输来自一个或多个TSN数据流的TSN数据业务。

[0045] 存储器装置404可存储描述支持和执行通过对应TSN块202的数据流(例如,承载URLLC数据业务)的能力的参数集。在一些实施方案中,所述参数集包含但不限于身份、链路质量、链路带宽。身份参数可以包含装置类型(即,TSN块202是TSN桥接器还是TSN终端站)。时延参数可以至少包含端口到端口(TSN块的开始到TSN块的结束)时延,和时延变化(通常称为“抖动”)。链路质量参数可以至少包含包错误率。链路带宽参数可以至少包含以位/秒为单位的可用带宽。

[0046] 在一些实施方案中,用于TSN块202的参数集可以包含对5G RAN特定的参数子集,包含短传输时间间隔、TSC辅助信息(TSCAI)、经配置准予(CG)信息、半持久调度(SPS)分配和/或例如3GPP TS28.540中指定的其它参数。此外,在一些实施方案中,TSN块202的参数集可包含对TSN特定的参数子集,包含时间同步性质、经调度传输(Qbv)属性、包含连接到UPF的RAN数目、路径数目的冗余属性、路径分集、可用频率的数目、传播特性、可用无线电、不同物理介质(例如,自由空间光学件)。例如,图5示出示例TSN块202的示例参数集502。

[0047] 在一些实施方案中,用于TSN块202的参数集可以定义最差情况时间同步误差、最差情况门操作误差、最大门控列表大小、最大循环时间、最大门间隔持续时间、传输开始延迟、类似者或其组合。参数集可以包含可能按由TSN块202处置的业务类型变化的确定性参数的离散集合。参数集可以至少部分地用以生成可在TSN块202的硬件上实现的TSN时间表、配置或类似者。在不存在此类参数集的情况下,TSN调度模块必须采取最小公分母法,其中

假设系统200的包含TSN块202的所有装置具有产生次佳解的最限制特性。在此意义上,所述参数集实现TSN系统200中的更好调度解决方案,从而得到包含时延、抖动、包延迟变化和带宽利用率的改进的性能度量。

[0048] 在一些实施方案中,TSN块202的参数集可进一步描述或涉及由不同操作或制造商产生、编程或以其它方式得到的装置。在此意义上,参数集可限定不同装置的集合或子集(例如,异构的,如来自多个供应商),而不是同构或类似装置。举例来说,参数集可包含但不限于系统200中的每一末端节点和交换节点的特定配置模型的定义、误差容限、硬件限制、软件限制和固件选项。在此意义上,参数集实现对包括来自多个供应商的装置和具有变化特性的异构网络的调度和配置。

[0049] 在一些实施方案中,TSN块202的参数集可进一步由TSN系统200中的每一末端节点和交换节点支持的特定TSN特征。举例来说,参数集可限定节点或TSN块202是否支持时间同步、时间感知整形、异步整形、帧复制和可靠性消除、帧抢占、入口监管和其它TSN特征中的一个或多个。参数集可进一步限定由TSN系统200中的末端节点和交换节点支持的特征或标准的特定版本或变型。这些参数集实现对混合能力网络的调度和配置,其中末端节点和交换节点具有用于所要TSN特征和版本的不同程度的支持(包含不支持)。

[0050] TSN块202装置的参数集的另一非限制性实例可包含但不限于用于编程相应TSN块202的功能性的额外参数。举例来说,额外参数集可限定或实现对具有所生成或调度的TSN配置的相应TSN块202的编程。参数集的非限制性实例可限定或使得对相应TSN块202的编程可包含但不限于编程方法、通信协议、装置登录名称、装置登录口令、装置编程端口、用于对数据进行编程的装置编程文件结构或文件路径、装置编程文件格式、装置配置文件格式、装置时间表文件格式、类似者或其组合。在此意义上,此参数集或子集限定或实现用所生成或调度的TSN配置(共同地,“编程参数”)对相应TSN块202进行编程,且使得或允许系统200更新、安装、编程、配置或以其它方式修改TSN块202的集合以响应于或根据TSN系统200的时间表或配置而操作。

[0051] 此外,每一TSN块202可包含经配置以支持TSN块202例如与其相应配置模块215的交互的至少一个内部配置接口(ICI) 406。ICI 406可用于将TSN块202的参数集中的一些或全部提供到相应配置模块215,且从配置模块215接收配置数据(例如,传输时间表、数据流身份、监管规则等)以支持通过TSN块202的一个或多个数据流。每一TSN块202可经配置以根据配置数据(经由ICI 406接收)执行或操作,且根据配置数据中提供的规范传输每一数据流的数据。

[0052] 在一些实施方案中,经由TSN块202处的ICI 406从其相应配置模块215接收的配置数据可包含串流标识信息、传输时间表或最后期限或延迟预算,或(对于速率受限业务)数据速率、过滤和监管配置信息、冗余方案和/或其它TSN配置信息。

[0053] TSN说话者信息可分成需要不同TSN流时延和确定性要求的不同频率分量。相反地,来自不同TSN说话者的TSN流可聚合到单个TSN流中以便实现更大容量和更高信道利用。在集成TSN-5G系统中具有离散循环时间可帮助确保TSN流聚合的简易性。

[0054] 在一些实施方案中,每一TSN块202可包含传输模块408,所述传输模块经配置以按照时间表、最后期限、延迟预算或经由ICI 406从配置模块215接收的配置数据中的数据速率发送特定数据流的传输。在TSN块202-1对应于5G系统的UE 118的一个实例中,传输模块

408经配置以基于5G空中接口的资源调度(在UE 118与RAN 120之间)发送数据传输。5G空中接口的资源调度可与集成TSN-5G系统的循环时间在相位上对齐。传输模块408可以使得能够符合针对每一Qbv串流的时间表传输的方式来指派5G组件中对应于(其中408为一部分)TSN块202的资源要素。举例来说,代替使用经典802.1Qbv式门控制,对应于TSN块202-1的UE 118可使用相位偏移(参考循环时间)来对齐TSN数据串流的传输与所指派时间表。在此实例中,代替UE 118从CNC获得此相位偏移,UE 118可从RAN 120获得相位偏移作为特殊命令。

[0055] 在一些实施方案中,每一TSN块202还可包含报告模块410,所述报告模块经配置以监测TSN块202的运行时行为且通过ICI 406或经由TSN块202的单独接口报告所述行为。此行为监测包含度量,所述度量包含但不限于丢包情况和遗漏传输窗口。

[0056] 返回参看图2,本发明技术在TSN-5G系统200中的分布式控制器210中提供多个分布式配置模块215。配置模块215-a到215-f可以一个或多个拓扑结构(网状、星型、树型)互连,且每一配置模块(CM)215可以负责与一个或多个TSN块202通信以及配置所述块。举例来说,CM 215-a可以负责并且以操作方式和以通信方式连接到TSN块202-1和202-2。CM 215-b可以负责并且以操作方式和以通信方式连接到TSN块202-3。CM 215-c可以负责并且以操作方式和以通信方式连接到TSN块202-3和202-N。因而,TSN块202-3可由CM 215-b和CM 215-c配置和控制。举例来说,TSN块202-3处的功能性的一部分(例如,相对于第一类型的TSN应用程序)可以由CM 215-b配置和控制,且TSN块202-3处的功能性的另一部分(例如,相对于第二类型的TSN应用程序)可以由CM 215-c配置和控制。

[0057] 在图2中所示的实例中,配置模块215以树结构布置,其中CM 215-f形成树结构的最高层级,CM 215-a、215-b和215-c形成树结构的最低层级,且CM 215-d和215-e在树结构的最高层级与最低层级之间。然而,配置模块215经由API 230以操作方式且以通信方式连接到彼此。在一些实施方案中,在树结构(例如,如图2所示)中,配置模块215可以与邻近树层级(更或低一个树层级)处的其它配置模块215通信。然而,在其它拓扑结构中(例如,在网状或对等结构中),分布式控制器210中的任何两个配置模块215可以直接以操作方式连接到彼此且彼此通信。

[0058] 在一些实施方案中,每一配置模块215可以是负责配置一个或多个对应TSN块202的外部设施,或可被配置为TSN块202内的软件模块。每一配置模块215可经配置以确定配置数据且将配置数据提供到由配置模块215控制的TSN块202,所述配置数据包含用于待传输通过TSN块202的一个或多个数据流的TSN时间表。配置模块215可以使用标准化API 230彼此交换信息。交换的信息可包含关于TSN系统的循环时间(例如,支持的管理员循环时间(ACT),包含各自对应于特定数据流的ACT桶的离散层级,最大/最小循环时间)的信息、包含用于一个或多个TSN块202的传输时间表(包含用于传输的时间偏移/持续时间/资源)的配置数据,以及用以请求或响应对资源分配的请求的信息。在一些实施方案中,配置模块215中的一个或多个可以被配置为上文所论述的TSN控制器110的CNC 112和/或CUC 114。

[0059] 在一些实施方案中,每一配置模块(CM)215从由CM 215控制的TSN块202的ICI 406接收TSN块202的参数集(上文所论述)的一些或全部。CM 215还通过API 230从系统200中的另一实体接收关于待通过TSN块202配置的数据流的信息。在非限制性实例中,数据源204和/或数据目的地206直接地或经由例如CUC 114等中间方将对数据源204与数据目的地206之间的数据流的要求提供到CM 215。在一些实施方案中,CM自身可以允许用户定义待经由

用户接口配置的数据流集合。如本文所使用,关于数据流的信息可以包含或定义数据流、数据串流、传输路径(预定或以其它方式适配)或类似者的集合,以定义数据源202与数据目的地206之间的所需TSN通信路径。关于数据流的信息的非限制性实例集合可以包含最大可允许时延、数据速率、数据帧大小(“有效负载”)、数据帧目的地、频带分配间隙、类似者或其组合。

[0060] 至少基于所接收数据流信息和用于TSN块202的参数集,CM 215确定“解决方案”(或配置数据),其中解决方案将指示如何处置通过TSN块202的每一数据流。此解决方案可以包含时间感知时间表、策略制定规则以及其它事项,如以全文引用的方式并入本文中的第17/100,356号美国申请中所论述。CM 215可以随后经由ICI 406将此解决方案或配置数据发送到TSN块202。TSN块202可以随后执行此解决方案,且根据其配置传输用于每一流的数据。在一些实施方案中,作为使分布式CM 215计算解决方案的实例过程,在CM 215的树结构的每一层级处,可以使用相同的系统模理论(SMT)求解器,其中数据流及其要求被表达为约束,且使用线性编程方法来求解可行的解决方案。来自CM树的较低层级的解决方案在CM树上的高一个层级处作为已使用资源(再次由约束表示)进行输入。重复此过程直到到达CM树的最顶部层级,在此确定全局解决方案。

[0061] 在一些实施方案中,不同数据源(例如,数据源204)及其应用程序以不同循环时间或间隔操作。相关的是,不同的数据源和目的地(及其应用程序)针对其间的许多数据流要求不同水平的时间确定性。在常规TSN系统中,确定适用于网络中的所有数据流的收敛循环时间(通常称为“管理员循环时间”)。然而,在本公开的一些实施方案中,集成TSN-5G系统可以在网络中使用离散/经量化循环时间集合。每一数据流选择可用经量化循环时间中的一个来进行操作。用于经调度传输的TSN-5G系统100中的调度可以基于循环时间的经量化/离散集合。例如,集成TSN-5G系统100可以将可用串流间隔且因此对应循环时间限制于离散值集合,包含但不限于基本上1、10、100、1000毫秒。类似地,可以限制串流或数据流要求,例如,抖动(包延迟变化)要求可以限于预定离散值集合,包含但不限于基本上1、10、100、1000微秒。在一些实施方案中,取决于由集成TSN-5G系统支持的应用程序和使用情况,可使用不同的离散值集合。举例来说,地理上分散的系统可以使用毫秒级的离散循环时间。在又一实例中,限于本地工厂的系统可以使用微秒级的离散循环时间。此离散集合的成员可以规则地或不规则地间隔开或遵循其它统计分布(包含但不限于对数、线性、高斯),而不是默认为循环时间的连续集合。在另一实施方案中,循环时间集合经标准化,使得所有TSN块具有的循环时间是从小的共同质数集合中选择的元素的乘积。这确保所有复合循环时间将容易地由TSN调度器计算,且得到一个共同网络循环时间。

[0062] 集成TSN-5G系统中的每一TSN块可以支持循环时间的集合(其中集合包含一个或多个循环时间)。CM 215配置TSN-5G系统106或200以实现跨越在不同循环时间操作的TSN块202的数据流的经调度传输。在一些实施方案中,TSN块202可能需要以兼容循环时间操作,其中兼容性暗示循环时间是彼此的整数谐波。当应用程序请求的间隔不直接映射到跨越流所穿越的TSN块202集合的离散循环时间的可用集合时,CM 215可以拟合到最接近的可用循环时间。最接近的可用循环时间将是可用循环时间的整数倍数或整数除数。CM 215可以在配置过程期间彼此交换所支持的循环时间信息的经量化/离散集合。在此实例中,本公开允许分解式TSN-5G系统创建用于大量数据流/流的可行配置。在不存在经量化循环/间隔的情

