



专题: IPv6 技术与应用

面向下一代互联网的随愿网络研究与实现

张鑫

(中国电信股份有限公司北京研究院, 北京 102209)

摘 要: 面对当前日新月异的业务新需求和复杂的市场环境, 传统的人工方式已经无法满足现有的需求, 更加智能化的解决方法急需提出。随着人工智能和大数据技术的发展, 随愿网络应运而生, 并成为了解决目前网络发展困境的一个手段和未来发展的趋势。介绍了随愿网络发展的背景和研究进展, 并且面向下一代互联网, 对随愿网络的应用做了分析。

关键词: 随愿网络; 下一代互联网; IPv6

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019293

Research and application of the IBN for the next generation internet

ZHANG Xin

Beijing Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 102209, China

Abstract: Faced with the new business needs and complex market environment, traditional manual methods can no longer meet the existing needs, and more intelligent solutions are urgently needed. With the development of artificial intelligence and big data technology, IBN has become a means to solve the current problem. The background and research progress of the IBN were introduced, and the application of the IBN in the next generation internet was analyzed.

Key words: IBN, next generation internet, IPv6

1 引言

随着互联网的快速发展, 数字转型时代已经到来。为了支持业务敏捷性, 网络必须从一个静态资源系统演变成为一个能够满足业界期望的, 能够根据“业务意愿”转化为网络和 IT 基础设施执行操作的灵活、动态系统, 而随愿网络成为了最理想的解决方案。

基于意愿的网络是一种全新的组网模型, 在该模型中定义了商业策略(即“意愿”), 将意愿转译为相应的网络策略并下发到实际网络中, 然后持续监控网络状态信息, 判断用户“意愿”是否成功实现。如果检测到“意愿”没有成功实现, 则系统将通过人工智能和自动化技术对用户“意愿”进行重新转译, 最大程度上确保应用性能和安全。2015 年 2 月 12 日, ONF 发布了一篇名为

收稿日期: 2019-12-01; 修回日期: 2019-12-19



《Intent: don't tell me what to do! tell me what you want》的标准草案，并提出了：“在意愿模式中，智能软件将决定如何把意愿转化为针对特定基础设施的配置，从而使网络以期望的方式运行”。

2017 年，Gartner 发布报告定义了基于意愿的网络系统（IBNS）以及其所需具备的能力。思科在《ESG：向基于意愿的网络迈进白皮书》中明确给出基于意愿的网络的定义：网络团队可以用简明的语言描述想要完成的工作（意愿），然后网络就能够将此意愿转化为众多策略，这些策略将利用自动化功能在复杂的异类环境中建立适当的配置和设置变更。思科的 DNA 项目也一直致力于基于意愿网络的落地，满足企业对全数字化就绪型网络的需求，帮助企业更安全地提供更好的体验。另外，多个标准组织已经着手制定 IBN 的相关标准，并给出 IBN 的定义，IETF 在 RFC7575 中将意愿定义为“一种用来运维网络的抽象的、高层次的策略”，此外 ONF 在 TR-523_Intent Definition Principles 中将意愿定义为“Intent NBI 是服务消费者和服务提供者之间交互的声明范式/方法论”。Intent 请求不指定或规定任何服务实现的详细方法，例如在服务实现中使用的特定资源。总的来说，可以将随愿网络概括为一种在掌握网络全局状态的条件下，基于人类业务意愿去自动搭建和操作的闭环网络架构。

随着互联网的快速发展，IPv4 协议暴露出越来越多的缺陷，计算机网络由 IPv4 技术向 IPv6 技术过渡成为网络发展的趋势。IPv6 作为下一代互联网的核心协议，因其拥有更大地址空间的特点，为更便捷的网络应用提供了可能。随着随愿网络研究的逐渐深入，基于 IPv6 的随愿网络将成为下一代互联网中的一大热点。

2 随愿网络的演进方案和架构

2.1 随愿网络的演进方案

随愿网络发展的过程大致分为如下 3 个阶段。

（1）第一阶段

实现随愿网络的自动化（包括意愿转译、意愿验证、意愿决策和意愿下发）功能。

- 意愿获取

意愿管理模块会收集从业务层输入的各种意愿，包括文本输出、可视化交互界面。

- 意愿转译与验证

意愿转译模块将意愿管理模块传来的意愿进行分解，将其转化为对应的策略，并把这些策略交给意愿验证模块，验证模块进行验证，交给决策模块（还需要能够搜集到当时的网络状态，为决策提供可靠的依据）做出最终决策，这些策略是否可以下发。

