
Autonomous Networks 产业现状 及 Open ANLab实验室洞察建议

Min He, 11/11/2020





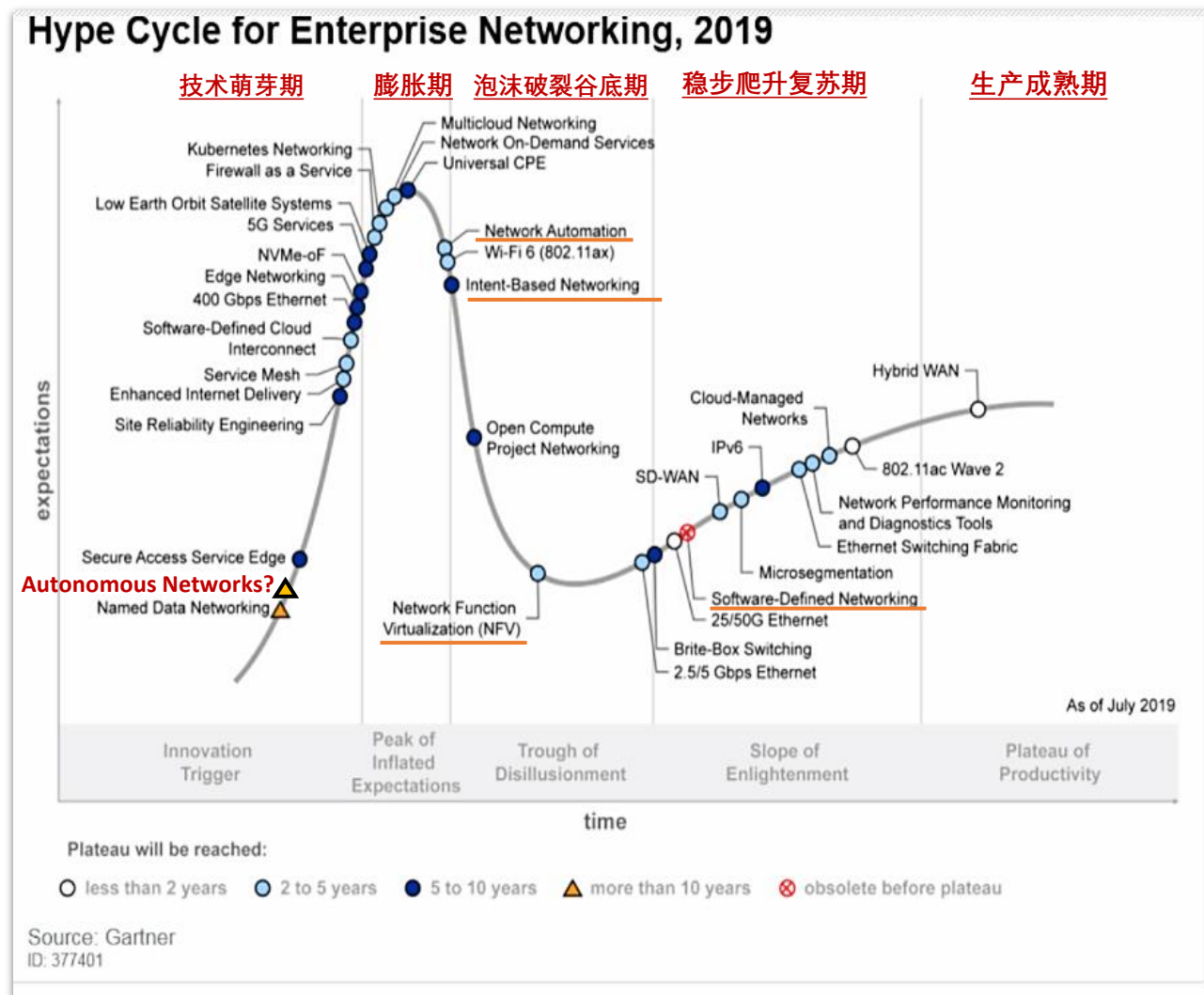
Outline

- AN 产业现状观察
- ANLab实验室洞察和思考
- AN实现思路
- AN机遇与挑战



| AN 产业现状观察

AN产业热度

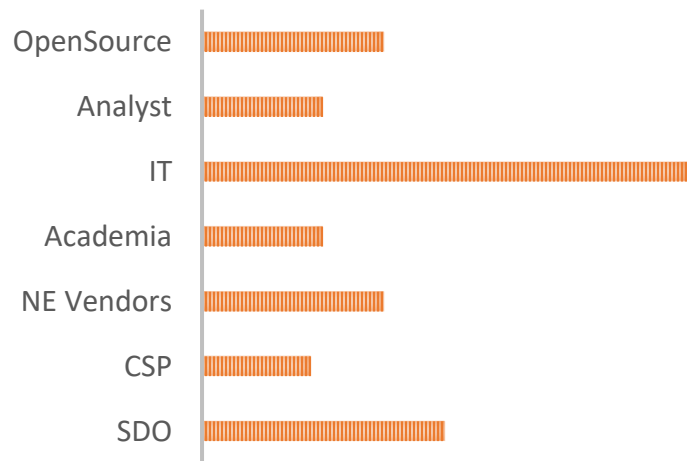


Gartner网络技术成熟度曲线2019

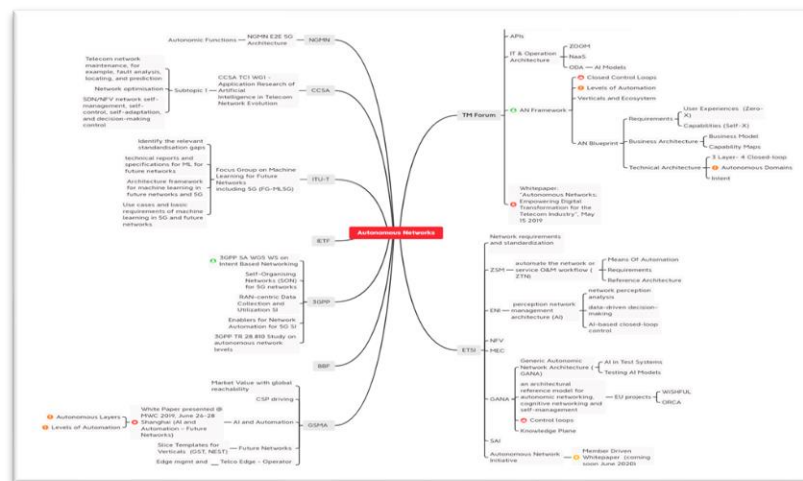
- Gartner 目前还没有追踪AN。但Autonomous Things连续3年（18，19，20）都在Gartner前未来科技趋势预测前10。
- AN的上一代相关技术经过了膨胀区，开始进入泡沫谷底期。
- 19年Gartner 宣称：
 - [NFV已被Cloud杀死](#)
 - [SDN未达巅峰已死（过时），让位给了Network Automation。](#)
- AN目前应该处于技术萌芽期的早期。希望两三年后AN让Network Automation 和 Intent-Based Networking 过时

AN产业热度

AN 热度



SDO活跃，发展势头健康



业界名称有迹象统一到AN

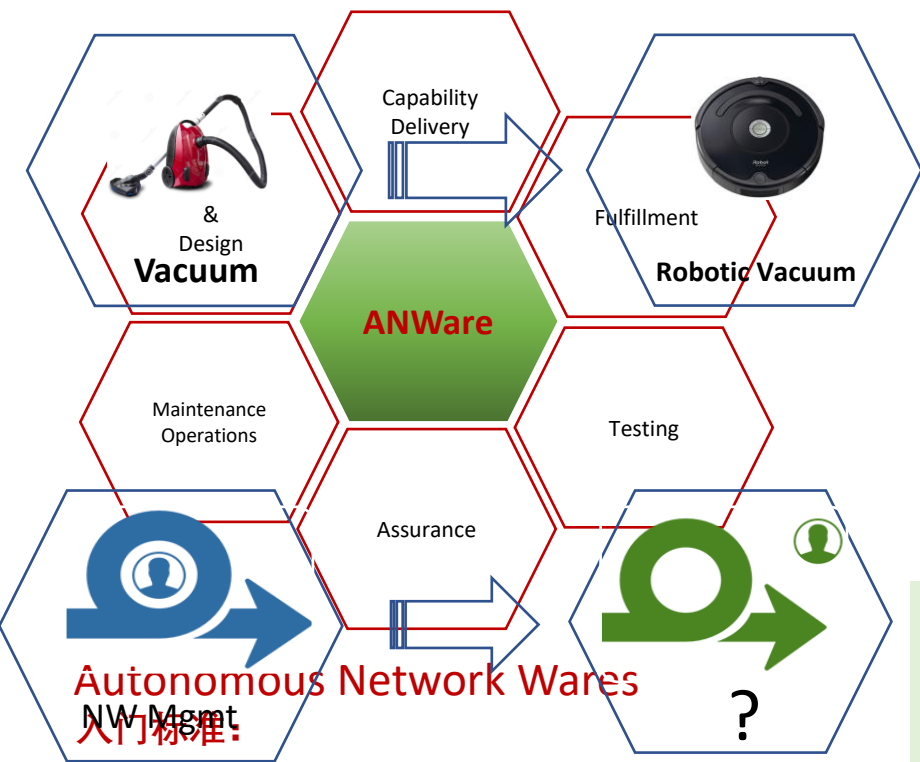
Organization	Terminology
Huawei	The Autonomous Driving Network (ADN)
Juniper	The Self Driving Network (SDN)
Cisco	The Digital Network Architecture (DNA)
Ericsson	The Zero Touch Network (ZTN)
Ciena	The Adaptive Network
TMF/ETSI/ITU-T/GSMA	The Autonomous Network
Academia	The Self-Driving Network (SelfDN)