况下,配置通常需要大量的计算时间且甚至可能阻碍发现可行的解决方案。

[0063] 在一些情况下,5G系统106中的每一集成TSN-5G网络切片可具有预定义的支持的循环时间和抖动界限集合。在一些实例中,按照以引用的方式并入本文中的3GPP规范23.501,网络切片可能比典型5G网络切片更有颗粒性。在一些实施方案中,TSN-5G系统106或200可以基于TSN循环时间而分片。举例来说,支持多个关键服务的5G网络可以具有专用于应用程序及其串流的周期性的URLLC切片。举例来说,具有以近似1毫秒周期操作的应用程序的服务可以具有以1毫秒循环时间操作的专用切片。类似地,以100毫秒周期(或间隔)操作的服务和应用程序可以具有在以100毫秒循环时间操作的集成TSN-5G系统中的专用切片。此类循环时间分片改善了配置速度以及总体网络性能。在一些实施方案中,TSN块202通过其ICI 406向其相应CM 215揭示针对给定切片支持的循环时间。CM 215又可以经由配置模块间API 230在其管理下彼此交换针对TSN块支持的循环时间,以便创建用于经分切TSN-5G系统的配置解决方案。

[0064] 在一些实施方案中,由CM 215确定的解决方案或配置数据可以包含但不限于配置、定时、命令、控制、指令、类似者或其组合的集合或组,以用于根据TSN块202的特性(例如,由参数集合定义)操作相应TSN块202。在一些方面中,配置数据可以包含用于一个或多个相应TSN块202的个别或集合(例如,“全局”)数据帧传输的特定传输信息。传输信息可包含用于数据帧的传输的时间信息。在一个或多个方面中,用于数据帧的配置数据可包含传输开始时间。举例来说,传输开始时间可以是来自相应TSN块202的数据帧的传输发起的时间。在一方面中,可通过选择性打开相应TSN块202的门以将数据帧作为数据流传输到目的地节点(例如,另一TSN块202)来发起数据帧的传输。相反,可通过选择性关闭传输数据帧的相应TSN块202的门来停止或阻止数据帧的传输。配置数据也可以定义或指派以通信方式耦合相应TSN块202和另一节点的特定路径或链路以在其上传输数据流。另外,配置数据可以定义来自相应TSN块202的相应数据流的传输的持续时间。在一方面中,数据流传输的持续时间可以由在相应节点的门的选择性打开(即,用以传输数据帧)与门的选择性关闭(即,用以停止将数据帧传输到目标节点)之间的时间段定义。

[0065] 在常规TSN系统中,TSN时间表被表达为TSN块被指示传输所述数据的周期性循环中的绝对时间偏移。然而,这对于由来自多个供应商的组件构成的5G系统106可能太具有限制性。在一些实施方案中,基于最后期限的时间表是由CM 215确定且与配置数据一起提供。基于最后期限的时间表可以指示TSN块202不晚于最后期限(在周期性循环中的绝对时间方面表达)传输经配置数据流的数据。在一些实施方案中,基于延迟预算的方法将指示TSN块在延迟预算内传输经配置数据流的数据帧。因此,在基于延迟预算的方法下,TSN块202需要将在某一持续时间内到达其入端口的数据帧发送到其出端口。此方案将不需要每一TSN块202时间同步。在其中TSN块202在速率约束下经配置的一些实施方案中,TSN块202被配置成以平均或峰值传输速率(以位/秒为单位)不超过经配置值(按照来自CM 215的配置数据)的方式传输给定数据流的数据帧。

[0066] 在一些5G系统中,TSN块可以通过基于界定网络时延的服务简档进行网络分切而变得可用的共享资源集合,周期性循环包含但不限于延迟/预算。在此类实施方案中,可以存在两层级调度,其中除切片级TSN调度之外,5GS TSN-AF还可以实现将TSN块202配置为共享资源。在任一情况下,例如资源标识符等配置属性可以标识用于适当配置的TSN块。例

如,服务提供商可以具有带有特定周期性循环的多个服务简档,且服务提供商的多个租户可以利用与由5GS TSN-AF配置指定的块相同的TSN块且可以执行TSN流聚合。在一些实施方案中,服务提供商可以提供非共享TSN块集合,其中仅可以存在单层服务简档。装置特定的操作/所需的资源共享模式可以通过TSN-AF而可用于CNC 112。

[0067] 作为TSN块202的最后期限/延迟预算方法的示例实施方案,当数据帧到达TSN块202的入端口时,TSN块202将使用其本地时钟标注数据帧的到达时间。TSN块202可以随后将帧标识为属于经配置数据流,且可以随后启动等于所述数据流的经配置延迟预算的倒数定时器。使用传输模块408,TSN块202可以优先化剩下最少时间量的数据的传输。如果包的定时器在包传输之前到期,则将所述事件记录为丢失的传输,且由记录模块410在监测度量中考虑。

[0068] 在一些实施方案中,相对于TSN块202-1(对应于UE 118)与TSN块202-2(对应于RAN 120)之间的经调度传输可以涉及UE 118与RAN 120之间的上行链路和下行链路传输的“增强”分配(指派和传输),以便满足由CM 215-a针对对应于UE 118的TSN块202-1指派的时间表。在一些实施方案中,CM 215-a可以在实例化TSN时间表时考虑由RAN 120报告的UE 118缓冲区状态和无线电条件,且可以调整或报告所请求时间表中的所需改变。在某个其它实施方案中,CM 215-a可以将来自RAN 120接收的关于无线电条件的实时反馈发送到主CM,例如CM 215-d。此反馈回路可以支持在此特定TSN块处或跨越给定端到端路径上的TSN块重新计算TSN时间表以满足包延迟预算。

[0069] 在此实施方案中,可以监测链路质量,且CM 215-a可以连续调整配置数据中的无线电资源以符合传输时间表。无线电资源可以包含但不限于逻辑信道、传输功率和UE特定时期持续时间。在一些实施方案中,可以作出用于给定UE 118的固定/确定性上行链路和下行链路时隙的静态指派,使得例如连接到给定RAN切片的所有UE被给予经调度的传输时隙。5G原生空中调度可用以确定来自UE 118的传输是否将满足传输最后期限。如果否,那么UE 118可以请求对RAN 120的提升接入以实现时间表传输。在一些实施方案中,用于经调度传输的5G系统106中的调度可基于循环时间的经量化/离散集合,其中所述集合包含至少100毫秒的管理员循环时间。根据本发明技术,UE(例如,由TSN块202-1表示)与RAN(例如,由TSN块202-2表示)之间的无线电链路可以基于循环时间而分切。在一些实施方案中,TSN块202-1与TSN块202-2之间的上行链路和下行链路可以具有基于切片的循环时间分配给每一网络切片的无线电资源。举例来说,1毫秒循环时间切片将需要能够以1毫秒速率递送数据的无线电资源(信道、飞行时间等)。

[0070] 在一些实施方案中,可以调度5G资源元素(例如,频率和时隙),使得它们除“标准”5G调度业务优先化要求之外还满足TSN流时延要求。更具体地,可以分配用于TSN流的5G时隙使得它们以适当的循环时间偏移(相位)且在TSN时间表要求的时间限制(TSN窗口时间)内传输TSN流的消息。在此情况下,5G调度器不同于“传统的”TSN以太网端口之处在于如果以不同频率传输,则可以同时发出多个消息。在一些方面中,在存在不良RF信道条件的情况下,5G系统106可以通过不同频率发送消息的多个副本,以便增加满足传输时间表和/或最后期限的概率。

[0071] 为了实现系统200中的可靠数据传输,可以实施冗余流路径。5G系统106的分解式TSN块202允许以更好方式处置错误(延迟、丢弃或损坏的帧)。在一些实施方案中,UE 118可

以针对冗余向UPF 122发起两个冗余的不相交PDU会话,在此情况下5GC可以根据3GPP 38.300配置NG-RAN以用于双连接性。在一些其它实施方案中,可以在一些TSN块202之间使用FRER,而在其它块之间不使用。举例来说,冗余串流可以通过UE 118(TSN块202-1)与RAN 120(TSN块202-2)之间的空中接口实施并接着在RAN 120处组合,并且可在需要时通过核心网络(TSN块202-3、202-4)再次分裂。如图1所示,根据3GPP 23.501的当前冗余要求是UE 118与UPF 122之间的最大不相交路径。然而,根据本发明技术,不需要跨越整个5G系统建立冗余不相交路径,而是可仅针对5G系统的一部分实施。举例来说,在UE 118与RAN 120之间具有空中接口的情况下,冗余要求可以指明所述两个路径应在不同频率或不同MIMO信道或不同时间隙上。在一些实例中,本公开允许冗余的灵活使用,包括但不限于多于两个数据路径、TSN块之间的数据流的合并和分裂,以及对具有不同程度的冗余能力的TSN块的支持。

[0072] 将5GS分割为多个TSN块的概念(例如,如上文相对于图2所论述)在严格的调度可妨碍所述块之间的恶意业务的流动的情况下可潜在地增强安全性。然而,使得5GS能够作为多个TSN块操作可主要经由配置引入安全漏洞。具体来说,TSN用户可变得了解影响共享相同物理和逻辑基础设施的其它用户的内部5GS细节和连接性。这可在所需TSN网络发现阶段期间发生(例如,经由链路层发现协议(LLDP)返回的信息)。TSN用户还可能错误地配置其自身或其它用户的配置。这可使用安全子树的NETCONF的概念部分地解决,其中用户对其自身的数据模型子树具有有限视野。5G系统本质上可具有隔离网络切片的概念,这取决于例如TSN是虚拟地实施(经由软件)还是实体地实施(经由硬件)。基础设施提供者可能必须设置关于什么物理和逻辑能力暴露于每个TSN用户的限制。这可经由5G网络开放功能(NEF)完成。本公开通过使用“虚拟TSN块”提供对安全性问题的解决方案。虚拟TSN块是内部5G TSN块,其仅含有由用户的5G网络切片提供的能力。换句话说,用户可仅看到且可配置经由5G网络切片暴露的TSN块信息,且不超过所述TSN块信息。在此意义上,内部5G TSN块是内部TSN块所含有的信息集合与提供给用户的5G网络切片的分交点。

[0073] 在一些实施方案中,可实施IETF DETNET标准(如在IETF处提供:“确定性网络工作组”-<https://datatracker.ietf.org/wg/detnet/about/>)或将其集成到5GS中以便符合TSN的较小以太网的岛互连。5GS可利用DETNET以使得能够在IP层3(而非层2)上传送TSN消息。预想此类系统,本公开中所论述的技术包含5GS,其支持DETNET边缘、中继和互连空间上分离的TSN网络的传送节点,以通过5G创建较更大的复合TSN。本公开中提供的集成TSN-5G系统的所有方面都适用于(但不限于)5G DETNET的TSN岛,且尤其是分解式TSN的TSN块。

[0074] DETNET包括以下组件:(1) TSN终端系统:与DETNET边缘节点通信的IEEE一致性终端系统(2) DETNET边缘节点:将TSN帧处理到DETNET中(3) DETNET中继节点:(4) DETNET中转节点:为时间敏感消息提供拥塞避免。对DETNET进行路由而非桥接,因此实现TSN LAN之间的可路由TSN消息。基本TSN以太网帧信息在LAN之间传送或在传送中重构。DETNET通过添加子层来实现其较高层功能:(1) DetNet服务子层:将DetNet服务(例如,服务保护)提供到协议堆栈和应用程序中的较高层,以及(2) DetNet传送子层:支持底层网络中针对DetNet流的DetNet服务(例如,通过提供显式路由和拥塞保护)且封装TSN以太网帧。DETNET路由并入IP标头按照标准路由器行为,例如存活时间(TTL处理)修改,其中TTL指明允许可路由的IP消息存活的最大时间,明确涉及TSN最大时延要求。

[0075] DETNET组件可驻存在5GS的任何计算元件内,尤其是驻存在5G MEC或核心内。因

此,在一个实施方案中,5GS可为互连TSN LAN的完全兼容的DETNET。为了提供确定性,DETNET可在沿着流的路径的一些或全部中间节点中保留用于DetNet流的数据平面资源。DETNET可提供用于DetNet流的显式路由。DETNET可在时间和/或空间上分配来自DetNet流包的数据,以确保每一包的数据的传递,而不管路径的损耗如何。因此,如上文所描述,TSN CNC/DNC和调度器可需要与DETNET的交互,尤其是需要配置流路径(包含冗余流路径)、TTL和获取路由时延和抖动的能力。TSN业务整形器、时间感知整形和网络演算可用于实现5G DETNET中的确定性的所需水平。

