

算力网络 算力度量与算力建模技术要求

1 范围

本文件规定了面向算力网络的算网融合、算力度量与算力建模机制的需求和总体架构，包括算力资源模型、服务能力模型、算力度量机制、算力测试与评价等相关技术要求。

本文件适用于具有算力网络服务能力的网络节点及服务节点的研发和测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

YD/T 4255-2023 算力网络 总体技术要求

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

算力 `computing capability`

网络中具有计算能力的节点通过对数据的处理，实现特定结果输出的能力，具体包括不限于计算、内存和存储能力。算力可以分布在网络边缘、云数据中心、联网终端、转发节点等各种形态的设备上。

3.1.2

算力度量 `computing measurement`

对算力需求和算力资源进行统一的抽象描述，并结合网络性能指标形成算网能力模板，为算力路由、算力管理和算力计费提供标准统一的度量规则。

3.1.3

算力建模 `modeling of computing capability`

对算力相关的信息按照统一的格式进行抽象描述，具体的信息可以是数值型的或者非数值型的。

3.1.4

基础算力 `infrastructural computing capability`

未经包装的裸（如IaaS层）算力，具体可以从计算、网络、内存、存储等维度对算力节点进行描述。

3.1.5

服务性算力 `service-oriented computing capability`

算力节点上与业务强相关的软件包装后的业务实现能力，比如PaaS层/SaaS层/FaaS层软件服务以及超算的科研计算和云渲染等能力。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI	人工智能	Artificial Intelligence
ALM	自适应逻辑模块	Adaptive Logic Module
ALU	运算器	Arithmetic and Logic Unit
AR	增强现实	Augmented Reality
ASIC	专用集成电路	Application Specific Integrated Circuit
CNN	卷积神经网络	Convolutional Neural Networks
CPU	中央处理器	Central Processing Unit
CU	控制单元	Control Unit
DPU	数据处理单元	Data Processing Unit
DSA	领域专用体系结构	Domain Specific Architecture
FaaS	功能即服务	Function as a Service
FLOPS	每秒浮点运算次数	Floating-point Operations Per Second
FLOPs	浮点运算数	Floating-point Operations
FPGA	现场可编程门阵列	Field Programmable Gate Arrays
FPS	每秒传输帧数	Frames Per Second
GPU	图形处理器	Graphics Processing Unit
HPCC	高性能计算基准测试	High Performance Computing Challenge
IaaS	基础设施即服务	Infrastructure as a Service
IDC	互联网数据中心	Internet Data Center
IOPS	每秒读写操作次数	Input/Output Per Second
IPU	基础设施处理单元	Infrastructure Processing Unit
LM	逻辑单元	Logic Element
MEC	多接入边缘计算	Multi-access Edge Computing
NPU	神经网络处理器	Neural Network Processing Unit
PC	个人计算机	Personal Computer
QoS	服务质量	Quality of Service
RAM	随机访问存储器	Random Access Memory
RNN	循环神经网络	Recurrent Neural Network
SaaS	软件即服务	Software as a Service
TOPS	每秒钟万亿操作次数	Tera Operations Per Second
TPU	张量处理器	Tensor Processing Unit
VR	虚拟现实技术	Virtual Reality

4 算力网络的算力度量与建模需求

根据YD/T 4255-2023，算力网络包括算力服务层，算力路由层，算网基础设施层和算网编排管理层，如图1所示。算力度量与建模是其中算网服务通告、算网感知调度、算力资源管理、算力运营等的重要基础之一。统一的度量标准，统一的描述方式，类似于统一的语言，有助于算力网络的各个网元之间的高效协作。算力网络中的算力度量的目标是将异构资源进行关联和整合，使能多维度资源的统一协同管理，从而面向未来差异化的业务需求，通过统一的算力度量体系和异构计算资源的映射机制，实现算力资源的合理分配和高效调用。

除了前述功能模块，在算力标识解析技术中，也应支持算力度量信息的携带，以便算力匹配时使用。算力标识解析技术中，支持将算力标识和互联网标识进行统一并构建映射关系，以形成一个更加安全可信、统一易用的标识体系，方便算力服务的提供。