- AN 产业热度在上升， 但还没有到不参与就显得落后的程度。
- AN 愿景： Self-x capabilitis, Zero-x experience 没有太多争议。但基本的概念还没有达成共识。
- SDO 参与度比较高。合作意愿高。主要是AN站得比较高， 以前的工作可以被覆盖。
- IT 主要指AIOps, AIOps已经进入膨胀区
- CSP中国区以外的参与度还有限。新代运营商乐天是个例外。
- 分析师公司对AN的覆盖才开始。TMF的分析部门对AN进行了问卷调查。
- 学术界对自治系统的研究比较多， 但对自治网络的还不多。
- 设备商有自己的名词和理解， 但越来越向AN靠拢。
- ONAP对自治网络有针对性的对齐。其他的开源社区不一定采用AN的叫法但工作很多都是和AN实现有强相关。

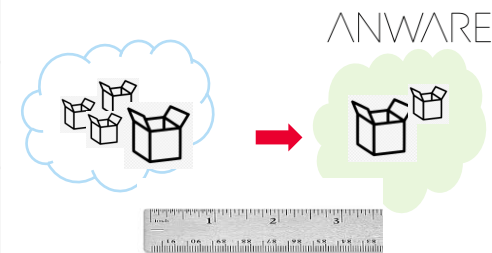
产业营销重点：
SDO
CSP
Analysis Firms

推动AN产业热度方法之一：构建 Autonomous Network Products 产品生态

策略：通过分析师公司把ANWare的概念推向业界。形成一个向AIOps一样有影响力的AN产品类别。促进AN的产业发展

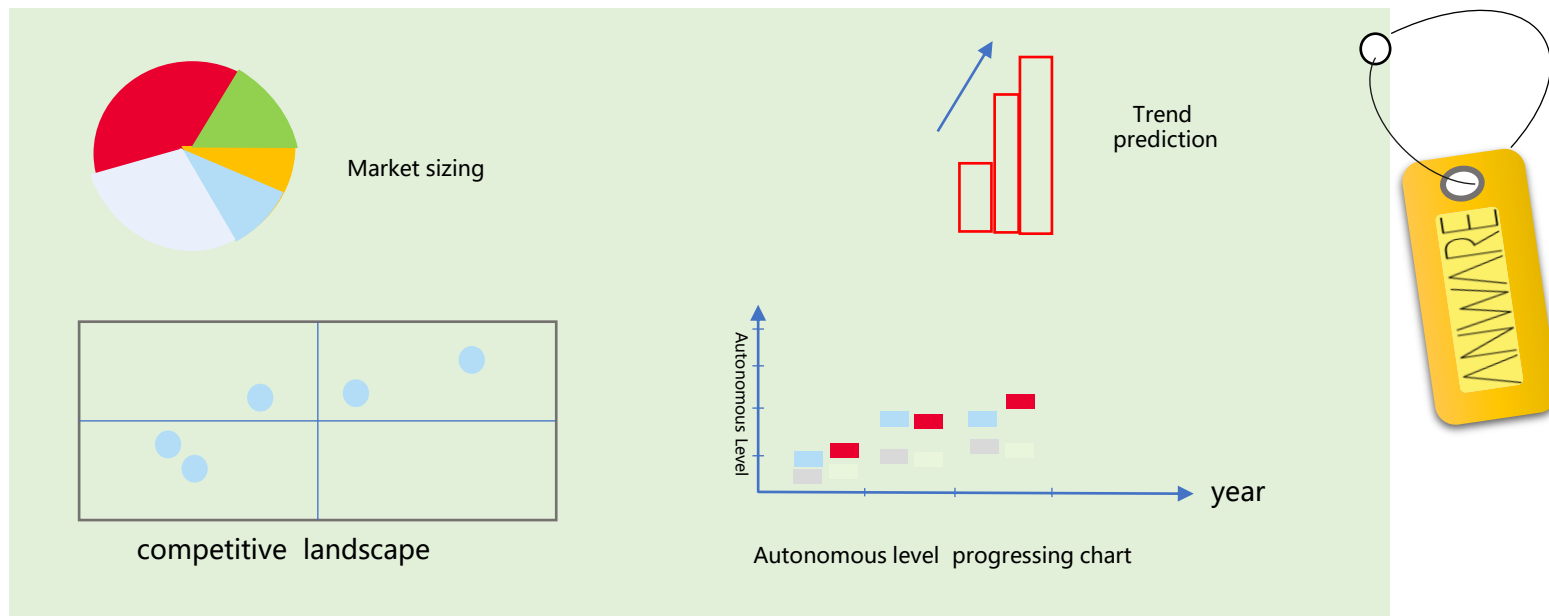


Firms	Research Topics
analysis mason	<ul style="list-style-type: none">Service Design and Orchestration<ul style="list-style-type: none">Automated AssuranceNetwork Automation and Orchestration<ul style="list-style-type: none">AI and Analytics
GlobalData.	<ul style="list-style-type: none">SDN+NFVService Enablement Ecosystem<ul style="list-style-type: none">Data & Analytics
IDC ANALYZE THE FUTURE	<ul style="list-style-type: none">Analytics and Intelligent Automation ServicesArtificial Intelligence in TelecommunicationsCommunications Service Provider Operations and Monetization
Appledore RESEARCH	<ul style="list-style-type: none">AutomationAI Driven Network
ACG RESEARCH	<ul style="list-style-type: none">DCO



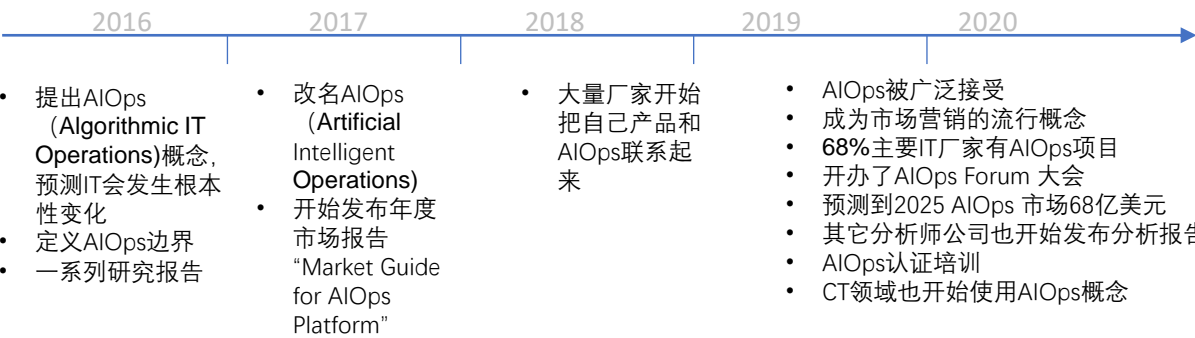
自动驾驶能力之尺

- 提供NaaS服务部分或全部功能
- 自动驾驶能力2级以上
 - 感知环境
 - 意图驱动
 - 自我决策
 - 执行可以是内部或外部
- 目前以软件为主，将来可扩展到智能网元