[0076] 还应注意,其中部分为TSN(层2)且部分为DETNET(层3)的混合5GS可共存且交互操作。在此类情况下,网络的DETNET部分自身可以处理为(一个或多个)TSN块202,如上文所论述。

[0077] 另外,关于在5GS内进行高速缓存以针对TSN应用程序最小化时延和增大确定性,可以此方式管理5GS中的信息的存储量、位置和命名,所述方式使得能够实现快速且较短的邻近接入以最小化抖动。可以加密方式对每一条信息进行签名,以增加通过加密签名和存储在例如MEC的5GS组件中的信息的散列对其提供的安全性和接入。高速缓存转发单元将跟踪每一数据请求以允许高速缓存的数据的最佳转发、放置和服务。TSN CNC/DNC和调度器可计算将高速缓存的信息定位在网络内(尤其是5GS)在何处以最大化在5G应用程序之间的接入和最小化抖动(包延迟变化量)。

[0078] 实时MEC应用程序通常具有其行为的明确定义的表征。云(云计算)和雾(雾计算)5G MEC应用程序可分割成具有提供到TSN调度器的硬实时约束的微服务。约束可为完成对服务的调用的最长(最差情况)时间或按照到达或服务曲线的网络演算要求的明确定义的统计描述。在一些实施方案中,微服务可链接在一起以创建完整的MEC应用程序。通过将计算分成一系列较小微服务,可更好地控制和管理每一服务且能够提供更多的确定性。可将每一微服务抽象化为内部TSN块,包括与5G-TSN AF的确定性输入、输出、可调度操作和协调。微服务可驻存在经由TSN调度的通信互连的相同或空间上不同的处理系统上。

[0079] 此硬实时处理可包含5G MEC和5G核心功能。消息进出MEC TSN块遵循可由TSN调度器计算的确定性时间表。应注意,此类TSN块将被称作“计算TSN块”。考虑到由MEC生成的消息及其对应大小和传输时间可取决于MEC处理任务的计算复杂性、处理负载及应用程序状态而变化,TSN调度组件可利用内部模型,此模型为用于TSN调度目的的MEC处理器中的每一个的模仿、模拟或纯粹分析或混合(也称为数字分身)。TSN调度组件可接着生成用于在5G UE、MEC和5G核心之间流动的所有消息的完整的端到端TSN时间表,以及实时应用程序所需的任何云处理,其中5G核心和云处理类似地由TSN调度器建模。TSN时间表可按需要动态地重新计算时间表以维持用于5G TSN实时MEC/云应用程序的所需确定性,因为有效处理速率且因此输出消息传输时间会变化。TSN调度器可将关于实时5G应用程序的每一处理组件的最佳位置(UE、MEC、云)的反馈提供到应用程序开发人员(且用于管理和部署),从而考虑链路速度、变化、处理能力、可用存储器等。TSN系统可采用基于门的方法或速率控制机构,例如漏桶,且可使用任何数目的优化技术或网络演算来确定可行时间表。因此,TSN应用程序的完整流将不仅包含对于特定消息通过网络的端到端路径,而且包含通过作用于消息中的信息的所有计算TSN块(微服务)的完整处理路径。IEEE 802.1CB冗余路径可通过冗余或并联计算TSN块(微服务)来配置。在本发明中应能够观察编码在TSN时间表中的完整实时处理

活动,其中计算TSN块呈现为以太网桥接器,不同之处在于它们要么处理消息,要么可以创建按确定性时间表传出的新消息。

[0080] MEC应用程序经配置以使用TSN流(以参与TSN说话者或收听者),所述TSN流使用NETCONF、RESTCONF或RESTful API。在前述协议中定义的消息含有配置由MEC应用程序使用的TSN流所需的IEEE 802.1Qcc信息。另外,MEC应用程序经设计以从一个MEC平台移动到另一MEC平台,且RESTful API经限定以查询当前平台的TSN配置以验证其具有所需的确定性通信要求,具体地说,包含时延和抖动。其还具有含有通知其新位置的TSN CNC所需的前述信息和将TSN业务动态地重新分配到其新位置所需的信息的最新RESTful API。如所提到,IEEE 802.1CB可用于建立到MEC应用程序可迁移的预期位置的冗余TSN流。TSN调度器,即集中化网络配置器(CNC)或分布式网络配置器(DNC)可为提供5G TSN调度即服务和配置即服务、可用于动态重新调度的MEC应用程序,其中需要低时延。

[0081] TSN应用程序可传输定时性能简档查询微服务请求,目标是确定关于处理时间的统计信息。当对此类请求作出响应时,微服务将执行所述请求且返回结果和定时性能简档两者。定时性能简档可至少含有微服务调用的网络开始和结束时间,且可任选地含有所有被调用子功能的开始时间和结束时间。所述信息还可含有在定时性能简档期间的MEC处理器负载的平均值。定时性能简档可由TSN应用程序使用以优化TSN调度,其中需要微服务来处理TSN业务流。可在有效操作期间获得定时性能简档,其中通常使用来自简档的输出,或在有效操作之前作为特殊测试样本。定时性能简档信息可用于确定将哪一MEC硬件用于当前和未来操作且用作TSN调度器的约束信息。

[0082] 本公开还提供额外的新方面,包含:(1)TSN调度的5G核心功能;(2)确保CPU具有与以太网硬件时间戳机制的直接时间同步;(3)启用特定5G网络功能和过程的TSN调度;(4)添加新时间感知编程特征,例如基于时间的事件处理;(5)基于时间集成条件处理,例如经由微服务调度的YANG配置实施的实时编程,以实施服务链接(见例如YANG经调度操作的<https://www.rfc-editor.org/rfc/pdfrfc/rfc7758.txt.pdf>)。

[0083] 此外,可在TSN-5G系统106或200内实施LinkDelayStatistic(实施为YANG模型)累积分布函数数据模型。在此类实施方案中,无线链路可收集信息且将其馈送到CNC的调度器,所述调度器随后将利用所述信息以调度变速链路。LinkDelayStatistic YANG模型还可提供关于链路延迟是否为静止的和遍历性的信息。调度器可使用此信息以依赖于给定样本来预测未来且创建准确时间表。CNC接着可利用针对每一TSN块的此知识来部署最佳潜在TSN业务整形或门时间表,包含在确定结果时使用网络演算。

[0084] 本公开还设想能够作为软件驻存在5G系统内的虚拟化网络功能(VNF-TSN)。其可能需要专用处理器硬件来支持实时操作。在一些实施方案中,TSN可提供为软件定义的TSN(SDN-TSN)和5G TSN即服务(TaaS)。在一些实施方案中,VNF-TSN可在每一5G子组件(TSN块)内配置:UE、Radiohead、CU/DU、RAN、MEC、核心等。如上文所论述,微服务可作为TSN调度的部分链接在一起。每一微服务可将其服务时间表暴露于TSN时间表。服务是延迟的部分,但其可比通信链路具有更多变化量。在此类实施方案中,服务是微服务与TSN调度的此集成中的链路。网络计算可用于并入处理延迟。TSN输入提供清晰的到达曲线。处理器执行时间提供服务曲线(我们假设5G设备具有良好表征的处理时间)。

[0085] 在本公开的另一方面中,时间感知MEC平台被定义为充当PTP客户端(符合802.1AS

终端站),并且如果需要则充当PTP桥接器(符合802.1AS桥接器)的平台。需要用于并行地运行多个切片(OSes、VM、容器)的虚拟化MEC平台的PTP桥接器以及网络桥接器功能性。通常,虚拟桥接器/交换机用于虚拟化计算平台中。在本公开中,定义启用TSN的虚拟交换机,其包含时间感知。MEC平台中的时间感知PTP客户端运行PTP状态机以及伺服机构以使本地可用时钟与网络中的最高级时钟同步。此外,MEC平台使系统时钟与PTP时钟同步,其中系统包含操作系统、网络堆栈、应用程序堆栈或利用时钟的任何其它软件和硬件元件。这使得每一MEC应用程序能够在同步PTP时间上操作。在一个实例中,MEC主机操作此PTP客户端且经由虚拟化基础架构为所有MEC应用程序提供同步时间(比如系统/主机时间)。在另一情况下,每一MEC应用程序可运行经由时间感知桥接器连接到主机的PTP客户端的个别实例。

[0086] 作为配置接口,3GPP 23.501指明其中CNC将5GS配置为时间感知桥接器的集中式配置模型。类似地,MEC平台应可配置有CNC作为时间感知终端站或时间感知桥接器。此MEC可支持针对TSN特征使用802.1Qcw yang模型的配置,所述TSN特征包含时间感知整形、转发以及帧复制和消除冗余。此外,MEC主机可具有使用802.1Qcc接口向CNC提供驻存应用程序的数据流要求的CUC组件。MEC还可向CNC提供关于其TSN能力的信息,使得CNC可准确地对MEC建模。举例来说,MEC自身可呈现为起始某一数据流集合的TSN终端站。CNC将在网络中适当地对MEC建模且生成正确配置。MEC将支持与OS和应用程序协作的对数据串流的标识。特定功能性取决于MEC组件的TSN感知而变化。在MEC主机上的TSN未感知应用程序需要MEC桥接器中的IP串流标识。

[0087] TSN前传/回传(例如,TSN块202)可直接连接到MEC,从而向MEC提供确定性输入。然而,MEC应用程序意图连续地迁移,或可能更直观地说,“浮动”到5G网络的边缘以保持最靠近其潜在移动的客户端。因此,需要确定性的MEC应用程序将指定最小可接受包延迟变化量(MPDV)阈值。MPDV可并入到所有MEC应用程序的规范中,这可将可行的应用程序位置限制到作为5GS内的TSN块存在的那些MEC平台。应用程序必须确保恰当的TSN串流标识和转译规则在新的MEC平台(其可为单个处理器或处理器的子网络)上实施,使得MEC消息说话者/收听者消息帧被恰当地标注和处置。当可能时,MEC应用程序可能想要携带其自身的配置指令,以便在其迁移到新MEC平台时“自动安装”。应注意,可采用负载均衡机构来确保用户不过度安装任何MEC应用程序集合,且以最佳方式分布MEC应用程序。在其它情形中,归因于噪声,冗余MEC平台和应用程序可实例化和/或MEC应用程序迁移,而非严格地归因于移动性。多个MEC还可连接为TSN冗余系统。

[0088] 图6A和6B示出包含表示或对应于多接入边缘计算(MEC)模块的TSN块605(类似于TSN块202-N)的集成TSN-5G系统600(类似于系统200)。TSN块605被配置为数据源/吸收器(即,作为TSN终端站),但位于5G系统106内,而不是布置在5G系统106的边缘处。TSN块605可被配置为桥接终端站。

[0089] 参看图8,应用程序数据串流可以横跨多个集成TSN-5G系统805和810。在此情况下,TSN块可以使用包含但不限于5G骨干、专用网络隧道或其它广域网的TSN兼容传输820在地理上分布式互连多于一个5G系统。在本发明中,TSN块由其相应CM 215配置。在一些实施方案中,跨越两个TSN-5G系统805、810的配置可以通过集中式配置设施(CNC)112协调。在一些其它实施方案中,所述两个TSN-5G系统805、810之间的CM 215可以直接通信。在一些实施方案中,可以使用多个CUC和CNC以捕获用户要求且生成本公开中提供的TSN解决方案和技

术(例如,TSN时间表、转发指令等)。

[0090] 图7示出可用其来实施本发明技术的一个或多个实施方案的电子系统700。电子系统700可以是TSN块202和/或配置模块215和/或可以是其一部分。电子系统700可以包含各种类型的计算机可读介质和用于各种其它类型的计算机可读介质的接口。电子系统700包含总线708、一个或多个处理单元712、系统存储器704(和/或缓冲器)、ROM 710、永久存储装置702、输入装置接口714、输出装置接口706和一个或多个网络接口716,或其子集和变化。

[0091] 总线708共同表示以通信方式连接电子系统700的大量内部装置的所有系统、外围和芯片组总线。在一个或多个实施方案中,总线708以通信方式连接一个或多个处理单元712与ROM 710、系统存储器704和永久存储装置702。所述一个或多个处理单元712从这些各种存储器单元检索待执行指令和待处理数据,以便执行本公开的过程。在不同实施方案中,所述一个或多个处理单元712可以是单个处理器或多核心处理器。

[0092] ROM 710存储一个或多个处理单元712和电子系统700的其它模块需要的静态数据和指令。另一方面,永久存储装置702可以是读取和写入存储器装置。永久存储装置702可以是即使在电子系统700关闭时也存储指令和数据的非易失性存储器。在一个或多个实施方案中,大容量存储装置(例如,磁盘或光盘及其对应的磁盘驱动器)可以用作永久存储装置702。