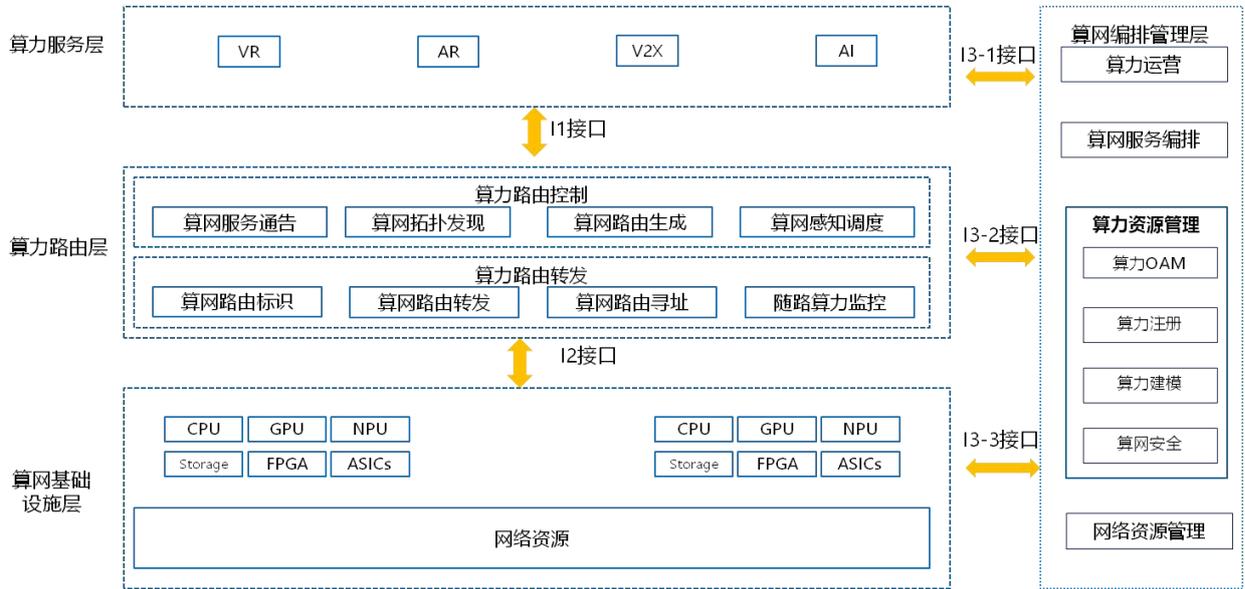


图 1 算力网络总体架构

算力网络中的算力度量与建模相关需求，主要有以下几个方面：

- 需要支持对算力资源的度量和建模，支持对运营商、服务提供商及第三方算力资源节点提供的算力进行可量化的能力描述；
- 需要支持对算力用户需求的度量和建模，支持对用户的算力业务的可分类可分级的需求描述；
- 算力路由层中的策略决策模块或者算网编排管理模块按照用户的需求，合理的分配算力节点完成计算任务。

其中前两者主要涉及算力度量和建模信息的抽象和通告，即把算力信息或算力需求信息按照约定的格式发送到算力路由层中的策略决策模块或者是算网编排管理模块，后者主要涉及算力度量和建模信息的使用，即算力路由策略决策模块或者算网编排管理模块如何利用算力度量和建模信息进行决策、管理，执行算网感知调度。这些决策会生成算力调度策略，以及特定的路由策略，进而影响算力服务流量的转发。所述的算力服务的流量，指的是用户请求算力业务时的建立连接报文，以及需要传给服务节点的数据报文，例如需要被分析的数据信息等。

在算力网络中，算力路由层的策略决策模块支持根据收集到的算力信息和网络信息，生成策略并进行执行，引导算力服务流量的转发，如图2所示。同时，算力路由层也支持算力业务的感知，以按需提供算网资源。在本文件考虑的场景中，算力网络架构中的算力路由层可以实现在控制器上，和/或路由转发设备的控制面上。在算力路由层，对于算力信息的使用，策略决策模块收集到算力信息后可以保存在一个或者多个专用的表中，并且支持按需进行更新。路由转发设备中默认的路由转发架构保持不变，但是算力网络的路由策略优先级更高，即优先按照算力网络策略对算力服务流量进行转发。本文件中将主要关注在算力路由层的算力资源的抽象描述。

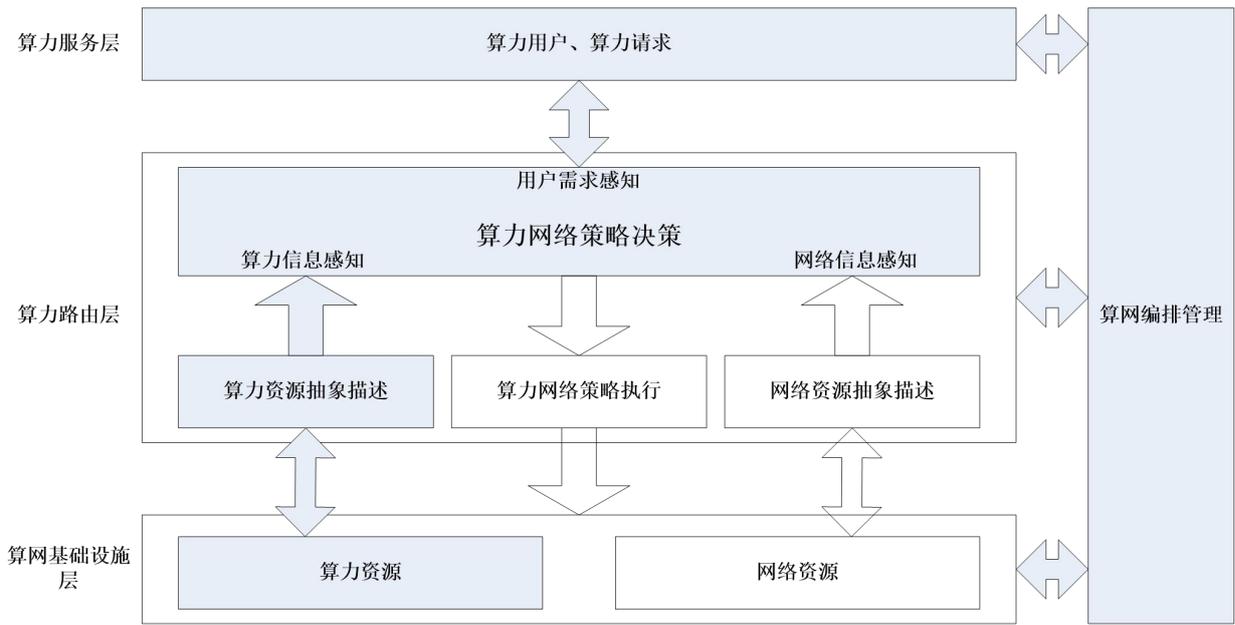


图2 算力网络中算力度量需求

图2中对算力网络中与算力度量相关的模块进行了细化。其中的灰色的模块代表了与算力度量相关的模块或流程，其他的模块中包含了网络资源的感知，其可以使用已有的网络测量、度量和通告机制。图2的算力资源抽象描述、网络资源抽象描述、算力网络策略决策、算力网络策略执行四个模块和相关的流程，对应了图1中的算网感知调度和算网路由生成的具体实现。