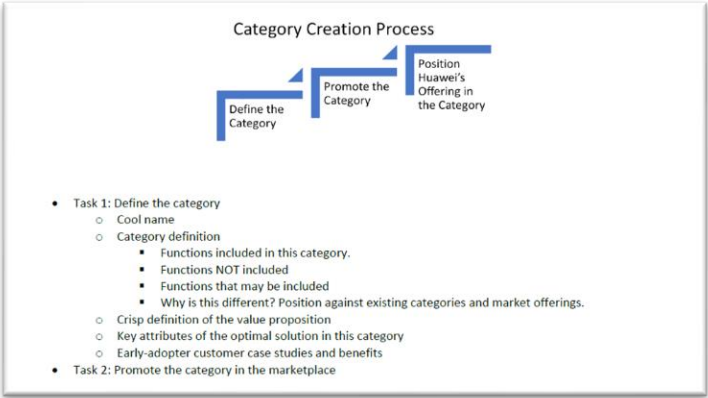


创建新产品类别ANWare进展

Gartner创建AIOps Platform产品类别历程



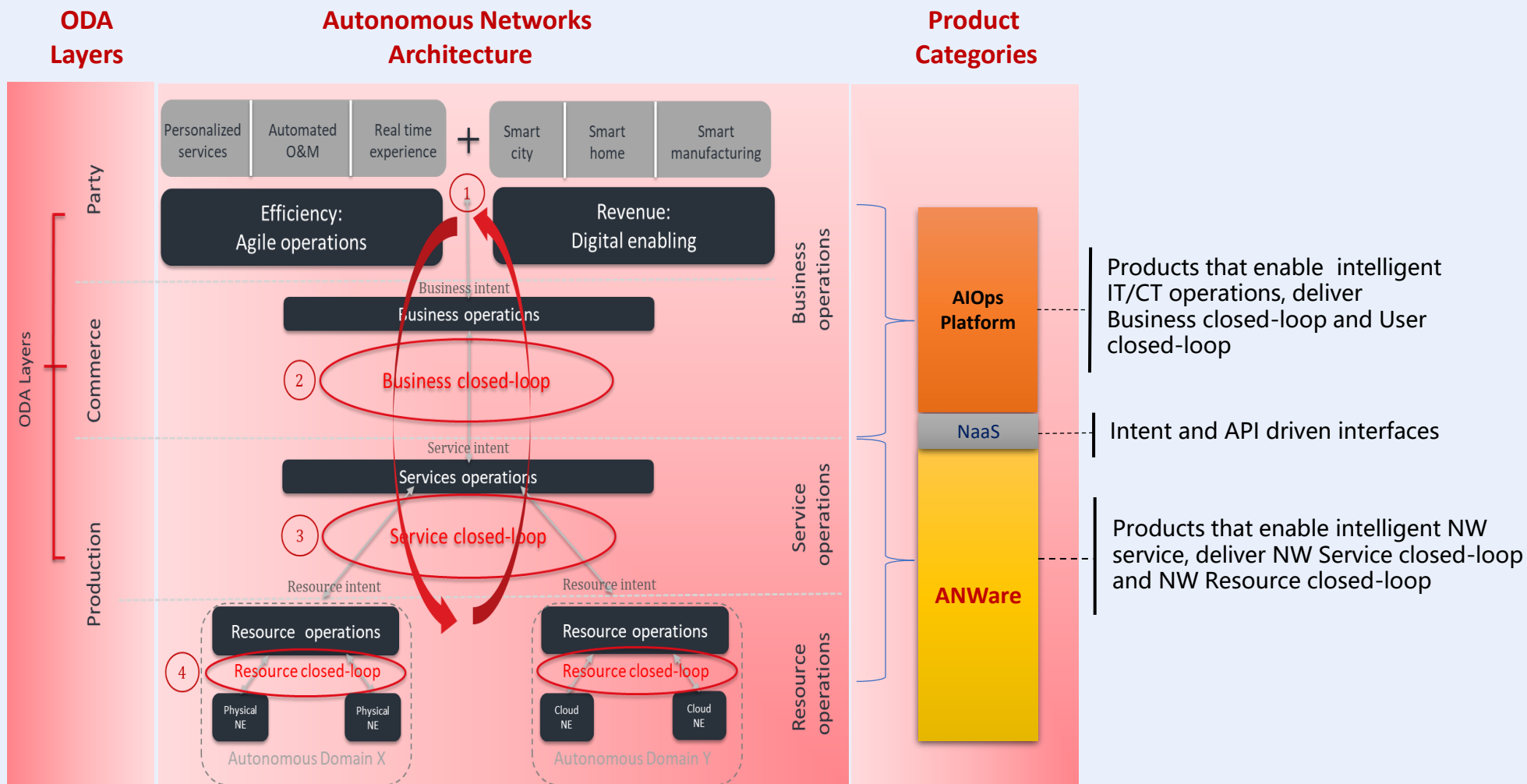
ANWare推广计划



分析师公司ANWare项目沟通情况

	公司规模	影响力	ANWare项目意愿	和其他分析师公司合作意愿	灵活性	大牌分析师	沟通结果	费用
IDC	大	Telecom 整体影响力大, 仅次于Gartner。	强	弱	弱	Karl Whitelock	决定承接这个项目但要自主决定具体运作方式	要求不接受费用
Gartner	大	对IT领域影响力极大。Telecom部分相对弱一些	强	弱	中	Peter Liu	目前Gartner有机会在ZSM方面但苦于找不到好的切入点。ANWARE的概念给与他们极大启发。有兴趣承接这个项目。但还需要内部沟通。	
Analysys Mason	中	Telecom整体影响力小于IDC但在NW O&M领域影响力大	强	弱	中	Dana Copperman	愿意承接, 如果需要多个分析师公司合作, 建议发表电子书的方式, 每家公司写一个章节。	
ACG	小, 但合作的分析师水平高	小	强	中	强	Mark Mortensen	原因承接。有创建新产品类别的经验。但由于公司太小, 我们计划请他们参加第二期推广工作。	需要费用

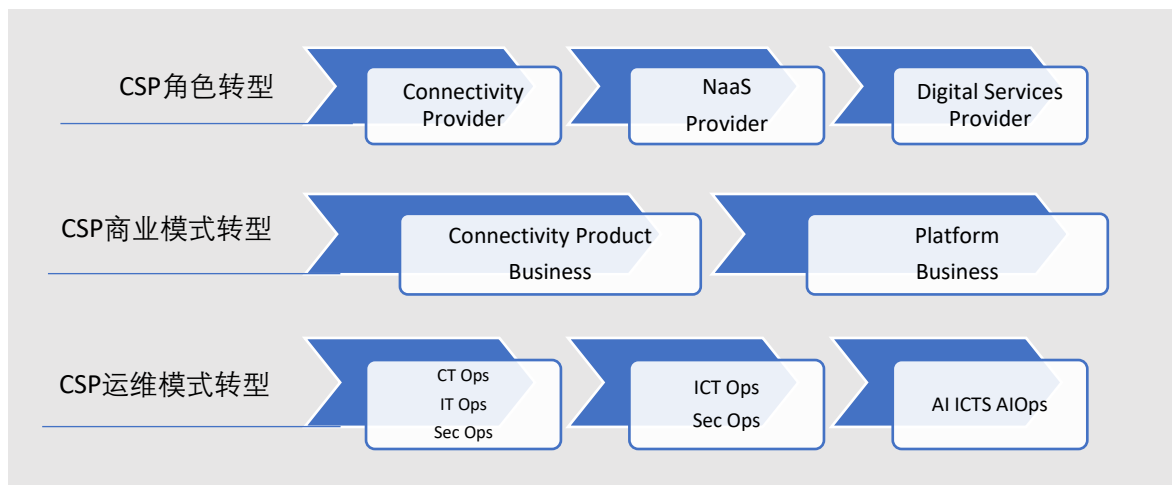
与TMF架构对齐



AN的原动力：CSP数字化转型

商业模式转型需要架构及技术手段转型来支持

思考成熟度



路径

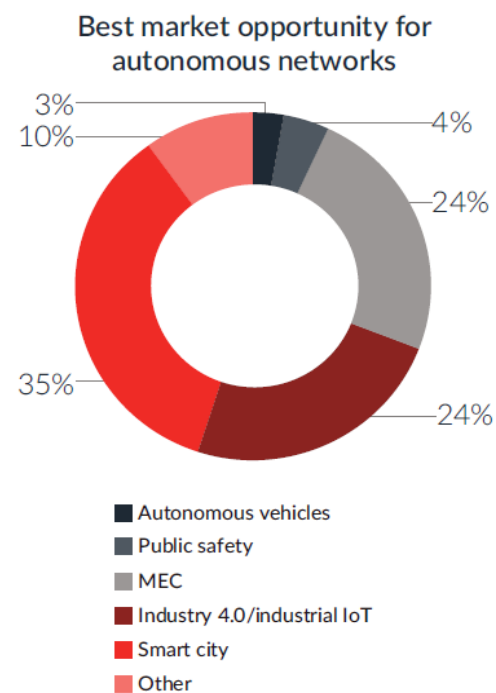
Drivers for automation



TM Forum, 2019

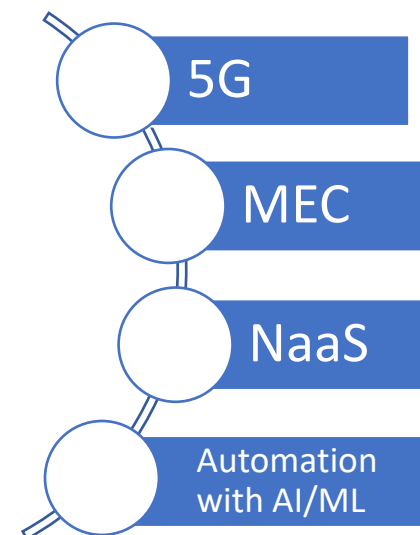
开源比节流更重要

未来最佳机会点：2B

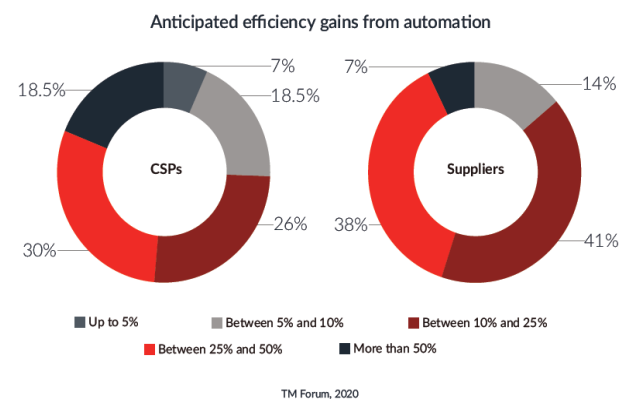
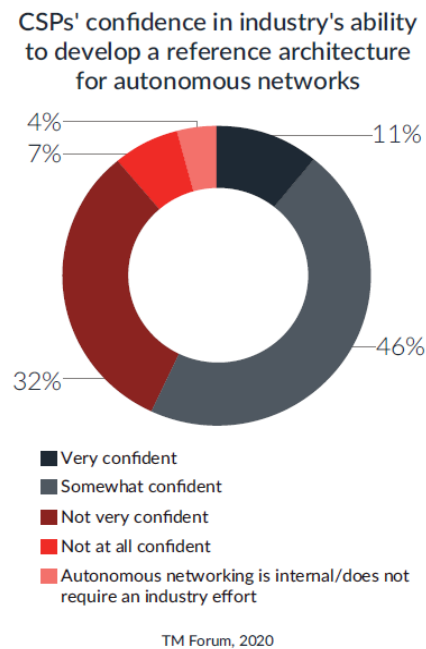
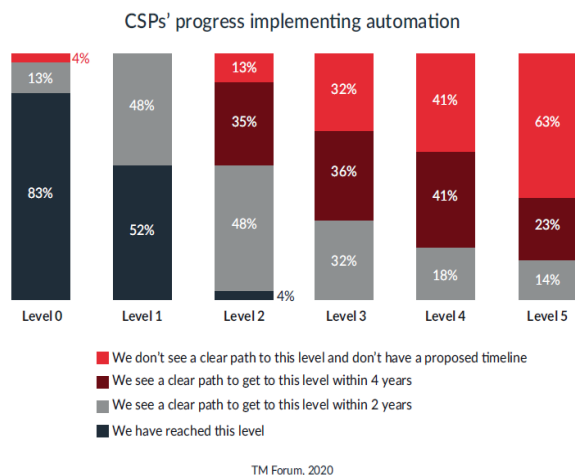