[0093] 在一个或多个实施方案中,可装卸式存储装置(例如,软性磁盘、快闪驱动器及其对应的磁盘驱动器)可用作永久存储装置702。类似于永久存储装置702,系统存储器704可以是读取和写入存储器装置。然而,不同于永久存储装置702,系统存储器704可为易失性读取和写入存储器,例如随机存取存储器。系统存储器704可以存储一个或多个处理单元712在运行时间可能需要的任何指令和数据。在一个或多个实施方案中,本公开的过程存储于系统存储器704、永久存储装置702和/或ROM 710(各自被实施为非暂时性计算机可读介质)中。所述一个或多个处理单元712从这些各种存储器单元检索待执行指令和待处理数据,以便执行一个或多个实施方案的过程。

[0094] 总线708还连接到输入和输出装置接口714和706。输入装置接口714使用户能够将信息传送到电子系统700且选择到所述电子系统的命令。可以与输入装置接口714一起使用的输入装置可以包含例如字母数字键盘和指向装置(也被称为“光标控制装置”)。举例来说,输出装置接口706可使得电子系统700所生成的图像能够显示。可以与输出装置接口706一起使用的输出装置可包含例如打印机和显示装置,例如液晶显示器(LCD)、发光二极管(LED)显示器、有机发光二极管(OLED)显示器、柔性显示器、平板显示器、固态显示器、投影仪,或用于输出信息的任何其它装置。一个或多个实施方案可包含充当输入及输出装置两者的装置,例如触摸屏。在这些实施方案中,向用户提供的反馈可为任何形式的感觉反馈,例如,视觉反馈、听觉反馈或触感反馈;并且来自用户的输入可用任何形式接收,包含声波、语音或触觉输入。

[0095] 最后,如图7所示,总线708还通过一个或多个网络接口716将电子系统700耦合到一个或多个网络和/或一个或多个网络节点。以此方式,电子系统700可以是计算机网络(例如LAN、广域网(“WAN”)、或内联网、或网络的网络,例如因特网)的一部分。电子系统700的任一或所有组件可结合本公开使用。

[0096] 上文描述的这些功能可在计算机软件、固件或硬件中实施。所述技术可使用一个

或多个计算机程序产品实施。可编程处理器和计算机可包含于移动装置中或封装为移动装置。过程和逻辑流可由一个或多个可编程处理器和由一个或多个可编程逻辑电路系统执行。通用和专用计算装置和存储装置可通过通信网络互连。本文公开的功能可以使用量子计算、脉冲耦合振荡 (PCO) /伊辛计算 (Ising computing) 来实施。

[0097] 一些实施方案包含在机器可读或计算机可读介质 (也被称作计算机可读存储介质、机器可读介质或机器可读存储介质) 中存储计算机程序指令的电子组件, 例如微处理器、存储装置和存储器。此类计算机可读媒体的一些实例包含RAM、ROM、只读光盘 (CD-ROM)、可记录光盘 (CD-R)、可重写光盘 (CD-RW)、只读数字多功能光盘 (例如, DVD-ROM、双层DVD-ROM)、多种可记录/可重写DVD (例如, DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW等)、快闪存储器 (例如, SD卡、迷你SD卡、微型SD卡等)、磁性和/或固态硬盘驱动器、只读和可记录 Blu-Ray® 盘、超密度光盘、任何其它光学或磁性媒体, 以及软盘。计算机可读介质可存储计算机程序, 所述计算机程序可由至少一个处理单元执行且包含用于执行各种操作的指令集。计算机程序或计算机代码的实例包含例如由编译器产生的机器代码, 以及包含由计算机、电子组件或使用解译程序的微处理器执行的高级代码的文件。

[0098] 虽然上文的论述主要是指执行软件的微处理器或多核心处理器, 但一些实施方案是由一个或多个集成电路执行, 所述一个或多个集成电路例如专用集成电路 (ASIC) 或现场可编程门阵列 (FPGA)。在一些实施方案中, 此类集成电路执行存储在电路自身上的指令。

[0099] 如本申请的说明书以及任何权利要求中所使用, 术语“计算机”、“服务器”、“处理器”和“存储器”全部指代电子或其它技术装置。这些术语不包含人或人的群组。出于本说明书的目的, 术语显示 (display) 或显示 (displaying) 意味着在电子装置上显示。如本申请的说明书以及任何权利要求中所使用, 术语“计算机可读介质”和“计算机可读介质”完全限于以计算机可读的形式存储信息的有形的物理对象。这些术语不包含任何无线信号、有线下载信号和任何其它短暂信号。

[0100] 为了提供与用户的交互作用, 本说明书中所述的主题的实施方案可在具有用于向用户显示信息的显示装置 (例如CRT (阴极射线管) 或LCD (液晶显示器) 监测器) 和使用用户可由其向计算机提供输入的键盘和指标装置 (例如鼠标或轨迹球) 的计算机上实施。其它种类的装置也可以用于提供与用户的交互; 例如, 向用户提供的反馈可以是任何形式的感觉反馈, 例如视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈; 并且来自用户的输入可以按任何形式接收, 包含声音、语音或触觉输入。另外, 计算机可通过向由用户使用的装置发送文档和从其接收文档而与用户交互; 举例来说, 通过响应于从网页浏览器接收的请求而将网页发送到用户的客户端装置上的网页浏览器。

[0101] 本说明书中所描述的主题的各方面可实施于包含后端组件 (例如, 如数据服务器), 或包含中间件组件 (例如, 应用程序服务器), 或包含前端组件 (例如, 具有图形用户接口或Web浏览器的客户端计算机), 或包含一个或多个此类后端、中间件或前端组件的任何组合的计算系统中, 用户可通过所述客户端计算机与本说明书中所描述的主题的实施方案交互。系统的组件可以通过数字数据通信的任何形式或介质 (例如, 通信网络) 进行互连。通信网络的实例包含局域网 (“LAN”) 和广域网 (“WAN”)、网络间 (例如, 因特网), 以及对等网络 (例如, 特用对等网络)。

[0102] 所属领域的技术人员将了解, 本文所述的各种说明性块、模块、元件、组件、方法和

算法可实施为电子硬件、计算机软件,或两者的组合。为了说明硬件与软件的这种可互换性,上文已大体就其功能性描述了各种说明性块、模块、元件、组件、方法和算法。这种功能被实施为硬件还是软件取决于特定应用和强加于整个系统的设计约束。针对每一特定应用可以不同方式实施所描述功能性。在不脱离本发明技术的范围的情况下,各个组件和块都可以不同方式布置(例如,以不同次序布置,或以不同方式分割)。

[0103] 应理解,在所公开的过程中的步骤的特定次序或层级是实例方法的说明。基于设计偏好,应理解,可重新布置过程中的步骤的特定次序或层级。一些步骤可以同时进行。随附的方法权利要求以示例次序呈现各个步骤的元件,且并不意味着限于所呈现的特定次序或层级。

[0104] 提供先前描述是为了使本领域任何技术人员能够实践本文所描述的各个方面。先前描述提供本发明技术的各种实例,且本发明技术不限于这些实例。对这些方面的各种修改对于所属领域的技术人员来说将容易显而易见,并且本文中定义的一般原理可应用于其它方面。因此,权利要求书并不意图限于本文中所展示的方面,而是将被赋予与语言权利要求书一致的完整范围,其中以单数形式提及元件并非意图表示“有且仅有一个”(除非明确地这样叙述),而是表示“一个或多个”。除非另有特定陈述,否则术语“一些”是指一个或多个。关于男性的代词(例如,他的)包含女性 and 中性(例如,她的和它的),并且反之亦然。标题和副标题(如果有的话)只是为了方便而使用,且并不限制本文所描述的公开。

[0105] 预测词语“经配置以”、“可操作以”和“经编程以”不暗示主题的任何特定有形或无形修改,而是既定可互换使用。举例来说,经配置以监测和控制操作或组件的处理器还可表示所述处理器经编程以监测和控制所述操作,或所述处理器可操作以监测和控制所述操作。同样地,配置成执行代码的处理器可理解为编程为执行代码或可操作以执行代码的处理器。

[0106] 如本文所使用,术语自动可以包含计算机或机器在无用户干预的情况下的执行;例如,通过响应于计算机或机器或其它发起机构的谓词动作的指令。词语“实例”在本文中用于意味着“充当实例或说明”。本文中描述为“实例”的任何方面或设计未必应解释为比其它方面或设计更为优选或有利。

[0107] 例如“方面”的短语不暗示这一方面对于本发明技术必不可少或这一方面适用于本发明技术的所有配置。与一方面相关的公开内容可适用于所有配置,或一个或多个配置。方面可提供一个或多个实例。例如方面的短语可指一个或多个方面,且反过来也是如此。例如“实施例”的短语不暗示此实施例对于本发明技术必不可少或此实施例适用于本发明技术的所有配置。与实施例相关的公开内容可适用于所有实施例,或者一个或多个实施例。实施例可以提供一个或多个实例。例如“实施例”的短语可指一个或多个实施例,且反过来也是如此。例如“配置”等短语不暗示此配置对于本发明技术必不可少或此配置适用于本发明技术的所有配置。与配置相关的公开内容可适用于所有配置,或一个或多个配置。配置可提供一个或多个实例。例如“配置”的短语可以指一个或多个配置,且反过来也是如此。

[0108] 本领域的技术人员已知或日后将知晓的贯穿本公开而描述的各个方面的元件的所有结构和功能等同物以引用的方式明确地并入本文中,并且旨在由权利要求书涵盖。此外,本文公开的任何内容均不希望奉献给公众,无论权利要求书中是否明确地陈述此公开。所要求的元件不应依据35U.S.C. §112(f)的规定来解释,除非所述元件是明确地使用短语

“用于……的装置”来叙述,或者在方法权利要求的情况下,所述元件是使用短语“用于……的步骤”来叙述。

[0109] 边缘控制

[0110] 控制网络中的消息必须是可靠的且展现低和确定性的时延。也就是说,它们必须在最小时延变化或抖动的情況下经由网络传送。控制消息通常具有相对较短的长度,但至关重要。实例包含车辆控制(汽车或航空)、电网监测和控制(DNP3和IEC 61850)以及航空电子全双工交互式以太网(AFDX)。

[0111] 图9示出5G系统900(类似于上文200和600)包含表示或对应于MEC模块(也被称作MEC主机)的TSN块。MEC主机包含一个或多个多接入边缘服务,例如无线电网络信息服务(RNIS)和MEC业务规则(例如,包含一个或多个TSN配置)。MEC主机进一步包含一个或多个MEC应用程序。在一个实例中,MEC应用程序可为车辆引擎控制应用程序,其经配置以在无线电接入网络的服务区(例如,无线电接入网络的多个分布式单元中的一个或多个)内将引擎控制数据发送到飞行器或汽车和从飞行器或汽车接收引擎控制数据。在另一实例中,MEC应用程序为电网监测和控制应用程序,其经配置以在无线电接入网络的服务区(例如,无线电接入网络的多个分布式单元中的一个或多个)内将控制数据发送到电网基础架构和从电网基础架构接收控制数据。

[0112] 无线系统本质上经受比控制系统所需的有线网络(例如,有线以太网)更低的可靠性、更大的时延和更大的消息延迟变化。系统900中的无线5G消息(例如,控制数据)经由RAN和其它集中式电信处理(例如,用户平面功能(UPF)和本地数据网络(LDN)处理)从用户设备(UE)传输到MEC模块且返回到UE。尽管对于电信资源来说据称是快速且高效的,但对于每一无线5G消息来说,这都是一次长行程,并且可能导致延迟变化和更大的消息丢失机会。为了解决这个问题,3GPP标准采用来自ETSI的多接入边缘计算(MEC)标准以实现5G网络内部的自定义处理的放置。

[0113] 在一些实施方案中,5G系统900的一个或多个组件(例如,边缘启用装置、应用程序和/或服务)可以根据以下规范中的一个或多个来实施,所述规范以全文引用的方式并入本文中:3GPP TR 23.758-关于用于实现边缘应用程序的应用程序架构的研究;3GPP TS23.558-用于实现边缘应用程序的架构;3GPP TR 23.748-关于增强对于5GC中的边缘计算的支持的研究;3GPP TR 33.839-关于支持5GC中的边缘计算的安全方面的研究;3GPP TR 26.803-关于针对边缘处理的串流架构扩展的研究;3GPP TR 28.814-关于边缘计算管理的增强的研究。

[0114] 图10示出根据一些实施方案的用于在5G网络中实施MEC的改进方案1000。无线电接入网络(gNB)包括经由回传网络耦合到中心网络的至少一个中央单元(CU),以及经由前传网络耦合到CU的多个分布式单元(DU)。CU提供对协议堆栈的例如SDAP、PDCP和RRC等较高层的支持,而每一DU提供对协议堆栈的例如RLC、MAC和物理层等较低层的支持。在一些实施方案中,存在用于每一gNB的单个CU,但一个CU可控制且连接(以通信方式耦合到)多个DU(例如,大于100个DU)。每一DU能够支持一个或多个小区,因此一个gNB可控制数百个小区。