- 意愿下发与执行

当意愿被下发到控制层时，由控制层控制策略的下发与执行。

（2）第二阶段

实现随愿网络的智能化（包括意愿转译、意愿验证、意愿决策、意愿下发、意愿实现效果反馈和意愿优化）功能。

- 意愿获取

意愿管理模块会收集从业务层输入的各种意愿，包括文本输出、可视化交互界面。

- 意愿分析与转译

意愿转译模块将意愿管理模块传来的意愿进行分解，将其转化为对应的策略，并把这些策略交给意愿验证模块，验证模块进行验证。

- 策略可执行性和有效性验证

验证模块有两个验证功能：一是配置的可执行性验证，在转译过程中得到的配置，需要根据实时的网络状态验证其是否可以在实际的网络环境中执行，并反馈相关信息到决策模块；二是有效性验证，当配置被实际执行后，网络状态会发生改变，此时需要验证该配置的执行是否使得网络状态按照预期发生改变，也就是验证配置是否满足了用户意愿，达到了预期效果，并将验证结

果反馈决策模块, 如果验证失败, 则意味着意愿层需要再次进行“意愿—配置”编排。

- 决策

决策模块负责网络状态与配置的整体把控, 既要处理验证模块传递的数据, 又要考虑配置是否可直接下发。决策模块支持来自上层管理员的经验知识帮助决策。当用户意愿没有被实现或网络状态异常时, 决策模块需要作出优化或补救措施, 并通知意愿管理模块与转换模块作出响应。

- 配置下发与执行

当意愿被下发到控制层时, 由控制层控制策略的下发与执行。

- 网络状态信息存储

在控制层收集到的网络状态信息, 需要在意愿层进行存储, 以便网络信息被实时地传递给意愿分析转译模块或者策略验证模块。

(3) 第三阶段

增加 AI 辅助功能, 实现随愿网络的 AI 智能化。

- 意愿获取

意愿管理模块会收集从业务层输入的各种意愿, 包括文本输出、可视化交互界面。

- 意愿分析转译

意愿转译模块将意愿管理模块传来的意愿进行分解, 将其转化为对应的策略, 并把这些策略交给意愿验证模块, 验证模块进行验证。

其中意愿分析模块, 可以借助人工智能 (AI) 领域对自然语言处理 (NLP) 的方法与成果, 训练 AI 智能体作为辅助, 将意愿需求包含的语义做转义和拆分, 转换模块需要按照特定的模型做转义和分解, 依托 AI 辅助模块的分析结果为转换模块做参考。

意愿转译的过程还需要参考策略库里面存在的“意愿—配置”的映射信息, 策略库中除了现有的“意愿—配置”映射关系外, 还可以通过机器学习 (ML) 来增加信息“意愿—配置”

映射关系。

- 策略可执行性和有效性验证

验证模块有两个验证功能: 一是配置的可执行性验证, 在转译过程中得到的配置, 需要根据实时的网络状态验证其是否可以在实际的网络环境中执行, 并反馈相关信息到决策模块; 二是有效性验证, 当配置被实际执行后, 网络状态会发生改变, 此时需要验证该配置的执行是否使得网络状态按照预期发生改变, 也就是验证配置是否满足了用户意愿, 达到了预期效果, 并将验证结果反馈决策模块, 如果验证失败, 则意味着意愿层需要再次进行“意愿—配置”编排。

- 决策

决策模块负责网络状态与配置的整体把控, 既要处理验证模块传递的数据, 又要考虑配置是否可直接下发。决策模块支持来自上层管理员的经验知识帮助决策, 也可采用人工智能来辅助决策。当用户意愿没有被实现或网络状态异常时, 决策模块需要作出优化或补救措施, 并通知意愿管理模块与转换模块作出响应。