TM Forum, 2020

AN催化剂



CSP对AN的信心有待提高



Autonomous networks value creation & efficiency impact

	Depreciation	21.7%
	Product costs	14.8%
	Employees	13.6%
	Interconnection /circuit leasing	13.4%
	Sales expense	9.9%
	Maintenance	9.5%
	Utilities	5%

TM Forum, 2020 (source: Orange)

- 63%对达到5级没信心
- 41%对达到4级没信心
- 32%对达到3级没信心

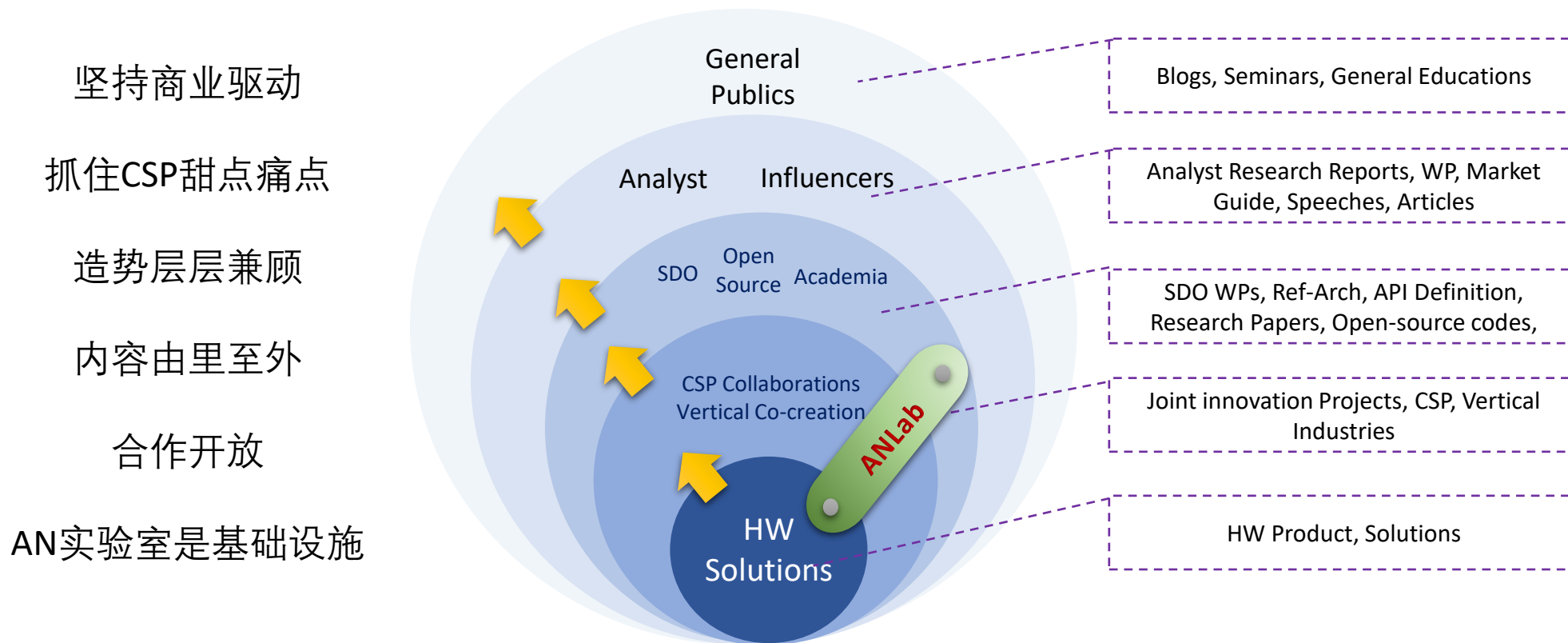
- 44%对产业能够以定义出AN参考架构持怀疑态度

- 25%预计自动化将提高效率少于10%
- 18%预计自动化将提高效率50%以上

- Orange 内部对AN价值生成和效率提升评估

牵引AN产业，重任在肩

现阶段提升运营商对AN的信心和参与度是关键, 用实力形成号召力



产业营销要传递关键信息：

- 1) AN是CSP成功数字化转型的必由之路。
- 2) AN的路标能够达到。
- 3) HW 是AN倡导者，先行者，领先者。



| Open ANLab 洞察与建议

实验室类型

学术研究类

ANRG (Autonomous Network Research Group – University of Southern California)
南加州大学自治网络研究组

Purdue University Autonomous & Intelligent Multi-agent Systems (AIMS) Lab
普渡大学多智能体系自治系统实验室

System and Network Lab (SNL) – UC Santa Barbara
加州大学圣塔芭芭拉分校系统和网络实验室

输出：论文， 软件等等

产业促进联合创新类

华为 Xlabs (mLab, vLab, hLab)

Ericsson D-15 Labs (5G Labs, IOT studios)
爱立信 D-15 实验室

ATT Foundry

AN Research & Innovation Department within Rakuten Mobile
乐天Mobile自治网络研究创新部

中国联通云网智能优化实验室

输出：白皮书， 调查报告， 标准输入， 实验报告， 解决方案等等

目前专门针对AN产业促进的实验室还没有

Why Need ANLab 为什么需要AN实验室？

- AN是一个极度复杂长期历程，必须以开放合作的方式进行。合作需要一个平台。
- 提高CSP对AN投资的信心，需要一个让CSP看到未来可能性的窗口。
- HW对AN产业的贡献，需要一个出口。
- 解决方案需要一个练兵场。
- 内部研发了解外部需求，需要一个入口。
- 构建HW在AN的领先地位。

“引领自动驾驶网络产业方向，把自动驾驶网络整体理念推动成为行业标准，形成行业共识，构筑绝对领先的自动驾驶网络解决方案” ~~ 汪涛总

Open ANLab Missions 使命



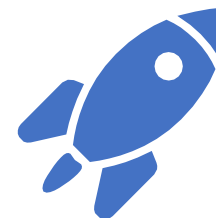
Accelerating Autonomous
Network Realization Through
Industry Collaboration.

通过业界合作加速自治网络实现



Promoting Industry Standards and Implementing
Solutions for Autonomous Network Vision。