传统上运营商主要提供的是网络资源，用户的需求、网络的能力的度量也相对成熟。运营商按照带宽、流量或时长与用户进行签约，提供网络连接服务。在算力网络的场景中，运营商支持提供算力和网络的综合服务。这时就需要对算力也有一个方便的度量机制，来实现针对特定的业务需求，按需进行算力资源的合理分配，实现泛在的算力资源的高效利用。在网络领域，提供的服务主要聚焦转发，例如在IP网络中，其核心就是按照目的地址，把分组转发到目标网络。而在计算领域，对接的计算服务会更加复杂，较难给出单维度的度量单位。算力度量的主要难点是网络中算力资源分散，异构算力资源种类繁多，统一度量难。本文件从计算、通信、内存、存储多个维度进行算力资源的建模和评估，以及按照不同的业务类型进行业务需求的建模。选择这四个维度的原因是它们对计算任务的按时完成可能造成的影响较大。不同的计算任务对于计算、通信、内存和存储的需求各不相同，但是一旦某个维度的资源出现瓶颈，将带来较差的用户体验。

5 算力资源的度量与建模

5.1 算力资源的度量与建模体系

为了描述算力网络中的服务节点的算力，本文件从节点的计算、通信、内存和存储能力四个方面来评估。

计算：节点资源的计算能力评估主要是对CPU、GPU等计算资源运算能力的评估。根据计算程序的不同特点和需求，其计算性能可分为整数计算性能、浮点计算性能以及哈希计算性能。

通信：节点资源的通信能力评估主要是对节点对外通信速率的评估。从单节点的角度考虑，节点的通信能力指标主要涉及网络带宽，此处主要参考节点的外部接口带宽。

内存：节点的内存（缓存）能力评估主要是对节点的内存（缓存）单元的性能评估。节点的内存（缓存）指标主要涉及节点内存容量，内存带宽和内存访问延时。

存储：节点的存储能力评估主要是对节点的外存储器（如硬盘）的性能评估。节点的存储指标主要涉及节点的存储容量、存储带宽和每秒读写操作数（IOPS）。

除了按照上述四个方面评估，本文件还按照多级指标的方式来构建算力资源的度量体系，如图3所示。这些指标支持按需提供给其他的算力网络节点，例如策略决策节点，具体如下：

- 一级指标表示异构硬件算力度量，包括整数计算速率、浮点计算速率等；
- 二级指标表示节点服务能力度量，包括节点可提供的计算、通信、内存、存储四个方面的能力；
- 三级指标表示节点对业务的支撑能力度量，包括节点业务处理能力度量等，可以按照不同的服务类型进行描述。

其中，一级指标可以通过不同的评估方法计算获得，如基准测试程序测试、直接从厂商获取或公式计算方式获得；二级指标由一级指标抽象得到；三级指标与节点上部署的业务相关，围绕业务的维度进行描述。

选择指标分级的原因是希望从多个角度提供算力节点的资源情况描述。服务节点可能需要综合支持多种算力业务，业务最关心的是三级指标，但是在业务部署时，也需要考虑业务的资源配置需求以及服务节点的综合能力。三级指标主要指向服务节点对于算力业务的支撑能力，主要包括服务能力和服务状态等，其中的服务能力可以是某种算力业务的节点运行评估得分、预估的平均业务完成时间、同时支持的业务接入数量等，服务状态指的是服务节点上的服务实例目前的运行状态，例如是否空闲，是否繁忙，或者临近繁忙。算力路由层中的策略决策模块主要参考三级指标来进行相关引流。但是在算网编排管理模块中，除了流量调度，还要负责算力服务的部署功能，因此也需要参考相应的一级和二级指标。其中，一级指标涉及较多的底层资源信息，二级指标会提供相关的汇总评估值以方便决策。