- 配置下发与执行

随愿网络自动将策略下发到网络基础设施上, 此过程需要能对网络进行全局的控制, 以从一个单点集中式的意愿需求到分布式全局网络配置的转换。

- 网络状态信息存储

在控制层收集到的网络状态信息, 需要在意愿层进行存储, 以便网络信息被实时地传递给意愿分析转译模块或者策略验证模块。

2.2 随愿网络架构

根据目前的研究现状, 随愿网络架构的目标架构分为意愿编排层 (这里简称为意愿层)、控制层和网络层, 基于意愿的智能型通信网络架构如图 1 所示。

意愿编排层包含 4 个关键运作步骤 (“意愿收集” – “意愿转换” – “意愿与配置验证” – “决

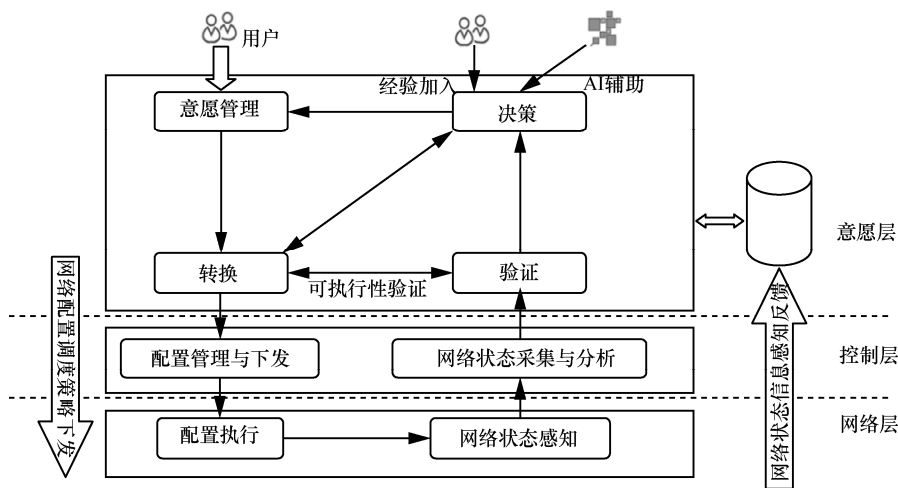


图1 基于意愿的智能型通信网络架构

策与优化补救”)，配合控制层的配置下发与网络状态采集共同实现完整的闭环运作流程。意愿管理的主要内容有实现意愿的校验与分类，并在闭环中不断验证和更新；意愿转换的主要内容有将用户意愿转译为网络配置策略；意愿验证的主要内容有意愿的配置可执行性验证与意愿的有效性验证；决策模块的主要内容有负责网络状态与配置的整体把控，实现完整的闭环运作流程。

控制层主要是实现网络配置下发与网络状态采集，即在随愿网络中，配置下发是意愿层与控制层向下的接口，主要考虑意愿层输出的配置集合，进行配置控制和进一步下发，保障配置可以顺利交付网络层而执行；控制层应能向下感知基础网络层的物理或者逻辑的拓扑结构、网络的流量、网络设备状态等信息，向上传递到意愿层，以协助意愿编排层制定合理的调度策略，更好地利用智能型通信网络的能力。

网络层主要是实现网络配置执行与网络状态感知，配置执行功能可以采用预先定义的规则和模板，也可以根据控制器进行完全动态的配置下发。网络状态感知是在基于意愿的智能型通信网络中，感知信息采集功能支持网络拓扑信息、网络流量信息、业务路径的信息采集，并可通

过动态协议实时地进行交互，特别是当配置被实际执行后，向网络状态采集功能输出反馈信息，以便后续进行验证。

3 面向下一代互联网的随愿网络应用场景分析

随着 IPv4 局限性的日益凸显，以 IPv6 及其相关技术为核心的下一代互联网技术出现在人们视野，IPv6 技术可以很好地解决当前互联网发展所面临的地址缺乏问题，同时其在安全与信任、服务质量保证、如何容纳无线网格、嵌入式系统、传感器网络等方面也有很大的优势，并且可以实现多种业务的开展和各种业务融合。

在现代的网络传输中，为了能够把数据准确、高效地传输到目标节点，需要将传输的数据分块，并在每个数据块前增加一些附加信息，如序列号、原/目标 IP 地址、源端口号、目标端口号等，这种加上了附加信息后的数据块称为“分组”或者“报文”。IPv6 的报文主要由 3 部分构成，即基本报头、扩展报头、上层协议数据单元。

- 基本报头：包括报文转发的基本信息，路由器通过基本报头解析就能完成绝大多数的报文转发任务。

- 扩展报头：包括一些扩展的报文转发信息，该部分不是必须的，也不是每个路由器都需要处理，一般只有目的路由器（或者主机）才处理扩展报头。
- 上层协议数据单元：一般由上层协议报头及其有效载荷构成，该部分与 IPv4 的上层协议数据单元没有任何区别。

在 IPv6 中，由 IPv4 选项提供的特殊功能，通过在 IPv6 头部之后增加扩展头部实现，如图 2 所示。IPv4 路由和时间戳功能都采用这种方式，其他功能（例如分片和超大分组）很少在 IPv6 中使用，因此没有为它们在 IPv6 头部分配相应的位。基于这种设计，IPv6 头部固定为 40 字节，扩展头部仅在需要时添加。在选择 IPv6 头部为固定大小时，一般情况下，要求扩展头部仅由终端主机处理。IPv6 设计者简化了高性能路由器的设计和实现，这是因为 IPv6 路由器处理分组所需命令比 IPv4 简单。实际上，分组处理性能受很多因素影响，包括协议复杂性、路由器硬件和软件功能以及流量负载等。由于扩展报头的存在，为 IPv6 的应用提供了更大的空间，将报文进行合理地应用，可以便捷地传递信息，实现定制的功能。