[0115] 对于5G网络,CU为逻辑节点,其包含gNB功能,例如用户数据的传送、移动性控制、无线电接入网络共享、定位、会话管理等,但专门分配给DU的那些功能除外。CU控制DU在前传(Fs)接口上的操作。CU还可被称作基带单元(BBU)、无线电设备控制件(REC)、农村互连社

区(RCC)、集中式无线电接入网络(C-RAN)或虚拟化无线电接入网络(V-RAN)。

[0116] 取决于功能拆分选项,每一DU包含gNB功能的子集。其操作由CU控制。DU还可被称作以下各者、耦合到以下各者、与以下各者协同定位或以其它方式与以下各者相关联:远程射频头(RRH)、射频拉远单元(RRU)、资源元件(RE)或射频单元(RU)。

[0117] 如图10中所示出,可通过将MEC服务和/或功能移动到DU来改进5G网络中的MEC的实施。此类配置减少时延,使得时延更具确定性,且使得时延更具可定制性。此改进的实施方案使得无线时间敏感网络(WTSN)控制应用程序能够驻存在5G网络内。在MEC中操作的单个5G控制应用程序可控制无线网络上的许多装置,从而使得能够更容易地管理和维护控制软件。通过本文中所描述的实施方案,MEC可如此高效且可靠,使得引擎控制可为无线的且完全置于MEC内。

[0118] 前述改进可通过以下各者获得:(1)根据时间远程网络(TSN)接入具有确定性网络控制的5G MEC服务,和/或(2)使用到5G前传的直接连接将MEC定位得更接近于US,以实现甚至更有效的性能。

[0119] 关于对5G MEC的确定性接入,此实施方案不同于5G上TSN的标准(如当前在3GPP中所定义),因为MEC应用程序驻存在5G网络内且不直接连接到UE。假设TSN转译器与UE相关联,TSN已经指定为在5G上操作。因此,根据本文中所描述的实施方案,重新设计TSN的配置和控制以用于与MEC的交互操作。

[0120] 关于MEC的定位,更接近的MEC处理可有效地定位在UE附近,其通信性能可变得更好。存在使MEC处理更接近用户的若干方式。

[0121] 在一些实施方案中,MEC处理可通过将MEC直接连接到前传,特别是TSN上的前传来更接近UE。

[0122] 在一些实施方案中,可通过直接对从(或为了传输经由)DU的相应射频单元接收的I/Q数据进行MEC同态处理来使MEC处理更接近UE。

[0123] 在一些实施方案中,可通过启用MEC服务迁移而使MEC处理更接近UE,MEC服务可通过所述MEC服务迁移在节点之间(DU之间)有效地迁移,使得MEC服务保持与前传网络集成且尽可能接近目标应用程序(例如,快速移动飞行器)。

[0124] 图11示出根据一些实施方案的实施用于在5G网络中实施MEC的改进方案(1000)的通信系统1100。图11中的通信系统是示例性的,且可包含多于或少于一个CU、多于或少于五个DU等。在一些实施方案中,图11中的边缘启用装置可利用边缘计算机网络(ECN)互连。

[0125] 如图11中所描绘的示例通信系统包含核心网络和无线电接入网络,所述无线电接入网络包括CU,所述CU(i)经由回传网络以通信方式耦合到核心网络,且(ii)经由前传网络以通信方式耦合到多个DU。多个DU中的每一个与相应射频单元(描绘为天线)协同定位且以通信方式耦合,且包括MEC模块。多个分布式单元中的每一个的MEC模块包括一个或多个处理器和存储待由一个或多个处理器执行的一个或多个程序的存储器,所述一个或多个程序包含用于控制时间敏感网络(TSN)配置且根据TSN配置执行一个或多个MEC应用程序的指令。在一些实施方案中,MEC模块使用表述性状态转移应用程序编程接口(RESTful API)来配置MEC上的TSN。

[0126] 在一些实施方案中,多个DU中的每一个的MEC模块直接连接到前传网络。在一些实施方案中,用于执行一个或多个MEC应用程序的指令包含用于根据TSN配置经由前传网络传

输和接收数据(例如,控制数据)的指令。

[0127] 在一些实施方案中,用于执行一个或多个MEC应用程序(在DU中的每一个处)的指令包含用于处理与协同定位的射频单元(与特定DU协同定位的射频单元)相关联的模拟用户数据的指令。在一些实施方案中,用户数据是以同相和正交(I/Q)信号进行编码;且用于处理模拟用户数据的指令包含用于根据一个或多个同态处理函数处理I/Q信号的指令。同态处理包含将非线性映射应用于应用线性滤波技术的不同域,接着映射回原始域。换句话说,同态处理可包含将从CU接收的用于经由无线电头端传输的数据或从无线电头端接收的用于传输到CU的数据转换为线性系统(以分离I和Q信号)、处理经转换信号(例如,根据特定MEC应用程序分析经转换信号)、将信号转换回其原始形式,以及以I/Q形式传输其接收的任何信号(传输到无线电头端或CU,无论可能是什么情况)。

[0128] 在一些实施方案中,用于执行一个或多个MEC应用程序的指令包含用于对多个DU中的第一DU 1102执行MEC服务、确定与MEC服务相关联的用户装置(例如,飞行器UE)正在从第一DU 1102的服务区移动到多个DU中的第二DU 1104的服务区,以及根据所述确定将MEC服务迁移到第二DU 1104(例如,在DU 1102与1104之间执行切换操作)的指令。

[0129] 在一些实施方案中,用于将MEC服务迁移到第二DU 1104的指令包含用于维持MEC服务与前传网络的集成同时将MEC服务迁移到第二DU 1104的指令。在一些实施方案中,用于将MEC服务迁移到第二DU 1104的指令包含用于将MEC应用程序转换成TSN流,以及将TSN流从第一DU 1102的MEC模块迁移到第二DU 1104的MEC模块的指令。在一些实施方案中,用于将MEC服务迁移到第二DU 1104的指令包含用于根据确定性流(例如,TSN流)经由前传网络迁移MEC服务的指令。

[0130] 改进的MEC方案1000(如参考示例性系统1100所描述)使得5G无线引擎控制系统(例如,分布式全权限数字引擎控制件(FADEC))能够放置在MEC内并且经由5G与多个飞行器实时且同时通信。5GS引擎控制软件使用MEC与通过此改进方案实现的前传和低层级I/Q数据处理的直接集成是快速、确定和可靠的。MEC将低层级I/Q数据暴露于MEC应用程序开发人员,从而实现高效编程,类似于计算机上的组合代码处理,包含检查原始I/Q数据而无需转换成位(如果需要)的开销的能力。最后,当MEC应用程序从一个MEC平台迁移到另一个MEC平台时,MEC应用程序自身转换成TSN流,且应在快速、确定性时间中,特别是在未预定位的未预期的紧急情形中完成其迁移。

[0131] 5G MEC容器应用程序的资源表征

[0132] 如上文所论述,5G MEC意图改进在5G网络上的实时性能。然而,常规网络并不具有表征MEC性能(例如,处理时间、系统时延、处理确定性、可用负载、UE速度等)的标准方式。本公开描述针对所请求QoS表征MEC性能的标准方式的一些实例。

[0133] 在一些实施方案中,性能表征度量可表示例如随MEC处理系统的负载(例如,上述系统600中的MEC系统和/或系统900中的MEC主机)而变的处理时间、系统时延、可用容量、可用负载、UE速度和/或处理确定性。MEC处理系统可使用性能表征度量作为决定是否和如何管理网络中的DU当中的TSN业务流和/或MEC应用程序处理速率的基础。换句话说,MEC处理系统可基于在UE的范围内的多个候选MEC中的每一MEC的性能表征度量选择应用程序将迁移到哪一DU(哪一MEC)。因而,性能表征度量提供确定和比较用于接受对应于一个或多个MEC应用程序(即,用于MEC规划、切换和迁移)的TSN业务的多个MEC的能力的方式。

[0134] MEC性能的表征可用作确定应选择哪一DU用于MEC应用程序的切换的基础。

[0135] 性能表征度量可与用于由MEC处理系统处理的数据的数据标签相关联。示例数据标签包含描述底层数据、YANG模型的元件和/或RESTful API的各方面的元数据。在一些实施方案中,多标签方法(例如,两个或更多个标签)可经限定以用于MEC资源表征以用于MEC规划、切换和迁移,所述MEC资源表征包含简档生成。性能表征可包含信道条件,包含多普勒,以表征位置的改变速率且预测新位置。

[0136] 多标签方法的第一标签可与TSN配置相关联且对在MEC处理系统处处理的数据进行调度。在指派此标签时,MEC处理系统可将处理过的数据的未定界时延转换为定界时延。在一些实施方案中,MEC处理系统可根据基于最后期限的时延要求指派此标签。

[0137] 多标签方法的第二标签可与核心资源分配相关联。此标签的基础的示例度量包含以下中的一个或多个:(1) MIPS数学函数(例如,FFT、逻辑、乘法累加等),和/或与处理有关的度量,例如可用存储器、可用处理资源和/或工作循环;(2) 柯尔莫哥洛夫(Kolmogorov)复杂度度量(例如,算法信息理论);(3) 主动网络定时度量(例如,从一个MEC到另一个MEC的处理算法的压缩和传输);和/或(4) 关于基准应用程序分类的度量(从而标准化跨应用程序的度量)。

[0138] 在一些实施方案中,上文所描述的多标签方法可适应时变应用程序要求(例如,简档调适)。虽然TSN可经配置以适应应用程序和处理要求,但本文中所描述的MEC资源表征方案可另外或替代地在应用程序和处理速度对网络要求做出反应时考虑应用程序和处理速度,所述应用程序和处理速度与网络要求为更对称和动态关系。

[0139] 本文中所描述的MEC资源表征方案使得用于实时控制应用程序的5G系统的性能和优化能够更好。因而,5G无线引擎控制系统(例如,分布式FADEC)可完全放置于MEC内,且经由5G与用户设备(例如,汽车或飞行器)实时通信。在一个实例中,MEC应用程序可包括可与用户设备快速交互以维持高效性能的多个交互MEC过程。

[0140] 如本文中所描述的UE/MEC应用程序网络拓扑结构使得MEC应用程序能够基于前述MEC性能表征(换句话说,基于性能表征度量)以与MEC的UE改变(被称作MEC迁移速度)成比例的某一速率迁移。

[0141] 在一些实施方案中,MEC迁移速度为包括以下各项的抽象概念:应用程序流带宽、确定性、路径和表示链路互连拓扑结构的网络图形内的MEC应用程序的位置的改变。

[0142] MEC处理器必须能够支持所需的计算,且因此还将暴露表示随MEC处理系统的负载而变的确定性的性能表征度量。处理确定性可随着负载的增大而减小,因为管理负载所需的开销干扰主要计算。鉴于此类曲线,可能通过本公开中已经描述的方式(MIPS、柯尔莫哥洛夫复杂度等),5GS可更好地决定如何管理业务流速(TSN)和处理速率(MEC应用程序)以实现所要性能。具体来说,基于性能表征度量,5GS可何时迁移MEC应用程序、何时对业务进行节流、何时调节处理速度以维持确定性且不使网络溢出,和/或何时对MEC处理能力进行扩展(例如,添加更多/更快的处理器或跨越更多处理器分隔应用程序)。

[0143] 因此,在包括核心网络的示例性通信系统、以通信方式耦合到核心网络的无线电接入网络以及以通信方式耦合到无线电接入网络的MEC处理系统中,MEC处理系统包含一个或多个处理器和存储待由一个或多个处理器执行的一个或多个程序的存储器,所述一个或多个程序包含用于以下操作的指令:(i) 确定表示随MEC处理系统的负载而变的确定性的性

能表征度量;以及(ii)基于性能表征度量调整无线电接入网络的时间敏感网络(TSN)的业务流速。

[0144] 在一些实施方案中,用于确定性能表征度量的指令包括用于以下操作的指令:用对应于一个或多个TSN配置和调度度量的第一标签标注由MEC处理系统处理的数据;以及基于第一标签确定性能表征度量。

[0145] 在一些实施方案中,用于确定性能表征度量的指令包括用于以下操作的指令:用对应于来自核心网络的一个或多个资源分配的第二标签标注由MEC处理系统处理的数据;以及基于第二标签确定性能表征度量。

[0146] 在一些实施方案中,用于用第二标签标注数据的指令包括用于以下操作的指令:确定与核心网络相关联的MIPS、存储器、处理和/或工作循环度量;以及基于MIPS、存储器、处理和/或工作循环度量指派第二标签。

[0147] 在一些实施方案中,用于用第二标签标注数据的指令包括用于以下操作的指令:确定与核心网络相关联的柯尔莫哥洛夫复杂度度量;以及基于柯尔莫哥洛夫复杂度度量指派第二标签。

[0148] 在一些实施方案中,用于用第二标签标注数据的指令包括用于以下操作的指令:确定与核心网络相关联的主动网络定时度量;以及基于主动网络定时度量指派第二标签。