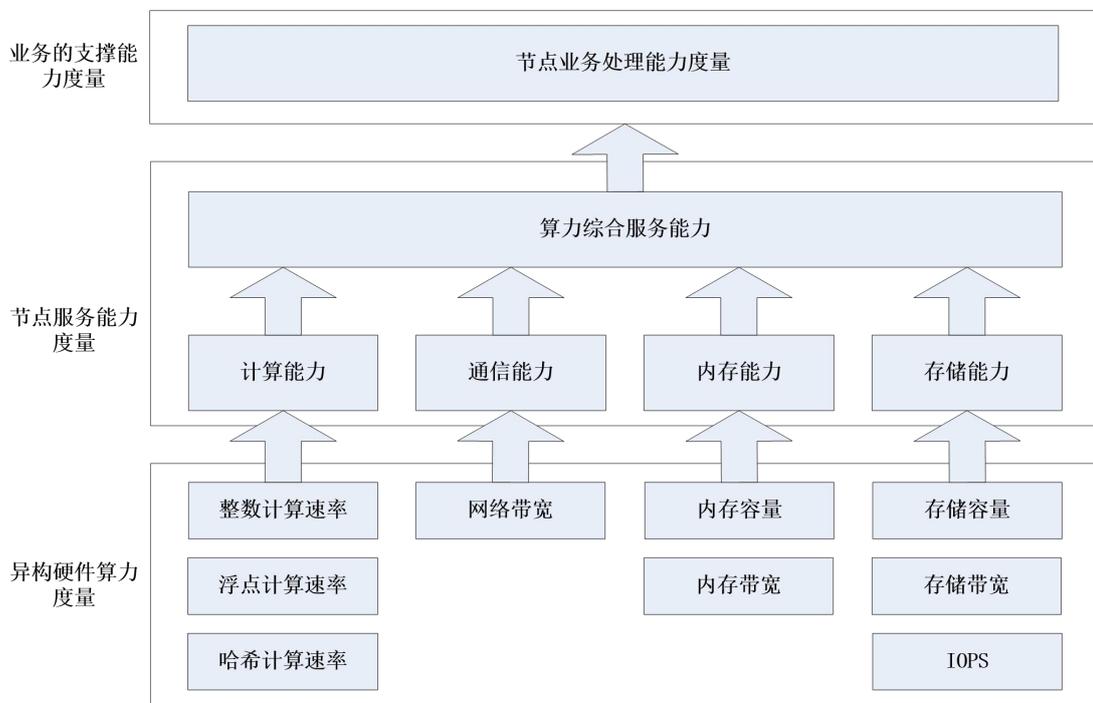


图3 算力资源抽象描述的四面三级度量体系

算力资源的三级抽象描述中，底层的描述更多的关注算力网络服务节点的硬件资源的描述，上层的描述更多的关注算力网络服务节点的服务能力的描述。在本文件的5.2到5.4的三个章节中，将分别描述算力资源的三级抽象描述，在章节5.5中，将重点描述算力资源相关的动态指标。这些信息可以按照业务需求，例如某个算力业务具体关注/订阅了哪些指标，进行多维度的通告，满足算力业务的调度需求。

计算资源建模的过程中，需要使用统一格式描述多维异构计算资源（例如CPU、GPU、FPGA），以实现异构资源的统一度量 and 建模，其中对每个资源通用信息单元设置多种属性，具体包括：

中文名称：属性或指标的中文名称。

英文名称：属性或指标的缩写，采用驼峰命名的方式。

指标含义：针对属性或指标的简要说明。

测量方法：属性或指标的获取方法。

类型：属性或指标对应的数据类型。

单位：表示属性或指标的单位。

按照上述的属性，可以对资源的通用信息进行格式统一的描述。针对每个通用信息，能力评估中对应的都会产生一个输出值的字段，后续表格中列出的信息是对这个输出值的相关属性的描述。

本文件中，节点指的是一个抽象的服务节点，可以是服务器，或者是数据中心集群等，这些指标主要针对的是单机，集群可以通过测试得到相应整体的性能指标。

5.2 异构硬件算力度量与建模

5.2.1 计算能力

异构硬件算力度量与建模主要指面对网络中分布的各种异构计算资源，有必要实现计算能力资源的统一抽象表示。表1中描述CPU、GPU、FPGA这些计算单元的常见参数的建模，这些参数是算力度量与建模的一部分，必要时可以通告给其他的算力网络节点。表1中列举的是一个较全面的信息建模，不同的算力业务或者算力用户可以按需挑选指定参数来构建定制化的算力信息模型。

表1 CPU, GPU, FPGA 的参数建模

种类	中文名称	英文名称	含义	测量方法	类型	单位
CPU	型号	cType	CPU 型号	厂商获取	String	/
	内核基频	cClock	CPU 内核的时钟频率	厂商获取	Float	GHz
	睿频	cTurboBoost	全核睿频的频率	厂商获取	Float	GHz
	总线	cBus	CPU 的数据传输通路	厂商获取	String	/
	内核数	cCore	单位 CPU 芯片上集成的内核单元数	厂商获取	Int	个
	线程数	cThread	CPU 在某瞬间能同时并行处理的任务数	厂商获取	Int	个
	功率	cPower	CPU 散热设计功耗	厂商获取	Int	W
	三级缓存	cCache	位于 CPU 与内存之间的临时数据交换器,用于减少处理器访问内存所需的平均时间	厂商获取	Int/Float	MB
GPU	架构	cStructure	CPU 的架构, 如 X86, Arm	厂商获取	String	/
	型号	gType	GPU 型号	厂商获取	String	/
	显存	gVideoMemory	存储要处理的图形信息的能力	厂商获取	Int	GB
	标称浮点性能	gFloat	浮点数的计算能力	厂商获取	Float	TFLOPS
	INT8 性能	gInt	八位定点数据的计算能力	厂商获取	Float	TOPS

FPGA	型号	fType	FPGA 的型号	厂商获取	String	/
	M20K 存储器容量	fStorage	M20K 存储器容量可以容纳的二进制信息量	厂商获取	Int	Mb
	精度可调 DSP 模块	fDsp	精度和浮点运算性能的指标	厂商获取	Int	/
	Peak 定点性能	fTmac	精度和浮点运算性能的指标	厂商获取	Float	TMACS
	Peak 浮点性能	fTflops	精度和浮点运算性能的指标	厂商获取	Float	TFLOPS
	逻辑单元 LE	fLe	用于完成用户逻辑的最小单元	厂商获取	Int	/
	ALM	fAlm	自适应逻辑模块 (ALM) +ALM 寄存器, 解决 LE 级联和反馈才能产生具有较多输入函数的指标	厂商获取	Int	/

除了上述的CPU、GPU、FPGA相关参数，其他的芯片种类还包括但不限于NPU、DSA、ASIC等。这些芯片都有自身相关的性能指标，而且也都有各自适用的应用场景。其中NPU指的是基于神经网络算法与加速的新型处理器总称，DSA (Domain Specific Architecture) 指的是特定领域架构，采用各种加速器来完成对特定业务的加速，从而达到提升系统算力和降低成本的目的，例如某些TPU、AI芯片都是基于DSA架构，DSA可被视作ASIC的变种，但是比ASIC更灵活。一方面，这些芯片的信息可以在算力信息通告时提供，另一方面，也可以结合章节5.4中业务支撑能力，从这些芯片体现出来业务加速能力的角度对它们进行描述。

异构硬件的算力度量和建模中，一方面可以提供上述的厂家的性能参数，例如CPU的型号，主频，内核数，GPU的型号，单精度浮点性能等；另一方面，也可以提供常用的基准测试程序的测试值。通过在不同的服务节点运行相同的基准测试程序，有利于进行不同的节点之间的服务能力的比较。这里的测试值是服务节点在没有其他的业务干扰时所能达到的极限峰值，体现了服务节点的整体性能，是一个相对静态的值，可以在算力服务的决策时起到辅助决策的作用。