为自治网络远景实现推广业界标准及解决方案



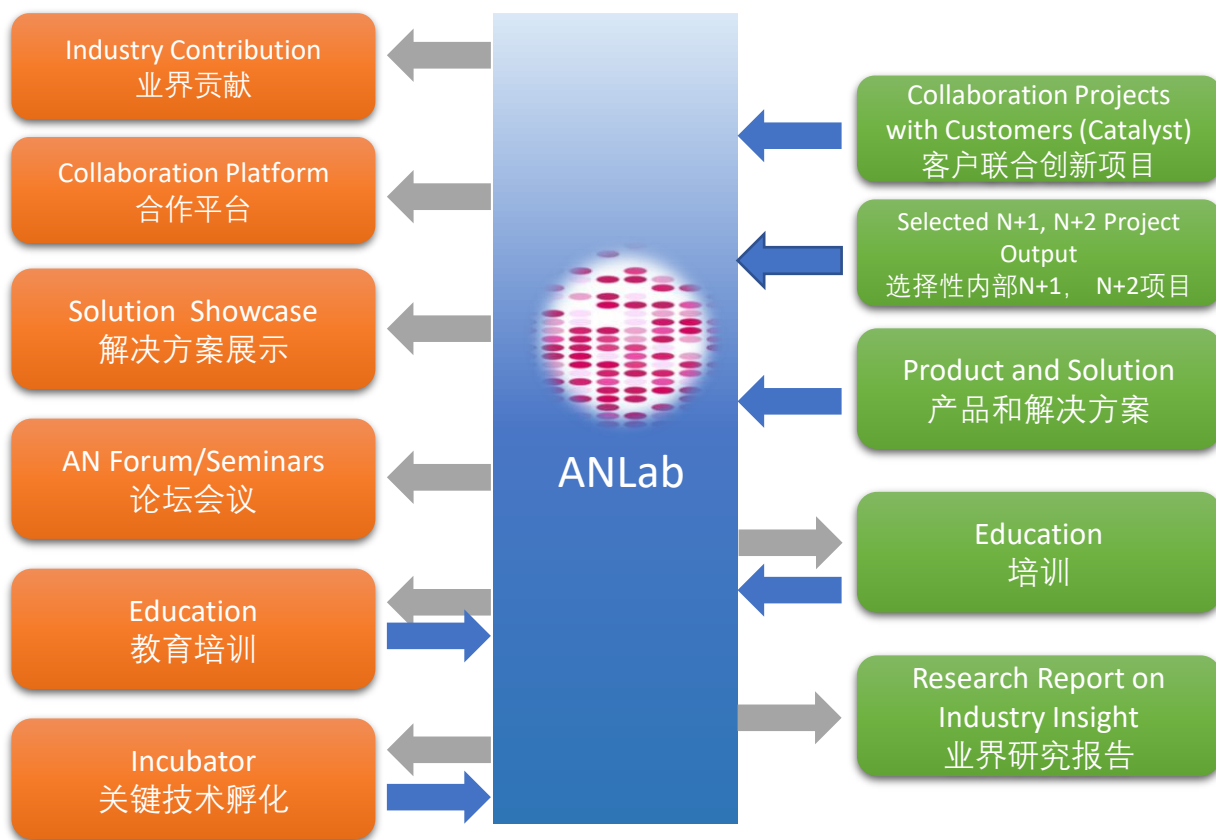
Discovering the future

发现未来

产业促进联合创新类开放实验室

ANLab Functions 主要职能

对外：华为ADN对外影响力载体， 对内：华为解决方案练习场



对外

对内

- 对外AN工作出口
 - 标准组织贡献
 - 开源组织贡献
 - 合作/POC/Catalyst 项目贡献
- 解决方案演示平台
- 合作平台
 - 大学
 - 研究机构
 - 客户
 - 合作伙伴
 - 论坛
- AN关键技术孵化
 - 竞赛组织, 评比
 - 选择技术孵化
- 教育平台

ANLab Approaches 研究视角

1

If to build an AN from clean slate, how do you do it?
如果让你从0开始构建一个5级自动驾驶网络，你会怎么做？



First Principles
Thinking, Spark
Innovations

L5

- Start from a clean slate
- From simplified to more complex constraints
- From small scale to large scale
- Identify technical hurdles
- Collect key benchmarks
- Gather test cases
- Compare algorithms/solutions
- Study applicability of certain frameworks to particular domains..

L2

2

What does it take to evolve current network to become an AN network?
如何把现网演进成更高一级的自动驾驶网络？

L5

- Based on reality, evolve to higher level
- Full life cycle (Design, Plan, Build, Deploy, Maintain)
- Industry collaboration platform (CPSs, Enterprises, BSS/OSS vendors, developers, equipment vendors, software vendors, SDOs, Opensource communities)
- Standardization: Terminology, Taxonomy of AN scenarios, modeling, API, architectures
- Certification methods
- Best practices promotion

L2

ANLab

Test /Benchmark
Environment
测试环境

Collaboration
Platform
合作平台

SDO Contributions
标准贡献

Solution Showcase
解决方案演示

Host AN Related
Contest
组织竞赛

Publish Research
Reports
发布研究调研报告,
白皮书

AN Educations
教育培训

Topic Examples 课题样例

构建AN体系方法论

- Autonomous Domain Construction
- Autonomous Domains Orchestration
- Communications among Autonomous Domains
- AN Scenario Taxonomy
- AN Verification and Testing

AN评测方法论和标准

- Safety Assessment Methodology
- Level Certification Methodology
- Scenario Categorization for Certifications
- Governance Structure

AN标准工作预研

- Reference Architecture
- Intent and Closed-loop
- Knowledge Base and Ontology Building
- AN Market Place
- AN Behavior in network domains
 - Fixed/Wireless Network/IoT

关键技术点

- Streaming Telemetry
- AI Model for Reasoning
- AN HMI
- Technologies for Each Levels
 - L3/L4/L5

垂直行业对AN的需求分析

- Smart Manufacturing
- Smart Health Care
- Smart Education
- Smart Cities
- Etc.

AN与环境的关系

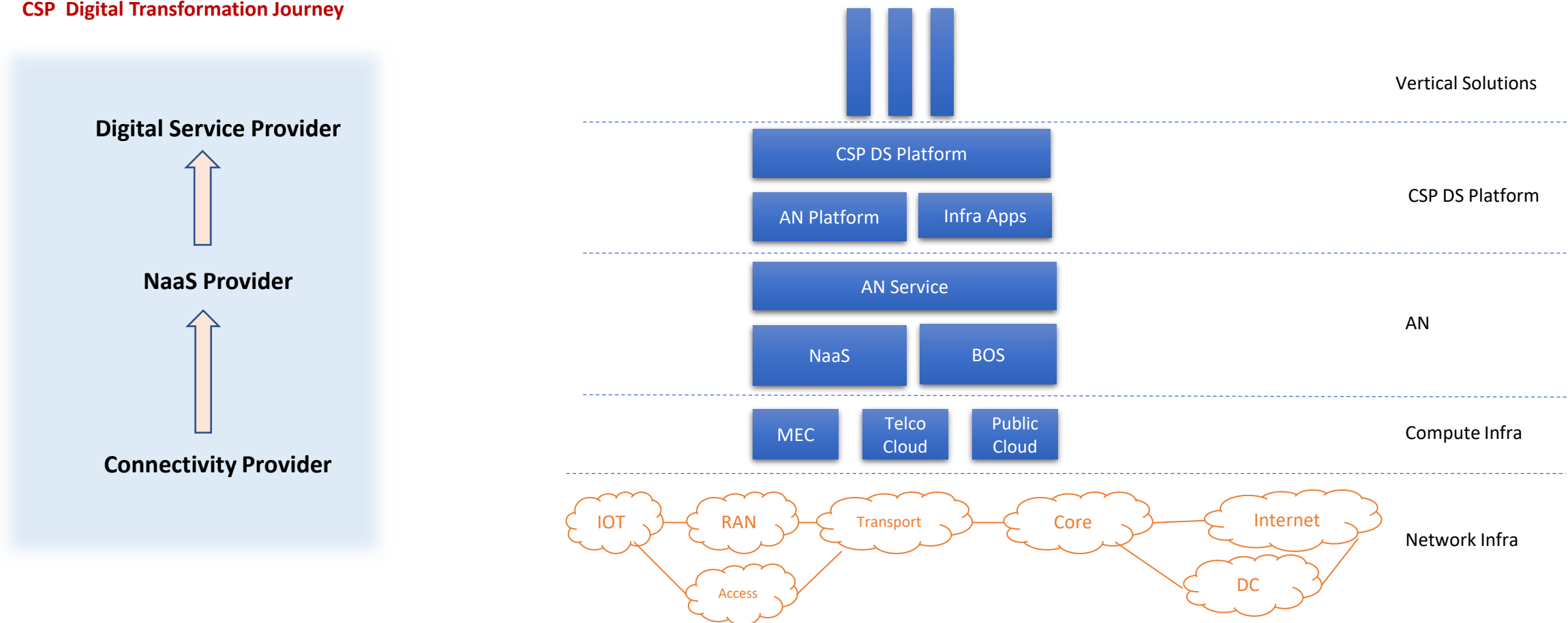
- Enterprise Digital Transformation
- AIOps
- Various Industry Standards

ANLab Setup: Mimic CSP Digital Transformation Journey

环境配置：模拟运营商数字化转型路径

设置成一个使用HW解决方案的Mini 运营商

CSP Digital Transformation Journey



Contest Examples 组织竞赛例子

L5 Autonomous Ad-hoc Wireless Network

Practical applications:

- Emergency staffs' communications
- Autonomous car's communications
- Search and resecure

degradation	distance	antenna angle
0%	<7km	<10°
50%	7 to 10km	10° to 30°
100%	>10km	>30°

Actors:

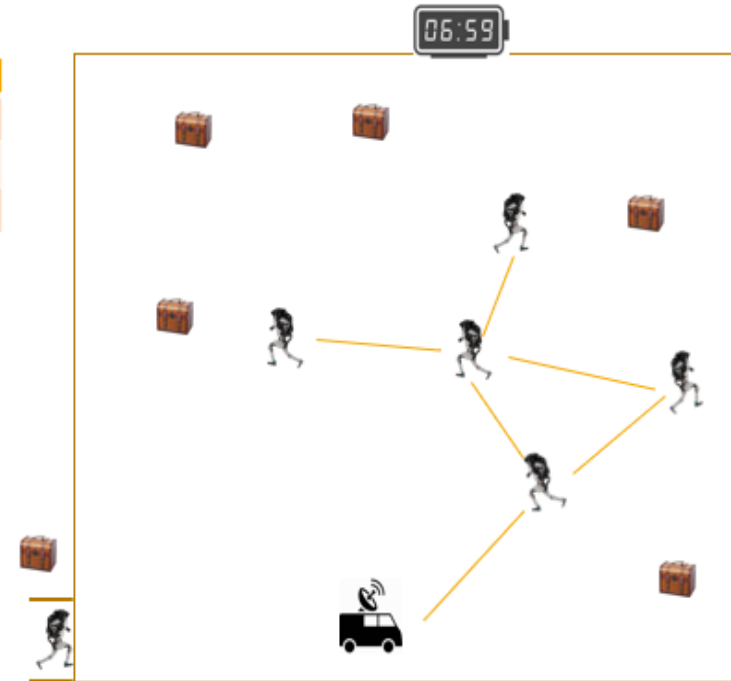
- Autonomous agents
 - Goal: to pickup treasure boxes the more the better

Initial State:

- All agents are from same start point of the map.
- Treasure location is unknown to the agents

Constraints:

- Agents can only pickup the item when has communication with at least 1 other agent and combine signal strength needs to be 100%.
- Agent can communicate to each other only when the communication channel exist with at least one other agent.
- Communicate signal degradation based on signal degradation chart.