[0149] 在一些实施方案中,用于用第二标签标注数据的指令包括用于以下操作的指令:确定与核心网络相关联的资源分配度量;将资源分配度量与基准度量进行比较;以及基于比较指派第二标签。

[0150] 在一些实施方案中,用于用第一标签和/或第二标签标注数据的指令包括用于以下操作的指令:检测MEC处理系统的时变要求;以及基于时变要求指派第一标签和/或第二标签。

[0151] 在一些实施方案中,用于确定性能表征度量的指令包括用于标注由MEC处理系统处理的数据的指令。

[0152] 在一些实施方案中,一个或多个程序进一步包括用于以下操作的指令:执行MEC应用程序;以及基于性能表征度量确定是否将MEC应用程序迁移到第二MEC处理系统。举例来说,系统基于对应于多个第二边缘启用装置中的每一个的性能表征度量的比较(例如,评估图11中的多个DU 1104的性能表征度量),确定应用程序将迁移到多个第二边缘启用装置中的哪一边缘启用装置(例如,MEC处理系统)。在一些实施方案中,系统基于所述确定指派多个第二边缘启用装置中的一个继续执行应用程序(例如,选择具有最佳性能表征度量的DU 1104),将应用程序迁移到所指派的边缘启用装置,且继续根据所指派的边缘启用装置的TSN配置执行所指派的边缘启用装置上的应用程序。

[0153] 在一些实施方案中,一个或多个程序进一步包括用于以下操作的指令:执行MEC应用程序;以及基于性能表征度量调整MEC应用程序的处理速率。

[0154] 在一些实施方案中,用于调整MEC应用程序的处理速率的指令包括用于对MEC处理业务进行扩展或节流的指令。

[0155] 在一些实施方案中,一个或多个程序进一步包括用于基于性能表征度量确定是否调节MEC处理系统处的处理业务以维持确定性阈值且不使无线电接入网络溢出的指令。

[0156] 其它

[0157] 已参考特定实施方案描述以上描述。然而,以上说明性论述并不意图为详尽的或将权利要求限于所公开的精确形式。鉴于以上教导,许多变化是可能的。为了最好地解释操作原理和实际应用,选择并描述了实施方案,由此启发所属领域的其它技术人员。

[0158] 各种图式以特定次序示出多个元件。然而,并非次序相依的元件可重新排序,且其它元件可组合或分离。虽然具体提到了一些重新排序或其它分组,但是其它重新排序或分组对于本领域的普通技术人员来说是显而易见的,因此本文中呈现的排序和分组不是穷尽性的替代方案列表。

[0159] 如本文所用:单数形式“一(a)”、“一(an)”和“所述”也包含复数形式,除非上下文另有明确指示;术语“和/或”涵盖一个或多个相关列出项目的所有可能组合;术语“第一”、“第二”等仅用于区分一个元件与另一个元件,并不限制元件本身;根据上下文,术语“如果”可以解释为“当”、“基于”、“响应于”或“根据”;且术语“包含(include)”、“包含(including)”、“包括(comprise)”和“包括(comprising)”指明特定特征或操作,但不排除额外特征或操作。