主流计算芯片主要涉及的计算类型包括整数计算、浮点计算、哈希计算。本文件从整数计算速率、浮点计算速率、哈希计算速率三个方面对计算能力进行描述，如表2所示。表中的类型，指的是这些评估指标的输出的值的类型。

表 2 计算能力评估指标

中文名称	英文名称	含义	测试方法	类型	单位
整数计算速率	intCalculationRate	在CPU等计算芯片上运行整型数据运算基准程序的计算速率	平台算法测试	Int	KB/seconds of cpu time
半精度浮点计算速率	halfCalculationRate	在CPU等计算芯片上运行半精度浮点型数据运算基准程序的计算速率	业界常用方法	Float	GFLOPS、TFLOPS
单精度浮	floatCalculationRate	在CPU等计算芯片上运行单	业界常用方法	Float	GFLOPS、TFLOPS

点计算速率		精度浮点型数据运算基准程序的计算速率			
双精度浮点计算速率	doubleCalculationRate	在CPU等计算芯片上运行双精度浮点型数据运算基准程序的计算速率	业界常用方法	Float	GFLOPS、TFLOPS
哈希计算速率	hashCalculationRate	计算机进行密集的数学和加密相关操作时使用哈希函数的输出速度	业界常用方法	Float	Hash/s

表2中的指标含义：

整数计算速率：主要针对CPU，整数计算速率表示为在CPU上运行整型数据运算基准程序的计算速率。整数运算能力有其特定的应用场景，如离散时间处理、数据压缩、搜索、排序算法、加密算法、解密算法等。

浮点计算速率：表示为在CPU等上运行浮点型数据运算基准程序的计算速率，包括半精度、单精度、双精度。存在多种基准测试程序，每种基准测试程序都能从不同的侧面反应节点的浮点计算性能。

哈希计算速率：是指计算机进行密集的数学和加密相关操作时使用哈希函数的输出速度。单位是Hash/s，指的是每秒钟能做多少次Hash运算。一些常见的哈希计算单位：

H/s: Hash/s 简写成 H/s

KH/s: 1KH/s=1000H/s 每秒1,000次哈希

MH/s: 1MH/s=1000KH/s 每秒1,000,000次哈希

GH/s: 1GH/s =1000MH/s 每秒1,000,000,000次哈希

TH/s: 1 TH/s =1000GH/s 每秒1,000,000,000,000次哈希

PH/s: 1 PH/s =1000TH/s 每秒1,000,000,000,000,000次哈希

EH/s: 1 EH/s =1000PH/s 每秒1,000,000,000,000,000,000次哈希

整数计算性能、浮点计算性能、哈希计算性能的常用的测试方式可以参考附录A，可以通过在不同的服务节点平台上执行各种基准测试算法的速率来比较其运算性能。

5.2.2 通信能力

本文件根据网络带宽对节点通信能力进行建模，网络带宽指节点在特定数据包长下，单位时间（1秒）内能发送/接收的最大数据量，表示节点理论上最高传送速度，其建模如表3所示。对节点的通信能力的评估，主要参考节点的外部接口带宽，即节点连接到外部网络的带宽。单节点的带宽越大，在节点出口处越不容易拥塞。

表 3 通信能力评估指标

中文名称	英文名称	含义	测试方法	类型	单位
网络带宽	networkBandwidth	节点在单位时间（1秒）内能发送/接收的最大数据量。表示节点理论上最高传送速度	厂商获取	Int	Mbps(兆比特/秒)
DPDK L3转发能力	L3ForwardingCap	网络三层转发能力。满足零丢包（0.00001%）条件下的测试 DPDK L3 转发能力	厂商获取	Float	Mbps or Gbps

FIB 能力	FIBCap	基于 IP 的数据包转发能力。转发时正确转发所需要的信息都存储在转发信息库 (forwarding information base, FIB) 中。满足零丢包 (0.00001%) 条件下测试 FIB	厂商获取	Float	Mbps or Gbps
IPSec 能力	IPSecCap	IPSec 操作的最大速率, 包括安全关联查询, 封装安全载荷, 加解密等操作。满足零丢包 (0.00001%) 条件下的 IPSec 测试	厂商获取	Float	Mbps or Gbps
虚拟网络能力	VirtualNetworkCap	虚拟网络数据转发能力, 满足零丢包 (0.00001%) 条件下的数据包转发能力	厂商获取	Float	Mbps or Gbps
防火墙损耗	Firewalld	防火墙配置后设备能够接受的最大速率, 满足零丢包 (0.00001%) 条件下的测试	厂商获取	Float	Mbps or Gbps

本章节中描述的通信能力并不是指的网络的端到端的性能, 而是节点的潜在通信能力。在算力网络中, 端到端的时延指标也是一个重要的影响业务体验的因素。这个因素需要综合考虑服务节点和用户的网络位置, 因此主要体现在网络信息侧, 可以使用已有的网络OAM机制得到。

5.2.3 内存能力

本文件从内存容量、内存带宽和内存访问延时三个方面对内存能力进行建模, 如表4所示。

表 4 内存能力评估指标

中文名称	英文名称	含义	测试方法	类型	单位
内存容量	memoryCapacity	节点的随机存储器 (RAM) 的容量	厂商获取	Int	MB
内存带宽	memoryBandwidth	从内存读取数据或将数据存储到内存的速率	STREAM 测试程序 (Stream 测试包含 Copy、Scale、Add、Triad 四种操作)	Int	MB/s
内存访问延时	memoryLatency	内存访问的延迟	Lmbench 测试程序	Float	ns

表4中的部分指标含义:

内存容量: 内存容量一般指节点的随机存储器 (RAM) 的容量, 以MB或GB为单位。

内存带宽: 内存的数据读取和存储速度决定了CPU和内存之间的数据交换速率, 对系统的计算性能存在潜在的影响。通过评测持续内存带宽, 反应系统中内存子系统的性能, 可作为系统性能评测的有益补充。其能力一般以MB/s或GB/s为衡量单位。

5.2.4 存储能力

本文件从存储容量、存储带宽、IOPS这几个方面对存储能力进行建模,如表5所示。

表 5 存储能力评估指标

中文名称	英文名称	含义	测试方法	类型	单位
存储容量	storageCapacity	存储容量是指存储器可以容纳的二进制信息量	厂商获取	Int	GB、TB
存储带宽	storageBandwidth	存储带宽指单位时间里从硬盘存取的信息量,用单位时间内读出/写入的位数或字节数衡量	存储带宽=读写字节数/存取周期	Float	MB/s
每秒进行读写操作的次数	IOPS	IOPS 指系统在单位时间内能完成的系统IO个数	FIO 工具	Int	ops/s (操作数/秒)

表5中的指标含义:

存储容量: 存储容量是指存储器可以容纳的二进制信息量, 度量单位一般为GB或TB。

存储带宽: 存储带宽是度量存储设备最大数据传输速率的技术指标, 决定了以存储设备为中心获取信息的传输速度。假设存储带宽用 B_m 表示, 存取周期用 t_m 表示, 每次读/写 n 个字节, 则存储带宽 $B_m=n/t_m$ 。度量单位为MB/s或GB/s。

IOPS: IOPS指系统在单位时间内能处理的最大IO次数, 一般以小IO为主要测试类型。在保证系统环境配置基本相同的情况下, 测量以下四项分项指标和一项综合指标。具体指标如下:

- 随机读 IOPS: 在 100%随机读负载情况下, 通过读取大量随机分布在存储器不同区域的文件, 测量节点本地存储或系统并行存储随机读的 IOPS。
- 随机写 IOPS: 在 100%随机写负载情况下, 通过将大量文件写入存储器的不同区域, 测量节点本地存储或系统并行存储随机写的 IOPS。
- 顺序读 IOPS: 在 100%顺序读负载情况下, 通过在存储器的连续区域读取大量文件, 测试节点本地存储或系统并行存储顺序读的 IOPS。
- 顺序写 IOPS: 在 100%顺序写负载情况下, 通过在存储器的连续区域写入大量文件, 测试节点本地存储或系统并行存储顺序写的 IOPS。
- 随机读写 IOPS: 在 100%随机读写负载情况下, 例如 80%读 20%写, 通过在存储器的不同区域同时执行文件的随机读取和写入操作, 测试节点本地存储或系统并行存储随机读写 IOPS。

5.3 节点服务能力度量与建模

5.3.1 节点能力的度量与建模需求

算力网络中, 算力路由模块或者算网编排管理模块中的决策机制需要帮助用户选择一个合适的服务节点。因此, 算力服务节点能力的度量是本文件的一个重点, 需要从多个角度对其进行描述。例如在后续的章节中可以提供节点能力的综合度量值, 同时, 针对计算量敏感的业务, 也可以提供算力服务节点的算力分级信息。本文件中, 对于节点能力的度量, 主要考虑了算力相关的能力, 针对不同的业务, 后续还可以综合考虑其他的影响因素, 例如能耗、节点可信程度等信息, 详见章节5.3.4。

上一章节只是从每个异构计算单元的角度给出度量参数，提供的是能力相关的信息。从节点角度，还需要给出该节点的计算单元的数量信息，从而对于节点的各个维度都给出抽象度量，比如在CPU维度，对于不同型号的CPU，给出每种型号CPU具备的数量。基准测试评价节点性能时，也是在一定数量的计算单元下给出的测试数据。

基于常见的Benchmark测试（例如SPEC，Linpack），能够给出的是相对静态的性能评价指标，算力网络中还需要考虑相对动态的评价指标。比如节点被分配了一些计算单元（业务独享）后，或者节点运行了业务（业务共享）时的动态的节点综合性能数据，这些信息与业务情况相关，具体可以参考后续章节的描述。

为了准确表征算力服务节点面向真实业务可获得的算力，算力网络中还可以综合考虑芯片、存储、网络 and 平台软件各层协调所呈现出的综合业务性能，即有效算力。有效算力全面覆盖软硬件全栈综合业务性能，反映出算力服务节点在特定作业上用户可获得的实际计算能力。

5.3.2 节点能力的抽象描述

在异构集群中，节点性能存在很大差异，评价节点的性能非常具有挑战性。通过厂家的性能参数信息或者是基准测试程序，可以得到多个维度的算力度量值。但是在算力度量的具体使用中，还需要一个综合的算力度量值，来对服务节点的计算、通信、内存、存储资源进行整体评估。

上一章节中，介绍了可以使用基准测试来评价节点的性能，但是不同的基准测试对节点评价的角度不尽相同。为了充分利用不同基准测试的评价结果，本文件中使用了一种基于PageRank的节点性能评价算法。在相关的流程中，首先对每个节点使用主流基准测试进行评价，然后采用PageRank算法处理每个基准测试的执行结果，从而得到节点的综合性能。具体的处理流程见附录B。

除了附录B中的节点综合评价方法，也可以灵活定义其他的节点能力度量方式。这时，使用其他的方式或者参数生成综合度量值，可以对应不同的度量方法标识。具体在通告这些综合度量值时，也需要同时通告度量方法对应的标识。例如，上一章节中提出的有效算力也可以作为综合度量值来进行通告。其呈现形式是用真实业务软件在一定规模的ICT基础设施系统上（含计算、存储、网络、操作系统、软件中间件等）进行性能的测量，本质是表征真实业务通过软硬件联合调优，所获得的真实算力，实现对算力服务节点业务能力的有效表征。附录D提出了有效算力的评价方法。