基本报头	扩展报头1	...	扩展报头N	数据单元
------	-------	-----	-------	------

图 2 IPv6 报文的基本格式

根据 IPv6 扩展报头的特点，将 IPv6 扩展报头技术与随愿网络相结合，进行网络状态的及时调整可以极大提高网络的效率。本文面向下一代互联网，以骨干网传输为应用场景，分析了随愿网络的应用。

骨干网主要负责承载高质量 VPN 流量，为重点客户在某些流量高峰时段提供可靠的服务保障。这就需要通过随愿网络来实时监控网络状态信息，预测网络未来状态，及时预留相应带宽等资源。如可以通过往年同一时段网络状态信息，

预测判断今年哪个区域网络负载较大，然后通过预留带宽、扩容等方式，保障重点客户的服务质量以及网络通信质量。

在该场景下，基于 IPv6 的随愿网络的应用执行过程如下。

（1）意愿的获取：客户提出在某些流量高峰时段提供可靠的服务保障，提出需要保障的应用以及具体服务保障要求的等级。

（2）转译及验证：通过转译模块将客户需求转换为具体的网络指标（包括带宽、时延、抖动等），将这些指标信息进行编译，并根据用户的业务需求匹配到不同的业务应用中。

（3）下发与执行：统筹计算网络的状态信息，由控制器将 IPv6 扩展报头的相关配置下发给网络设备，设备层将网络指标信息加载进 IPv6 扩展报头中，IPv6 报头随着报文进行转发，在每一跳的节点对于网络质量的指标信息进行执行和保障。

（4）优化与调整：系统实时采集网络的状态信息，当网络的状态信息发生改变、无法满足客户的服务保障要求时，系统重新计算流量的路径信息，重新预测流量调整后的网络状态，并下发新的路径执行，引导相关流量进入到新的路径。

（5）结果的反馈：系统实时将相关的网络状态及客户状态收集反馈，跟踪其状态表的实时信息。

4 结束语

下一代互联网的广泛性和大众化的特点，势必会对人们的生产生活产生一定的改变。在下一代互联网中，IPv6 因其具有的显著特性，与随愿网络的结合应用将是必然的趋势。总的来说，随着科技的进步，网络变得日益复杂，网络服务需求也逐渐增多，一个智能化的网络配置与管理的任务将变得越来越复杂。基于 IPv6 的随愿网络可



以大大降低网络配置的工作量,减少人工配置出错的可能,为今后全行业数字化转型提供扎实的基础。

参考文献:

- [1] ONF. Intent: don't tell me what to do! tell me what you want[S].2015.
- [2] ESG. 向基于意图的网络迈进白皮书[R]. 2018.
EGS. Towards a Intent based network[R]. 2018.
- [3] BEHRINGER M, PRITIKIN M. Autonomic networking: definitions and design goals: RFC7575[S]. 2015.
- [4] DEERING S, HINDEN R. Internet protocol, version 6 (IPv6) specification: RFC2460[S]. 1998.
- [5] LDSHIN P. IPv6 详解 (IPV6 Clearly Explained) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
LDSHIN P. IPv6 clearly explained[M]. Beijing : Machinery Industry Press, 2000.
- [6] 程军. 高校校园网 IPv6 过渡策略及设计部署[D]. 合肥: 安徽大学, 2012.

CHENG J. The strategy and deployment of building IPv6 university campus network[D]. Hefei: Anhui University, 2012.

- [7] 张千里, 姜彩萍, 王继龙, 等. IPv6 地址结构标准化研究综述[J]. 计算机学报, 2019(6).
ZHANG Q L, JIANG C P, WANG J L, et al. A survey on IPv6 address structure standardization researches[J]. Chinese Journal of Computers, 2019(6).
- [8] 崔勇, 吴建平. 下一代互联网与 IPv6 过渡[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
CUI Y, WU J P. Next generation Internet and IPv6 Beijing: Transition[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2014.

[作者简介]



张鑫 (1994—), 女, 中国电信股份有限公司北京研究院 CTNet2025 研究所工程师, 主要研究方向为未来网络架构、新型 IP 网络技术等。