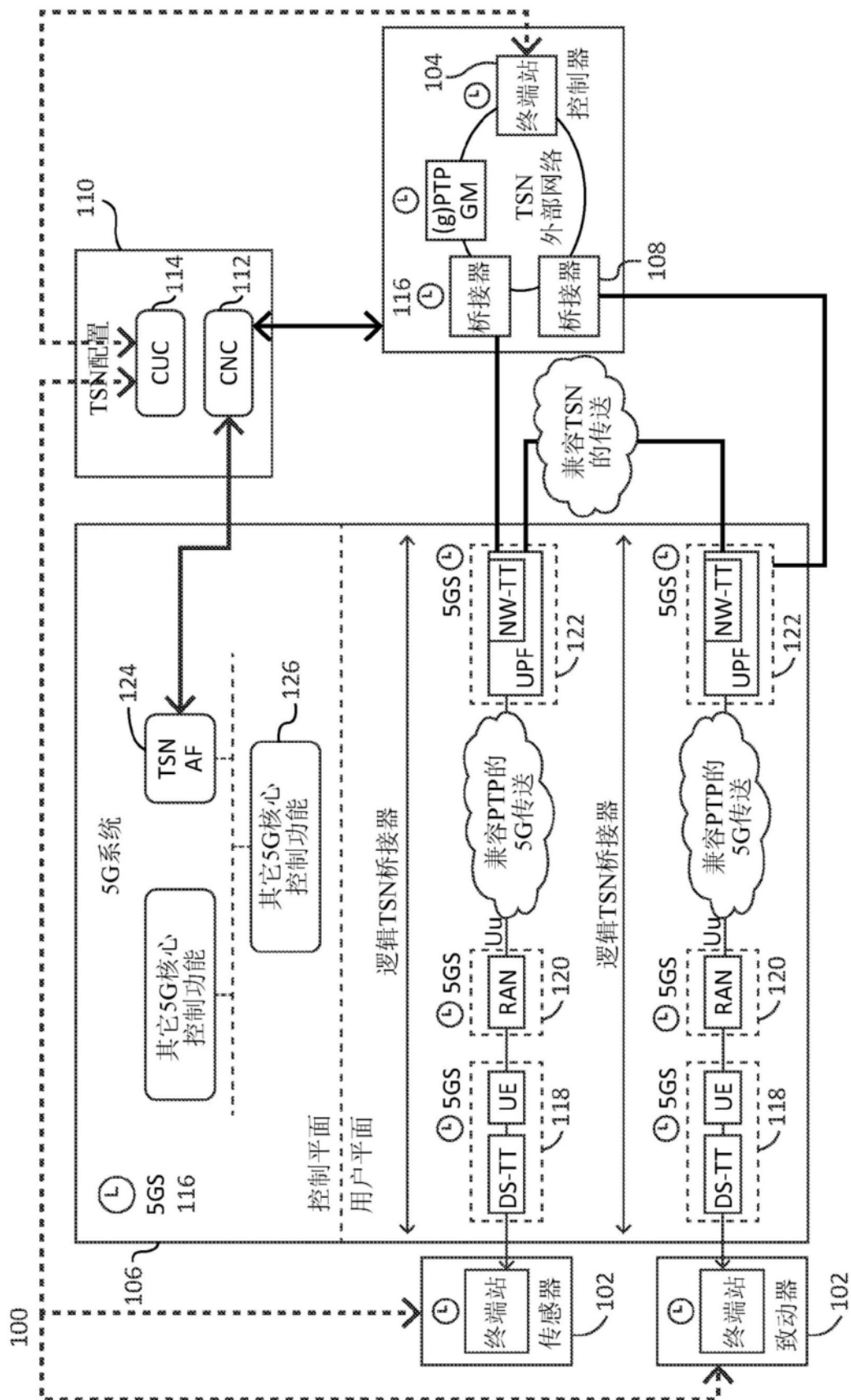


图1

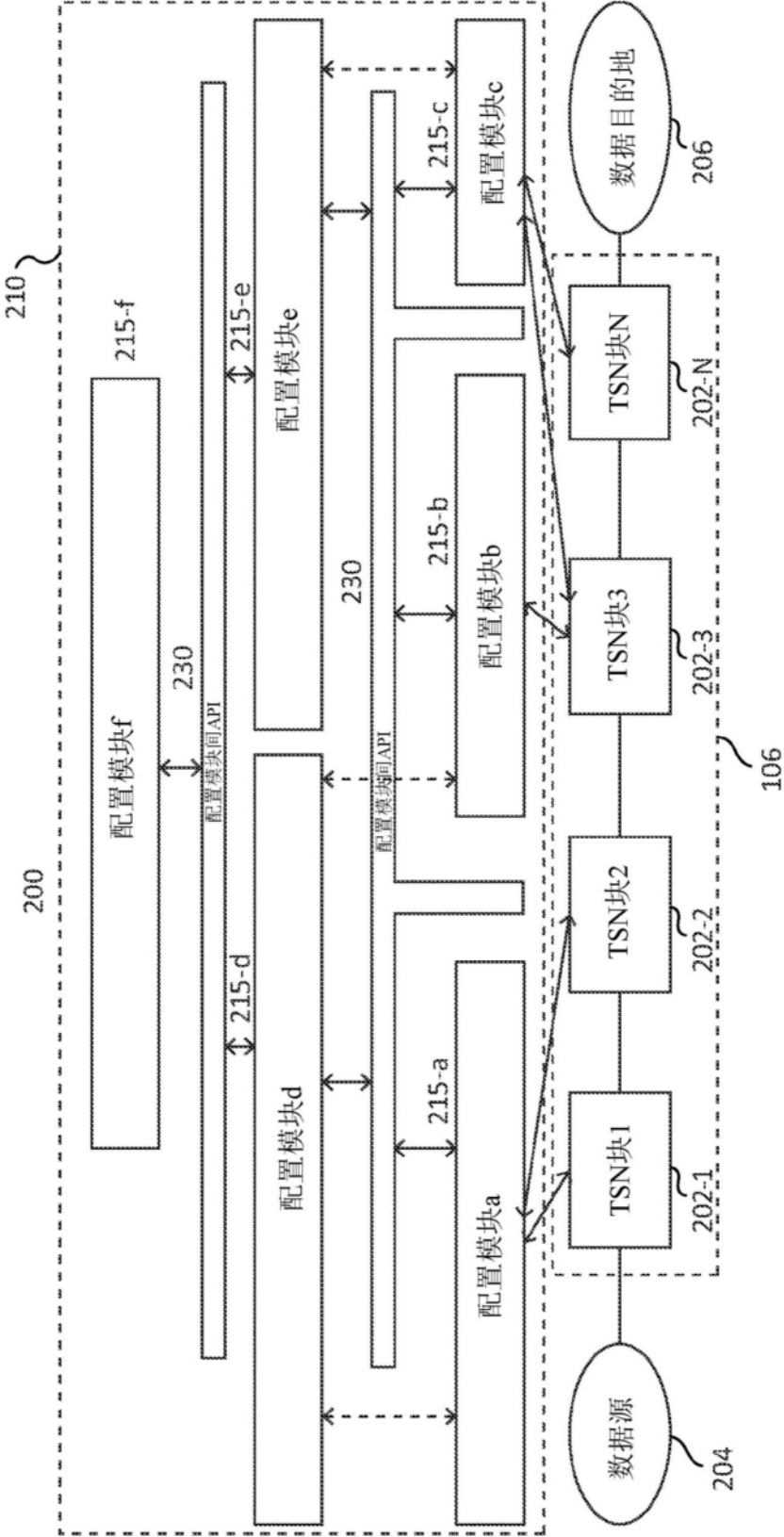


图2

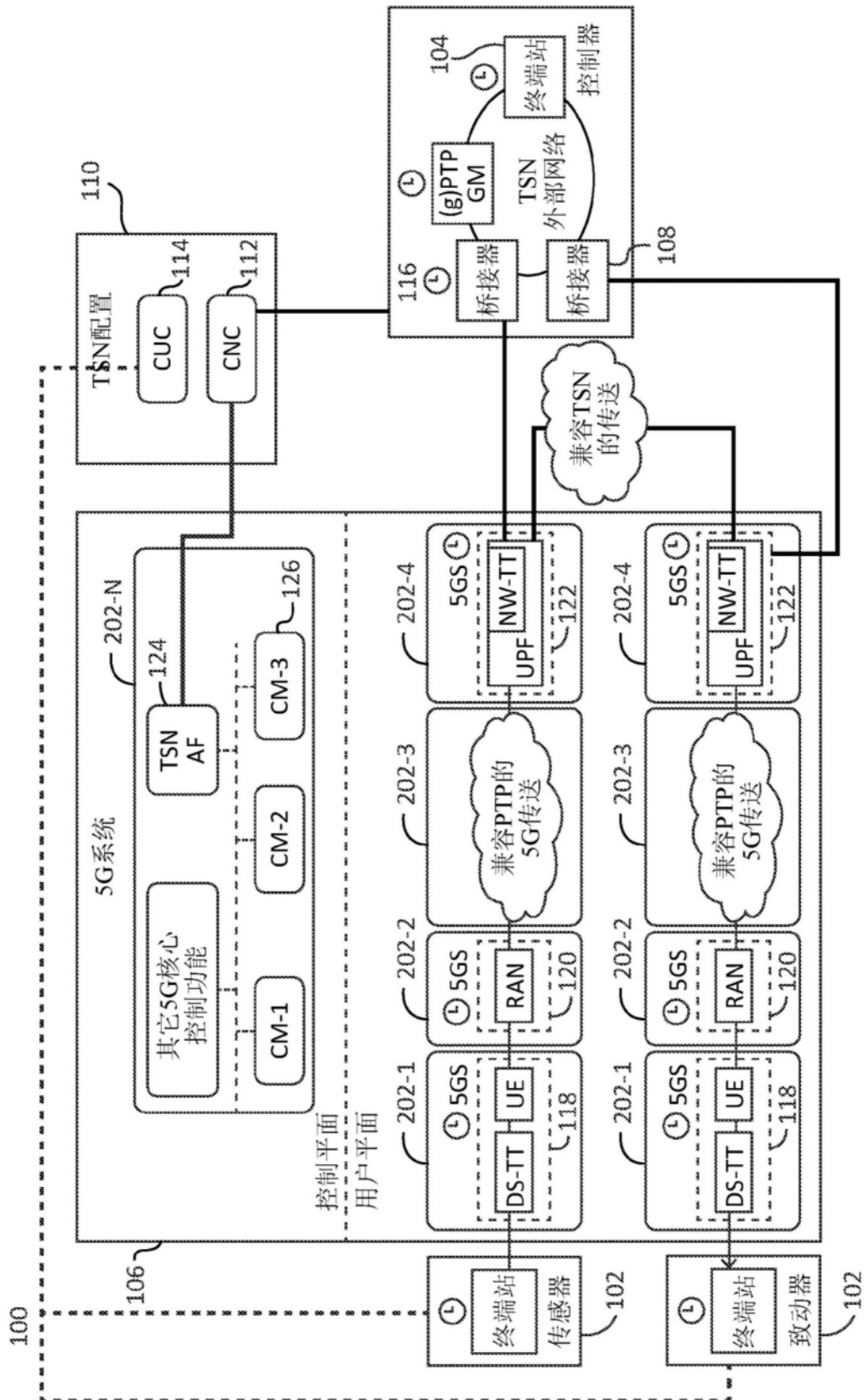


图3

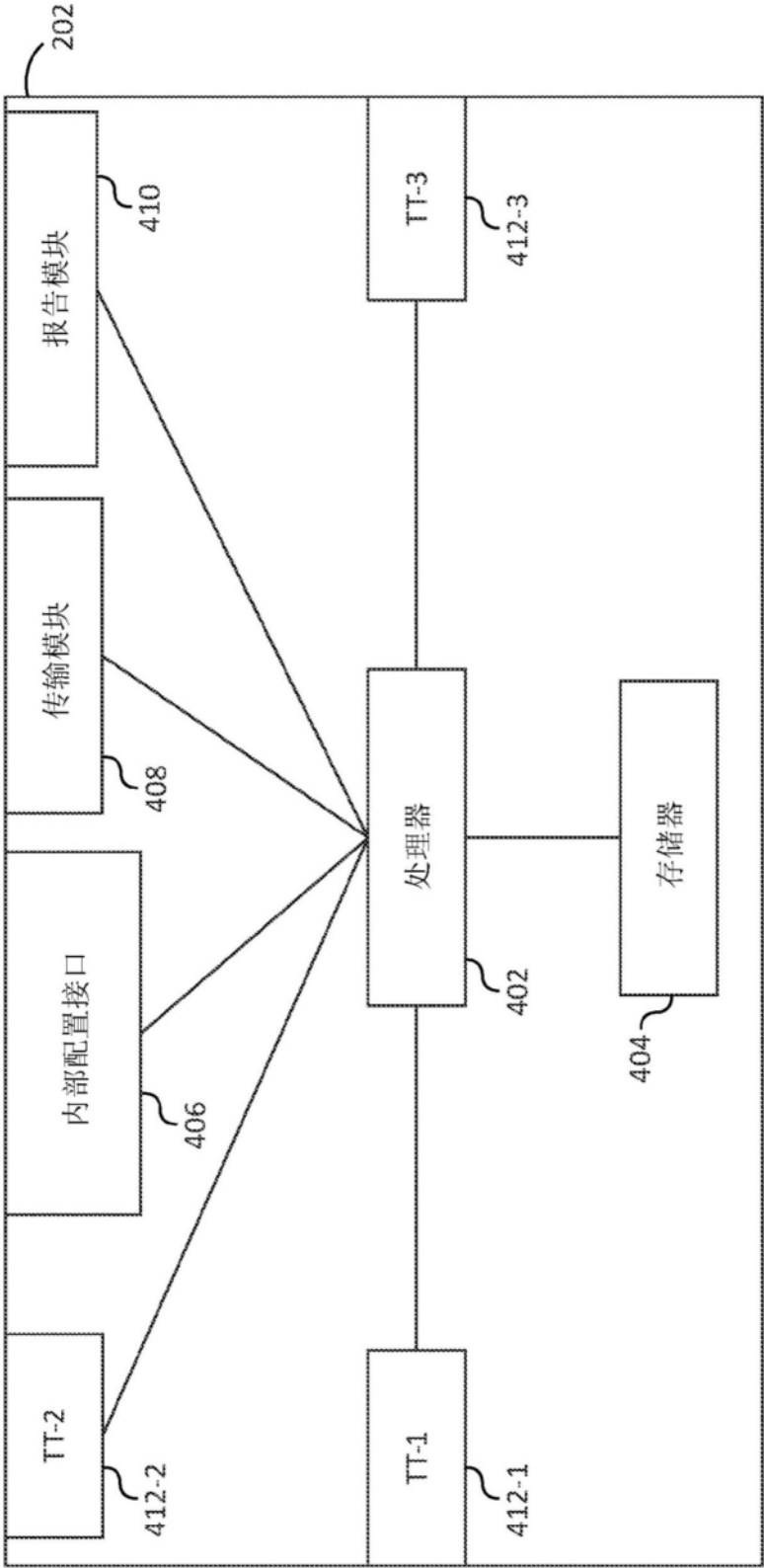


图4

接口	baseAttributes	deviceClass	xilinx es
		endStationOrBridge	endStation
		transmissionStartDelay	560
		configFileFormat	json
		logicalPortId	1
deviceProgrammingInfo		physicalPortName	ep
		programmingClass	scp
		userLoginName	根
		programmingPort	22
bridgeAttributes		programmingFilePath	/home/comnets/ tsn-init-scripts/ autoConfig/ parser/data
		bridgeType	N/A
		interPortBridgeDelay	N/A
		fabricBandwidth	N/A
		cutThroughCapable	N/A
tsnAttributes		tsnCapablePorts	ep
		tsnCapabilities	AS,As-rev,Qbv
		queuesPerPort	3
		cutThroughEnabledQueues	N/A
		numBytesLookedAt	N/A
AS属性		worstCasePtpError	100
Qbv属性		honorsAdminBaseTime	0
		STQueues	2
		defaultOpenQueues	0
		maxGateTimeIntervalDuration	8000000
		maxCycleTime	1000000000
		gateControlListSize	256
		gateOpenDurationAdjustment	0
		worstCaseQbvError	100
		queueMaxSDU	DNC
		qbvYangModel	ge-qbv
CB属性		cbDelay	N/A
		cbYangModel	N/A
Fdb属性		fdbYangModel	N/A