Self-Config
Self-Organize
Self-Defense
Self-Healing
Self-Report
...

BUILD

GOAL

- Self-Dis
- Custom

PRIZE

- TBD

RESU

- Free up
- Agile, e
- Fast, in

CHAL

- Run a datacenter for six months with no human intervention (not even from afar) with no reduction or compromise in functionality

hyper-agility, an increase in wired-to-wireless conversions only complicates operations.

new communication technologies to achieve interconnectivity will actually complicate network integration.

Open ANLab 建议小结



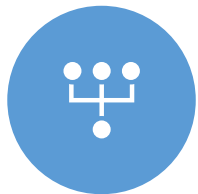
ANLab 以促进AN在业界深化发展为主要目标，同时做为华为在AN方面的努力成果对外展示的载体。



主动引领业界对AN进行更全面的思考和研究，提出问题。



研究工作主要通过和业界进行合作来进行。避免对公司内部已有研究项目的工作方法流程影响。



内部项目如有业界合作需要，可以通过ANLab这个载体进行。



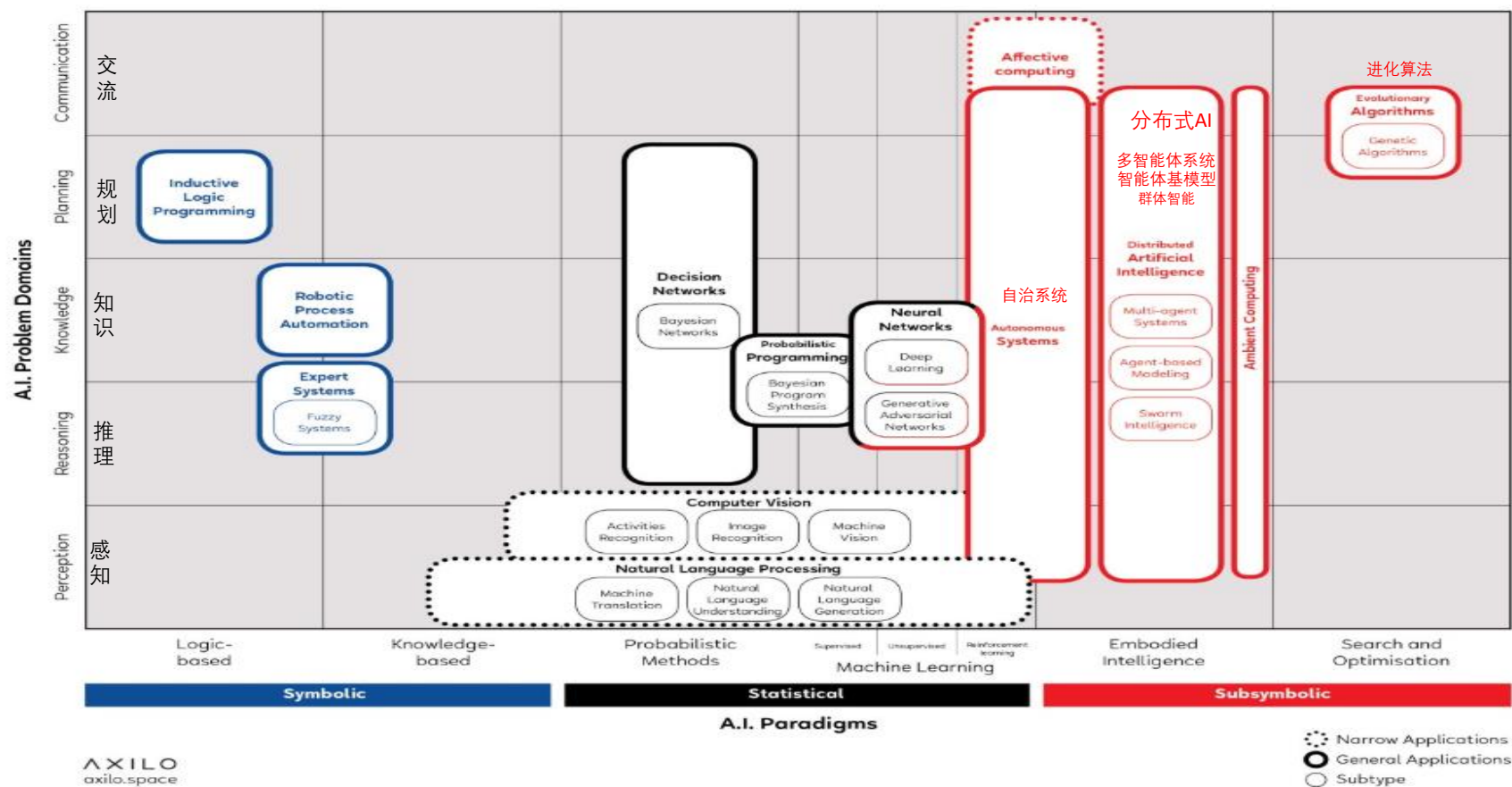
小步启动，稳扎稳打，成为AN先进理念及技术领域的孵化器。



| AN 实现思路

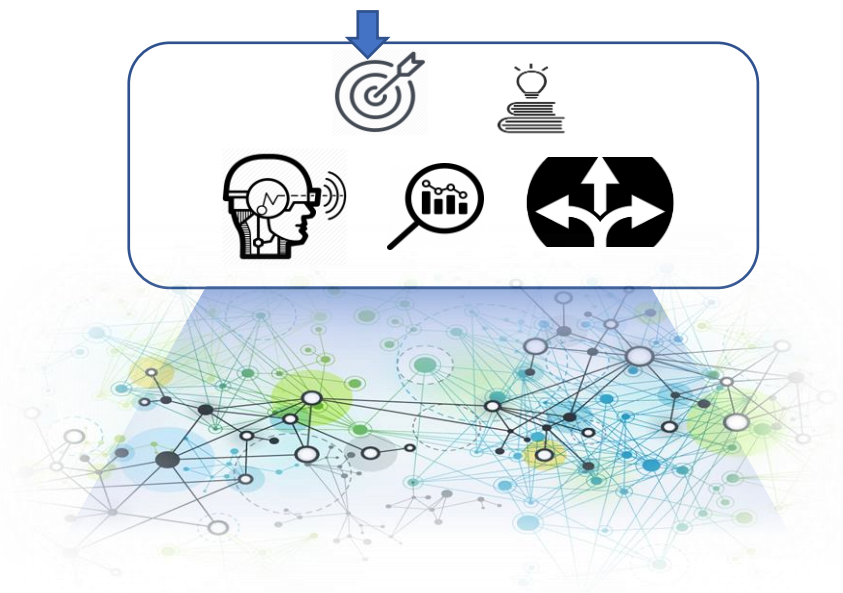
AN不仅仅是目标描述，更是一种新技术

- AN归根到底是技术为导向的，如果没有核心技术点只是概念和现有技术的集成，生命力不会强。
- AN的核心技术在于复杂自治系统的构建，仿真/测试，发放，通讯，可信，人机无缝切换，多智能体协同等等。
- 用现有的技术去实现L4以上的AN难度很高
- AN是自治系统里复杂度最高的系统之一
- 技术上的突破才能带来产品上的突破

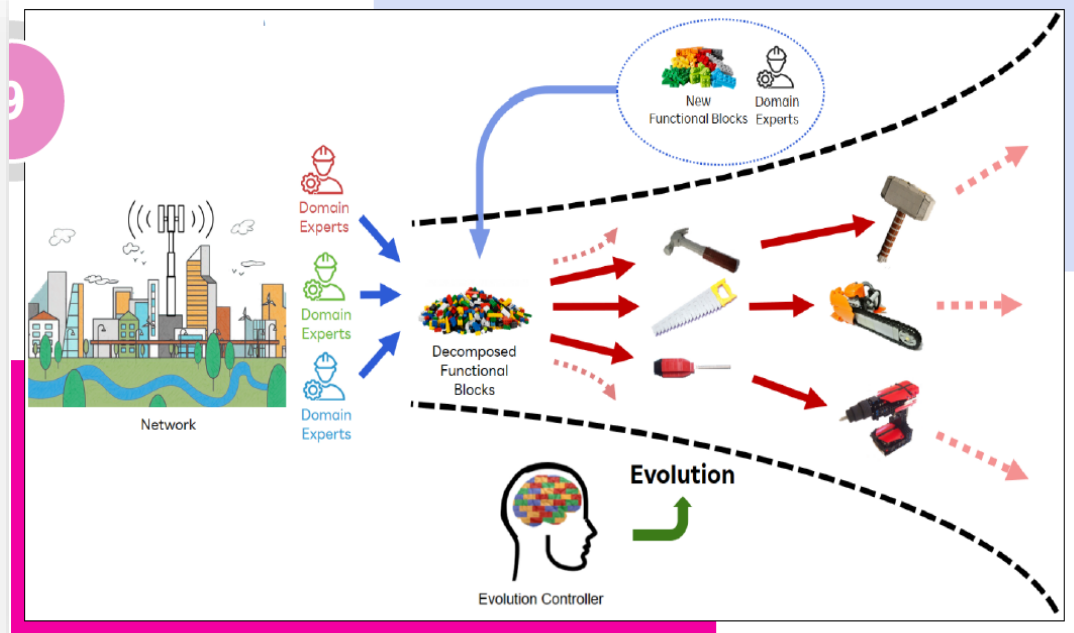


2019年新当选的美国科学院外籍院士David Harel等三人2020年在《[美国国家科学院院刊](#)》发表论文[Autonomics: In search of a foundation for next-generation autonomous systems](#) 呼吁建立专门的基金会来研究自治系统。因为自治系统的重要性与复杂性目前学术界重视远远不够。行为定义，分析（包括模拟，测试，形式化验证，系统验证等等），模型驱动与数据驱动结合，大量各种有可能相互矛盾的系统目标，环境多变难以预测，需要和人多方面打交道。