5.3.3 算力服务节点的能力分级

算力网络中，不同的业务有着不同的算力需求。算力服务节点的服务能力分级信息，也可以作为算力服务度量指标的一部分，传递到算力网络中，辅助业务流量的策略决策。在 2020B1《面向业务体验的算力需求量化与建模研究》中，提供了一个初步的算力分级方案，此处作为示例介绍如下。针对不同的业务需求，后续标准中还可以定义更细化的分级标准。

从现有业务上看，超算类应用、大型渲染类业务对算力的需求是最高的，可达到 P 级的算力需求；其次是 AI 训练类应用，这类应用根据算法的不同以及训练数据的类型和大小所需的算力从 T 级到 P 级不等；再者是 AI 推理类业务，其大多部署在终端边缘，对算力的需求稍微减弱，大致在几百 G 到 T 级别不等。因此根据所需算力的大小，针对目前应用的算力需求，将算力划分为 4 级，如表 6 所示。

表 6 算力分级表

算力分类等级	算力水平（浮点运算能力）	典型场景
超大型算力	>1 PFLOPS, P 级算力	渲染农场；超算类应用；部分大型模型训练，如 VGGNet 模型训练
大型算力	10 TFLOPS~1 PFLOPS	多数模型训练；如 CNN、RNN 训练

中型算力	500 GFLOPS~10 TFLOPS	推理类应用，如安防、目标检测
小型算力	< 500 GFLOPS	小型计算应用场景，单条语音语义
其中：1 GFLOPS=10 ⁹ FLOPS； 1 TFLOPS=10 ¹² FLOPS； 1 PFLOPS=10 ¹⁵ FLOPS		

5.3.4 其他节点服务能力

除了算力相关的节点能力参数，算力网络的决策还可以参考其他的节点能力信息，例如节点的安全等级信息，节能相关的能效信息等。相关的等级信息的评测方法不在本文件的工作范围之内。

如果相关的业务有较高的安全需求，或者是关注能效，那么可以订阅相关的关键信息。这些关键信息可以与算力相关的信息一起提供给算力网络的决策点(算力路由层中的策略决策模块或者是算网编排管理模块)，来提供决策依据。例如，可以在算力服务节点的初选过程中，过滤掉安全等级不够的节点，再进行优选；或者在多个算力节点都能够提供算力服务时，在算力服务节点的优选过程中，一定程度上优选较为节能低碳的服务节点。

此时，算力网络的决策点的决策，除了算力信息和网络信息，还可以参考更多的维度的信息。具体决策点的服务节点初选和优选算法不在本文件的工作范围之内。

5.4 业务的支撑能力度量与建模

5.4.1 通用业务的支撑能力

业务的支撑能力指的是服务节点上的业务处理能力，节点的业务处理能力与具体业务类型强相关，也可以从计算、网络、内存、存储四个角度进行评估。可以按照附录B中的方案，生成针对特定业务类型的综合算力度量值，即根据业务需求，选择合适的权重系数来进行更个性化的综合评估。

除了从计算、网络、内存、存储四个角度，节点的业务处理能力，也可以称为服务性算力，还可以从个性化算力的维度进行描述，例如音/视频/图像编解码能力（软/硬）、DPU（数据处理单元）/IPU异构加速能力等。

- A、音频编解码能力：Kbps；
- B、视频编解码能力：帧/s，FPS @ 1080p H.264 或 FPS @ 1080p H.265；
- C、图像编解码能力：帧/s，FPS @ JPEG 等；
- D、DPU/IPU 异构加速能力：视具体应用场景而定。

其他的业务能力指标还包括，针对特定的业务，服务节点能支持的会话数量、服务节点的预估业务平均完成时间等信息。

节点的业务处理能力也可以从有效算力的维度进行描述，按照附录 D 中的评价方法，获得多个真实业务性能测试的度量值。

例如在人工智能领域，实际吞吐率代表人工智能服务器系统对特定训练或推理作业的有效计算能力。对特定训练作业的有效计算能力是单位时间内训练过程能消耗的样本数量：

- A、对视觉类测试，单位为图片数每秒（images/s）；
- B、对图像识别和分类的测试，使用 ResNet50 和 Imagenet2012 数据集，单位为帧每秒（frames/s）；
- C、对自然语言处理类测试，单位为句数每秒（sentences/s）；
- D、对推荐算法类测试，使用 DLRM 模型和 Cretio Terabyte 数据集，单位为记录数每秒（records/s）。

其他的可以参考的能力度量包括：

- A、针对数据库业务，实际每秒的查询数量代表服务器的有效计算能力，可以用 HammerDB（包括 MySQL and PostGreSQL）进行测试，单位查询数每秒（queries/s）；
- B、针对 Web 业务，处理高并发的能力代表服务器的有效计算能力，可以使用 Nginx 进行测试，单

位是每秒连接数（connections/s）和带宽（Gbps）；

- C、针对科学计算，实际吞吐率代表高性能计算服务器系统对科学计算负载的有效计算能力，可以使用 Linpack 测试浮点运算能力，单位每秒浮点运算次数 (FLOPS)。