图5

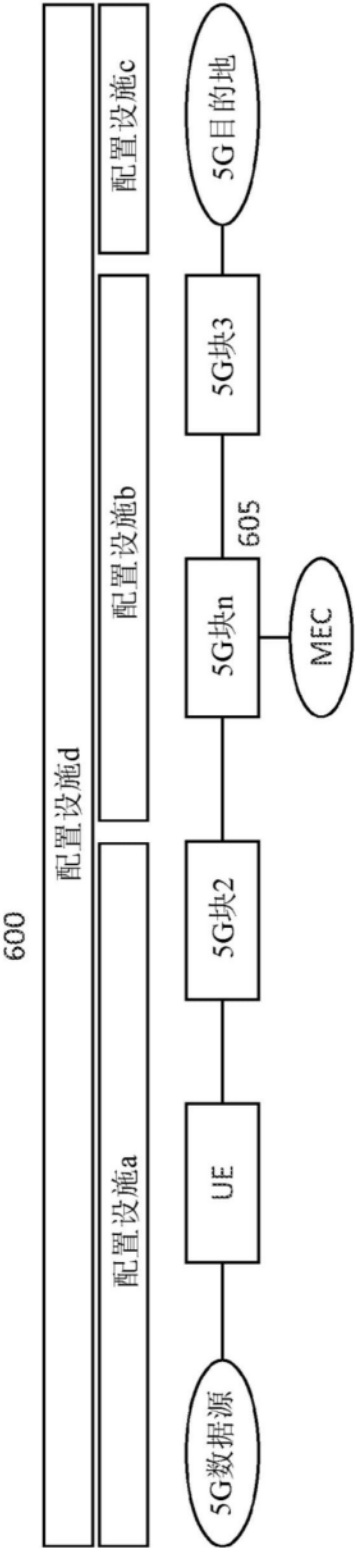


图6A

下图展示MEC系统如何以集成方式部署在5G网络中。

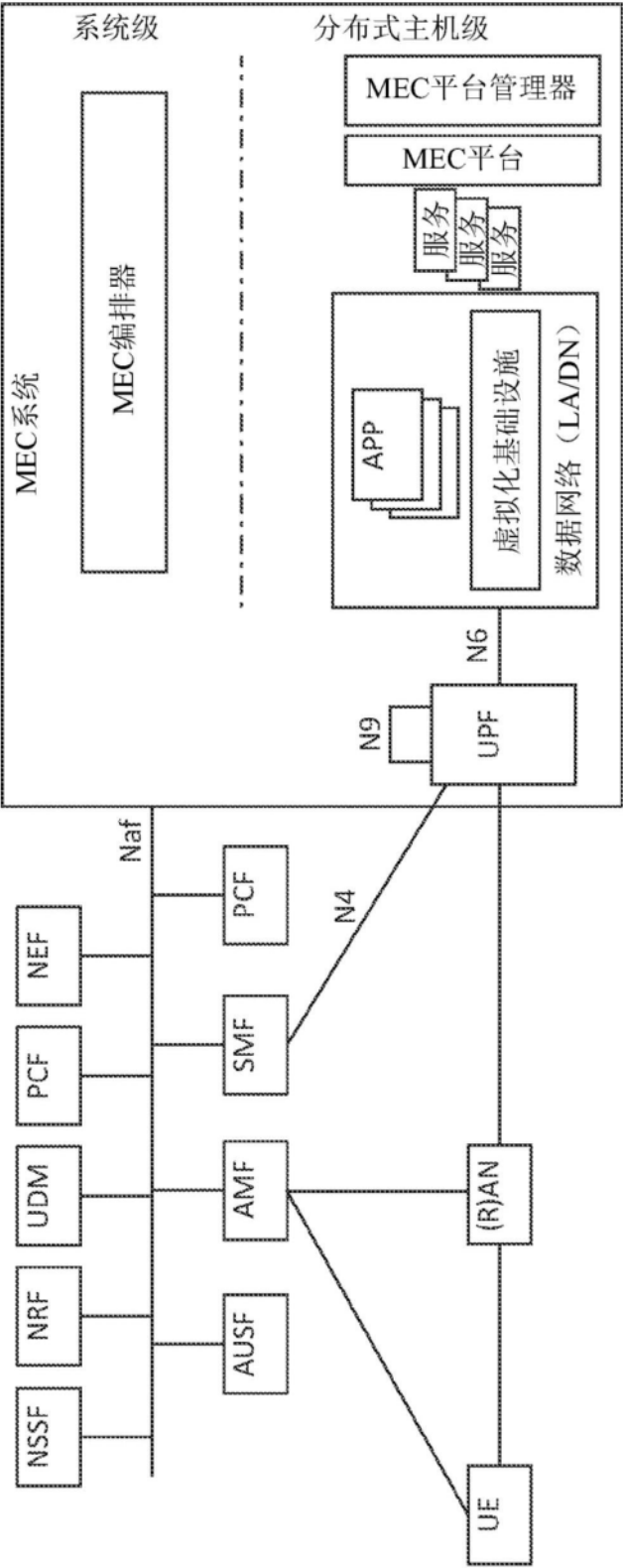


图6B

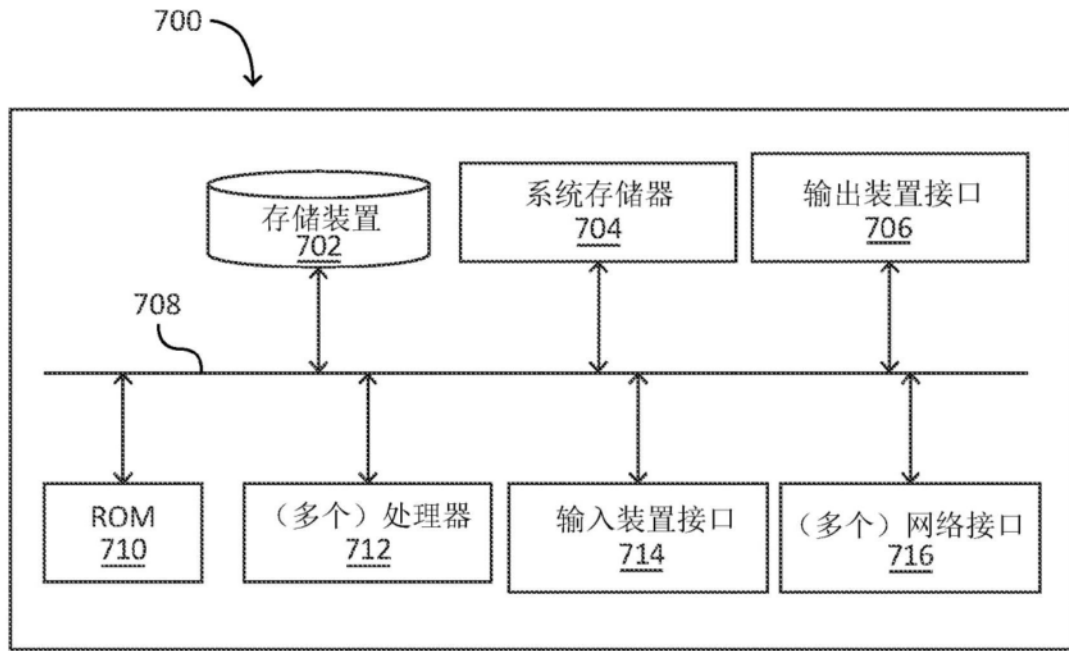


图7

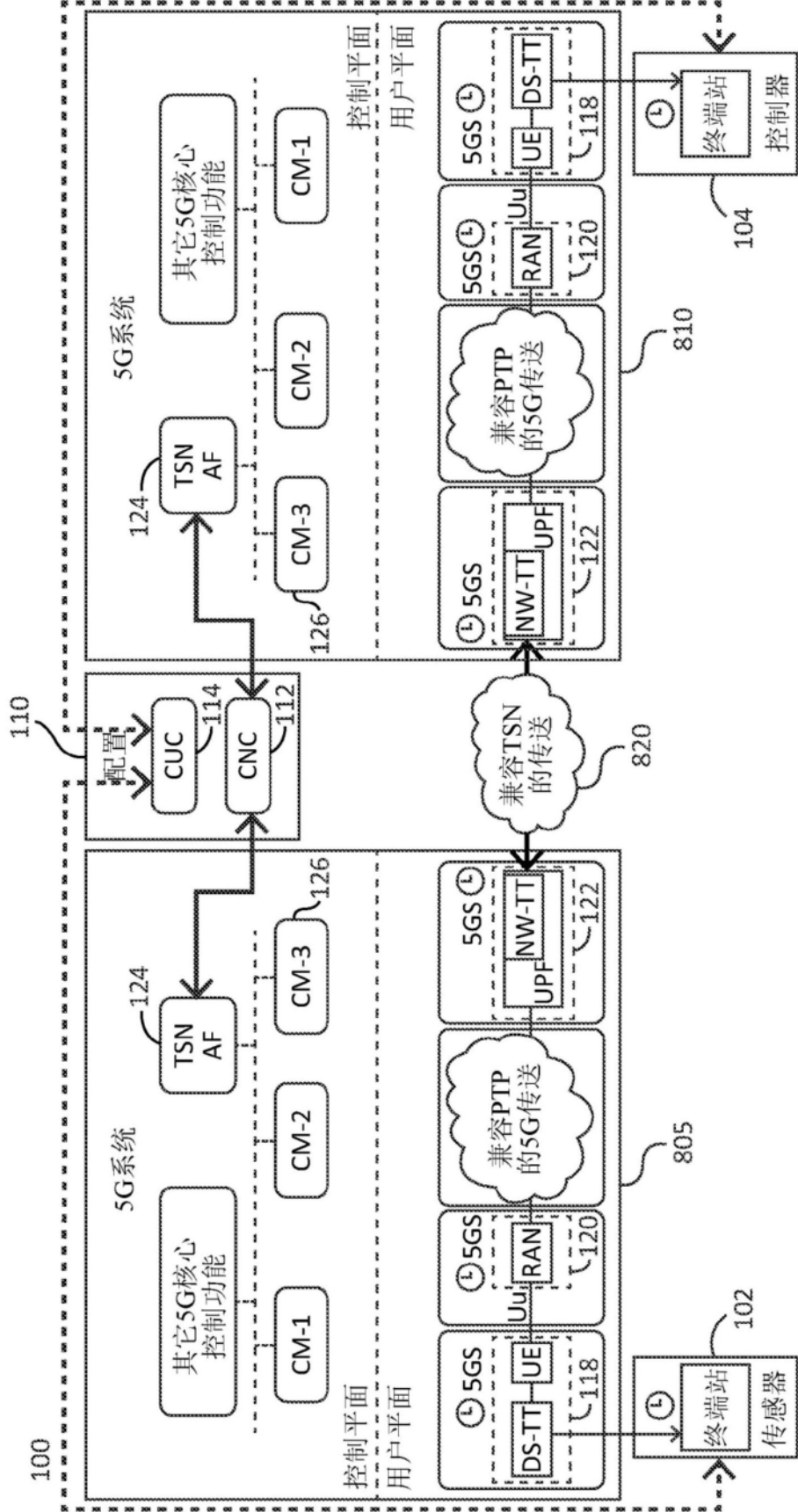


图8

900

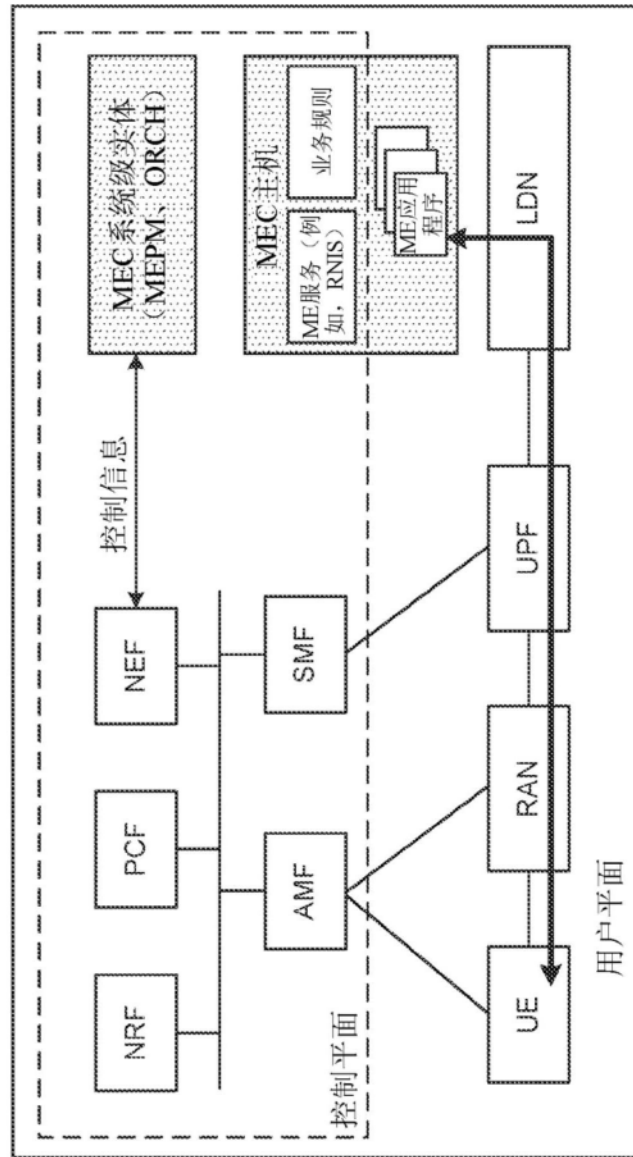


图9

1000

- MEC应用程序驻存在5G网络内且不为用户设备。因此，TSN的配置和控制经设计以用于与MEC交互操作。
- 将MEC直接连接到前传，特别是TSN上的前传。
- 直接对I/Q数据启用MEC同态处理。
- 启用主动MEC意味着MEC服务可在前传网络附近的节点之间有效地迁移。

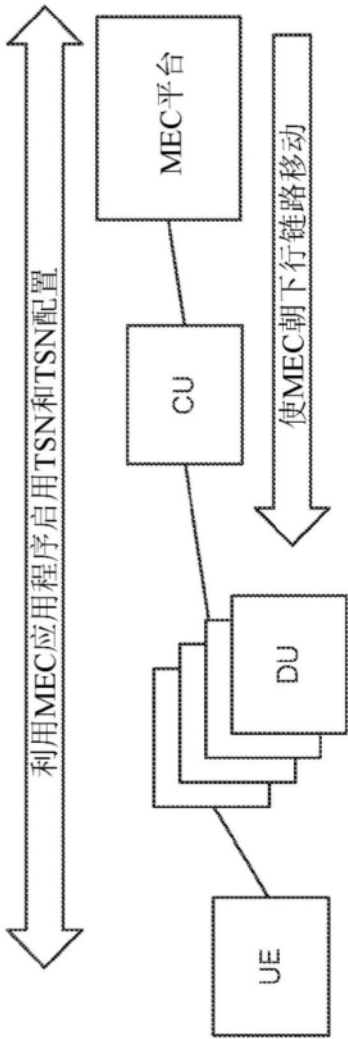


图10

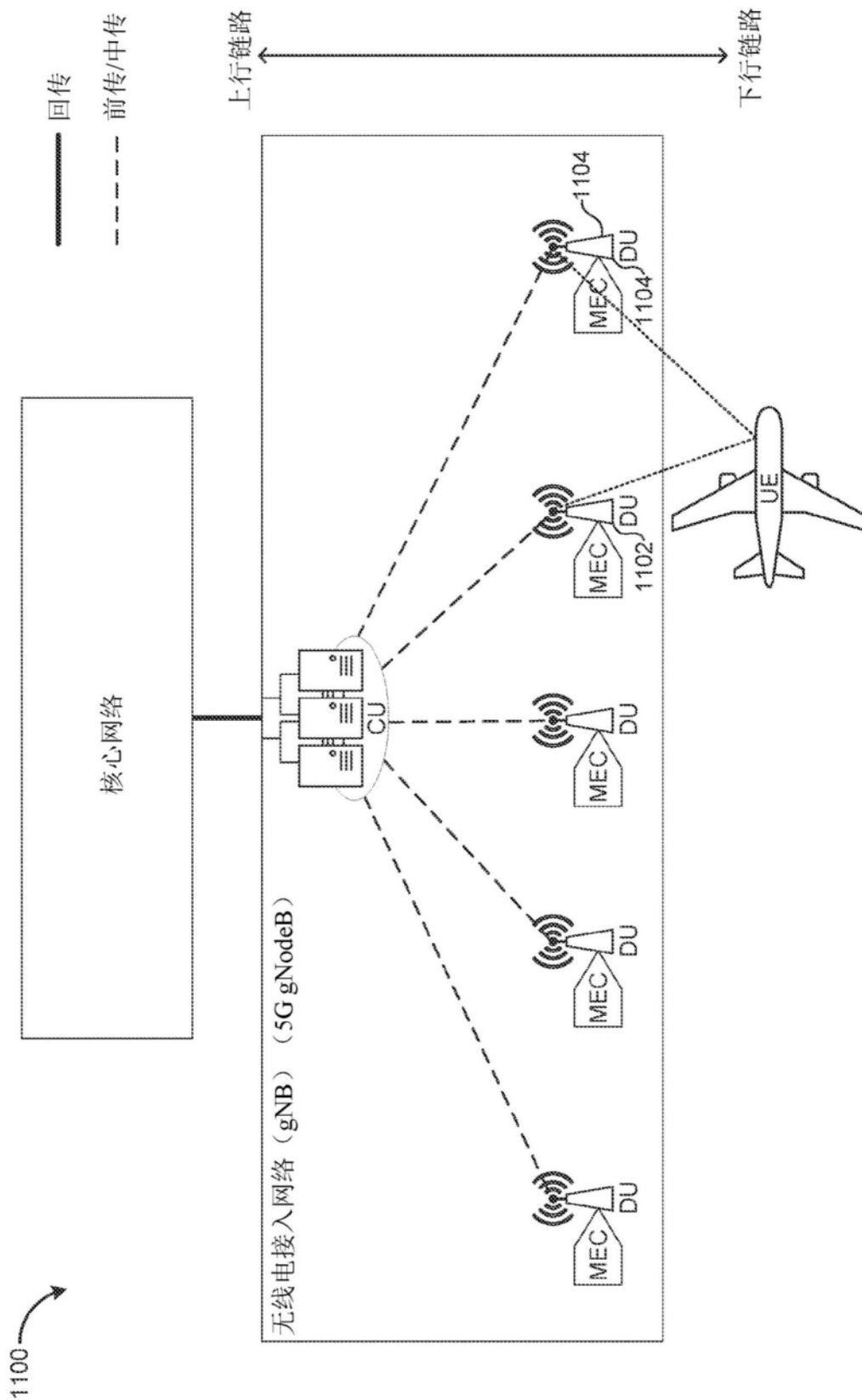


图11