乐天 (Rakutan) AN思路

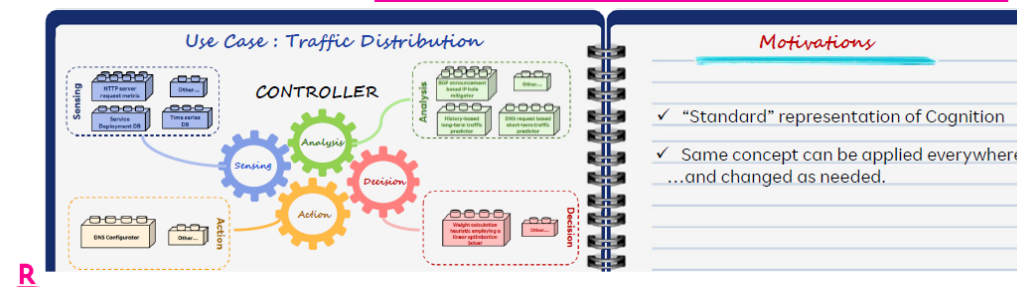
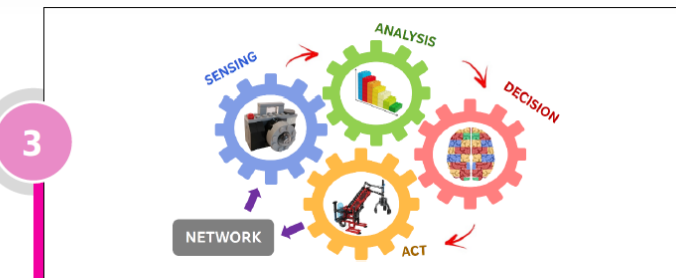


- 整体自治,
- 有一套方法论。基于Pierre Imai的博士论文 [Exploring Online Evolution of Network Stacks](#).
- 模块化, 每个模块可以自行演进
- 用模块搭建自治系统工作的四大步骤: 感知, 分析, 决策, 行动。
- 演进控制器负责演进, 使用演进算法
- 分层演进: Master Evolution Layer, Meta Evolution Layer, Evolution Layer, Operation Layer

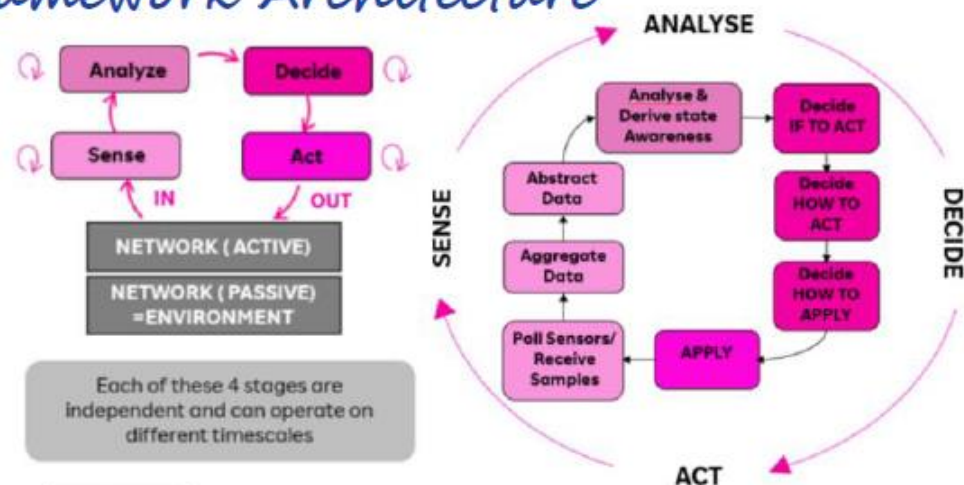


Cognitive Loop

"We build the fundamental cognitive loop out of atomic modules"

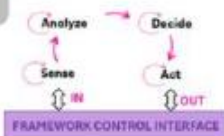


Framework Architecture

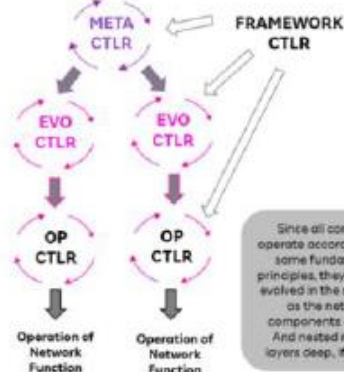


自治系统的4大步骤相对独立

Evolution Controllers follow the same operation pattern as Operation controllers



Plans for sub controllers define which modules are instantiated (how many times), how they are connected to each other, and how they are configured.

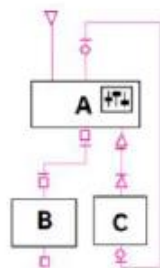


Since all controller operate according to the same fundamental principles, they all can be evolved in the same way as the network components oper/cfg And nested multiple layers deep, if needed.

演进控制器负责选择最合适的模块和行动计划

分层演进控制器

Modules have inputs, output, inf which are strongly typed and decide what other module they can be connected to.

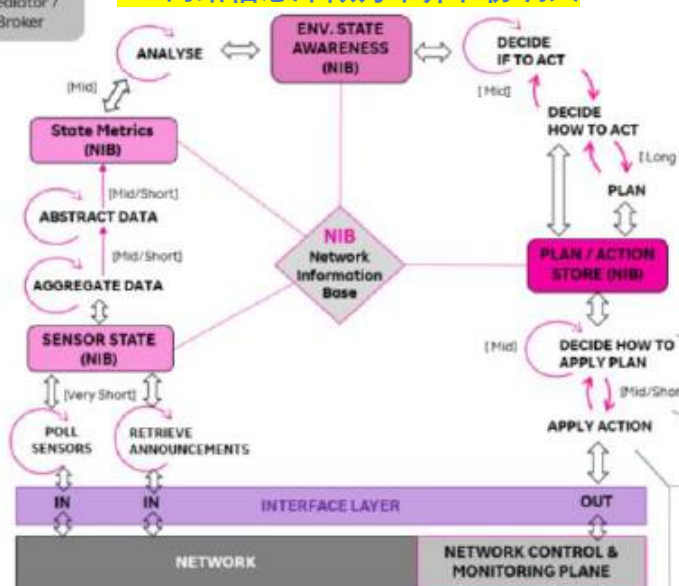


模块有输入输出及接口

Modules can also export configuration parameters which can be scalar or nominal.

NIB网络信息库做为中介和协调人

NIB Acts as Mediator / Broker



决策基于NIB中存储的环境/状态信息

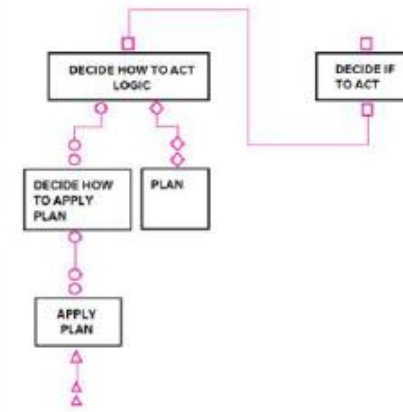
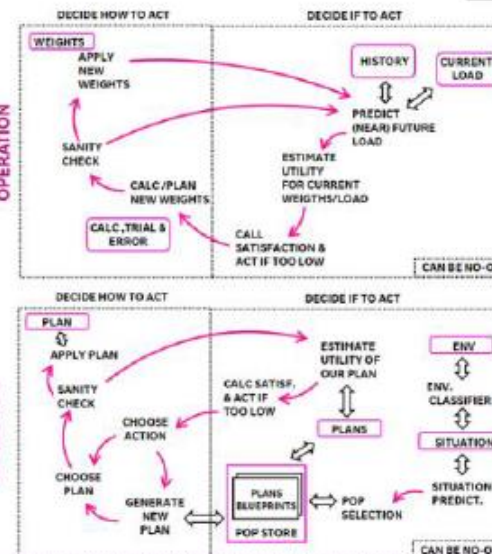
Each of These Stages is Modular And can be Evolved

Decisions are based on ENV/STATE Awareness data Stored in NIB

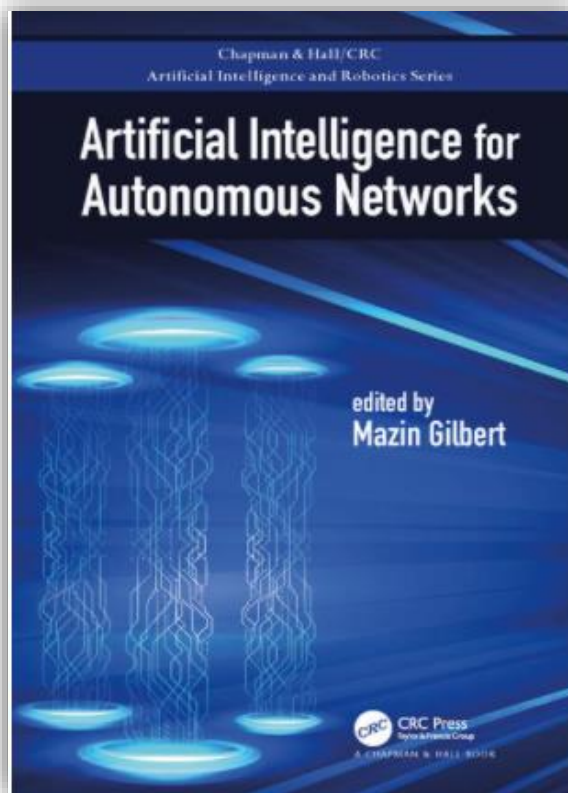
Plan Blueprints can be evolved in the same way as Network components operation / configuration can be - for example, through random / genetics inspired re-config / Combination / mutation * trial & error experimentation (Trial deployment to measure utility)