5.4.2 专用业务的支撑能力

按照部署场景，算力服务节点的部署可以分为通用部署算力与专用部署算力两类。

通用部署算力支持多种应用，可以用上述通用基础算力进行度量，并利用CPU使用率和GPU使用率等动态指标对当前可用算力进行度量。

专用部署算力针对特定的应用需求，可以用处理典型的负载能力来衡量。典型专用部署算力量度方式如下：

- a) CDN服务器的主要度量指标包括吞吐量、延迟、首字节时间、缓存命中率、错误率等，以及基础的存储性能（容量、带宽、吞吐量、IOPS，延时等）和网络性能（如带宽、吞吐量、延时、丢包率、抖动和网络拥塞等）。CDN服务器的静态算力度量可以采用CDN服务器所能支持的最大吞吐量；动态评价指标是当前可用的CDN业务吞吐量，当前CDN业务吞吐量为系统最高吞吐量减去当前吞吐量；
- b) 云游服务器，包括安卓云游和Windows云游两类，两种类型云游对分辨率、帧率和画质要求有一定差异。安卓云游一般要求720p/1080p分辨率，帧率为30fps或者60fps。Windows云游一般要求1080p/4K分辨率，帧率为30fps或者60fps。云游服务器的度量指标需要在指定云游类型，分辨率、帧率和游戏设置的情况下进行衡量。同时针对不同游戏需要分别进行度量和测试，云游游戏服务器对不同游戏支持的性能路数差异较大。云游服务器算力的度量，要求在特定的网络环境下指定具体某款游戏、游戏设置参数、分辨率、帧率、码率，在满足端到端时延和游戏动态帧率的情况下，用支持的最大并发游戏路数等指标来衡量云游服务器的服务能力。动态评价指标是云游服务器当前可用游戏路数度量，当前可用游戏路数为云游服务器最高并发游戏路数减去当前正在运行处理的路数；
- c) 面向交通管理场景的视频处理服务器以一路完整的典型视频处理流程为负载，包括视频数据导入，视频预处理，AI处理及事件后处理。视频处理服务器以最高并发视频路数作为系统算力的度量指标。动态评价指标以可用视频路数度量，可用视频路数为系统最高并发视频路数减去当前处理的视频路数。

5.5 算力网络节点动态指标的度量与建模

上文中描述的大部分是相对静态的评价指标。在实时性要求较高的算力网络流量调度决策中，动态的指标更具有参考意义。例如在业务能力方面，相关的动态指标包括，节点上当前接入的特定业务的会话数量，以及还可以接入的会话数量，节点的业务繁忙状态等。其他动态指标还可以包括节点上的CPU/GPU/内存的利用率等信息。这些动态指标的发送方式和刷新方式可以与静态指标不同。具体建模如表7所示。

表7 节点动态指标度量与建模

中文名称	英文名称	含义	测试方法	类型	单位
CPU 使用率	cUsage	CPU 的使用率	操作系统获取	Float	%
GPU 使用率	gUsage	GPU 的使用率	操作系统获取	Float	%
可用 CPU 数量	availableCPUN	可用的 CPU 个数	操作系统获取	Int	个

	umber				
可用 CPU 核数	availableCPUCoreNumber	可用的 CPU 核数	操作系统获取	Int	个
可用 vCPU 数量	availableVCPUNumber	可用的 vCPU 个数	操作系统获取	Int	个
可用 GPU 数量	availableGPUNumber	可用的 GPU 个数	操作系统获取	Int	个
可用 vGPU 数量	availableVGPU Number	可用的 vGPU 个数	操作系统获取	Int	个
网络使用率	networkUsage	节点的网络带宽使用率	操作系统获取	Float	%
内存使用率	memoryUsage	节点当前已使用 RAM 容量占节点 RAM 容量的百分比	操作系统获取	Float	%
存储使用率	storageUsage	节点当前已使用存储容量占节点存储容量的百分比	操作系统获取	Float	%
业务繁忙状态	busyStatus	针对特定的业务，节点的繁忙状态	服务软件提供	Int	/
业务接入会话数	currentSessionNumber	针对特定的业务，节点接入的会话数量	服务软件提供	Int	个
业务可以接入会话数	availableSessionNumber	针对特定的业务，节点可以接入的会话数量	服务软件提供	Int	个
业务接入会话量占比	connectedSessionUsage	针对特定的业务，节点已接入会话数在最大可接入会话数中的占比	服务软件提供	Float	%

6 算力应用需求的度量与建模

算力应用需求可以分为复杂业务需求和简单业务需求。例如在附录C中提到的智能公交安全行驶的复杂业务需求可分解为多种子业务需求，其中每个子业务通过不同链路进行传输并分配给具有不同服务能力的MEC。

每种子业务对计算、通信、存储以及内存等有不同的需求，可以从以上多个维度对业务进行度量。其中，计算需求通常以GFLOPS/GFLOPs为度量单位、通信能力需求通常以Mbps/Gbps为单位，存储能力以及内存能力需求通常以MB为单位。计算需求既可以包含以GFLOPS为单位的计算能力需求，也可以包含以GFLOPs为单位的计算量需求。计算量需求和计算能力需求的一个简单的换算关系如下：根据业务需要的计算量和容忍的最大时延，可以计算出业务容忍的计算能力的临界值，业务的实际计算能力需求应大于此临界值。

算力应用需求的度量与建模与算力资源的业务支撑能力的度量与建模高度相关，只是描述角度有区别，一个是从资源侧描述业务的支撑能力，一个是从需求侧描述业务的算力需求。除了算力侧的需求，算力应用也可以包括网络侧的需求，一个示例性的算力业务需求指标描述如表8所示。

表 8 业务需求指标

中文名称	英文名称	指标含义	测量方法	类型	单位
业务可容忍最大时延	serviceDelay	业务时延指业务从用户发起到用户得到响应所经历的时间，业务可容忍最大时延规定了保证用户体验情况下的最大时延	/	Float	ms(毫秒)
业务数据量	serviceData	业务进行过程中需要传输和处理的数据量大小	/	Int	Byte(字节)
业务对计算类型的需求	computingDemand	业务需要调用的计算类型（整数计算/浮点计算/哈希计算）的计算量大小	/	Struct{ intCalculation; floatCalculation; hashCalculation;}	/

在上表中，业务可容忍最大时延一方面包含了网络传输时延，一方面包含了算力网络节点上的业务处理时延。其中前者可以进行带内的或者带外的网络时延测量得到，后者需要根据业务不同进行相关的测试得到。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/108130053017006102>