行动计划可以通过试错演进

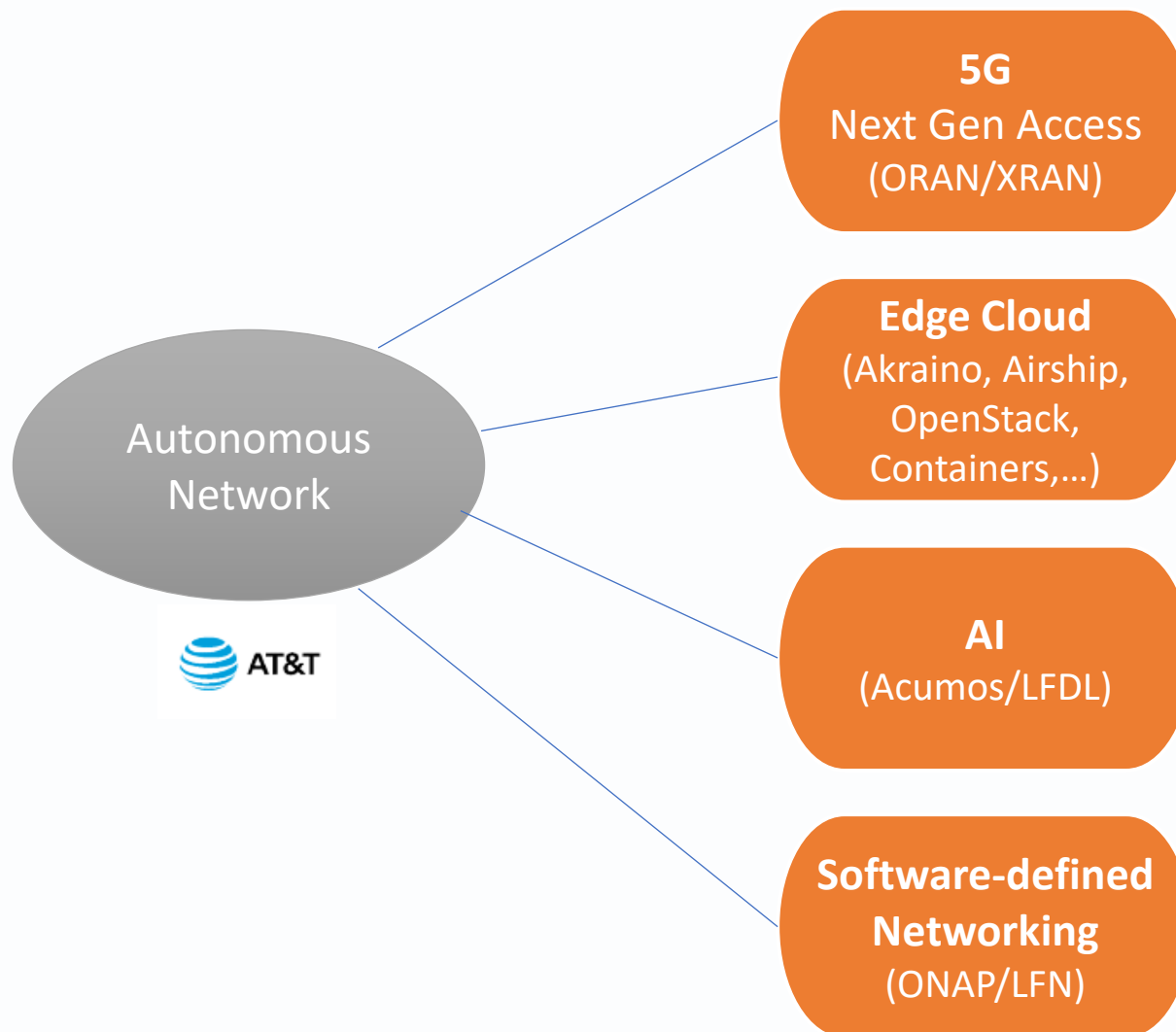
RESOURCE ALLOCATION OPERATION



ATT AN 思路



2018

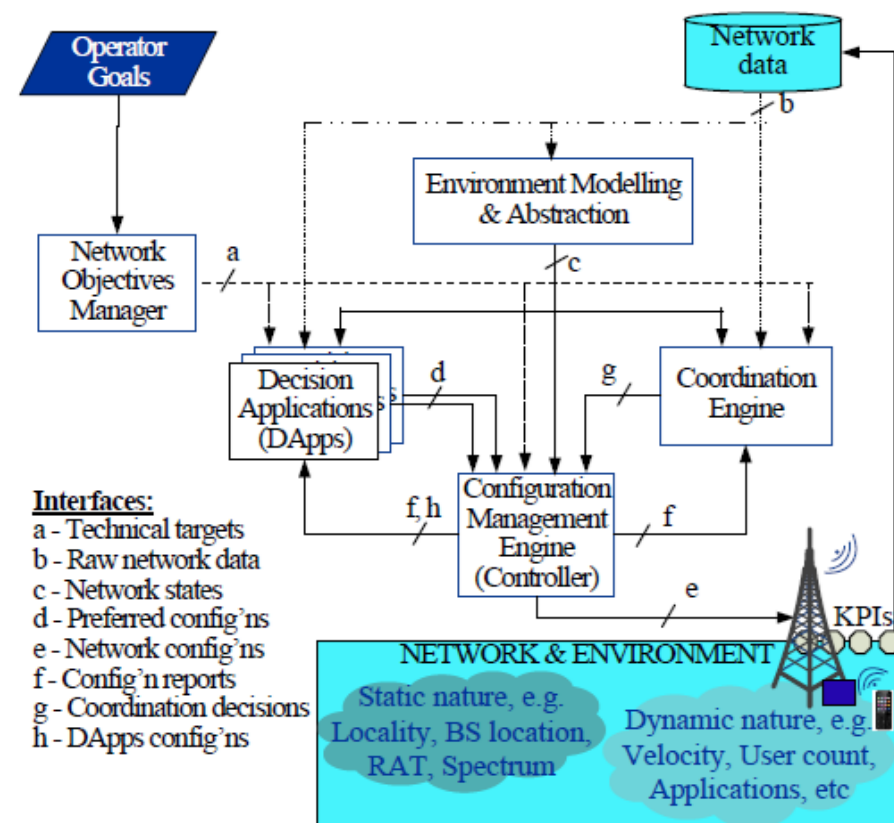


Nokia (Bell Labs) 思路

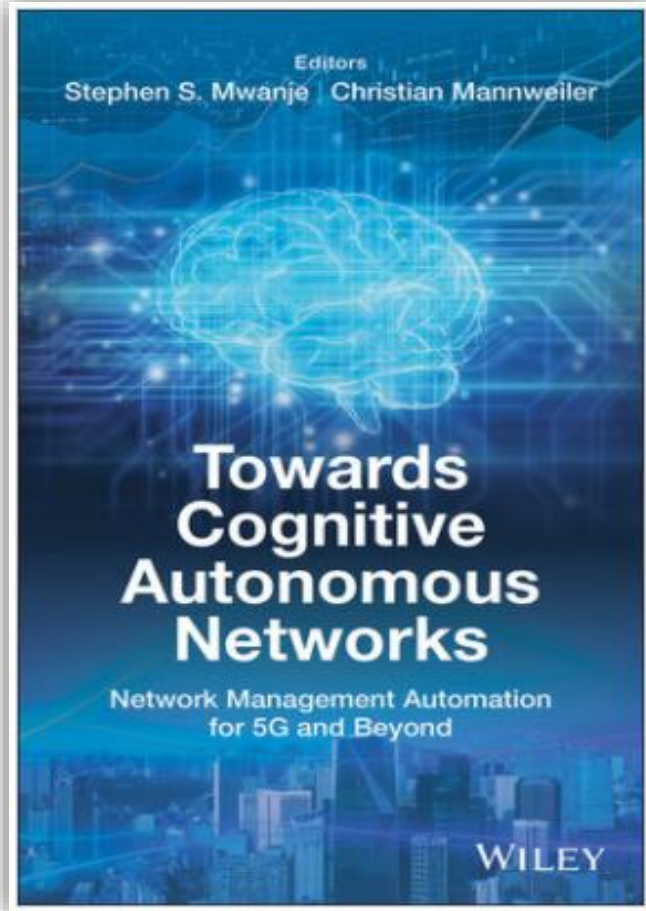
How will the CAN system look like?

CAN Framework

- Cognitive Function (CF) may contain:
 - DApps - Learners for specific objectives
 - CME (controller) - set boundaries and decide if recommendation is executed
 - CE - resolve conflicts among DApps recommendations
 - EMA - define and label observed network events and contexts
 - NOM - translate the operator's goals to technical targets for CFs



Nokia (Bell Labs) 思路

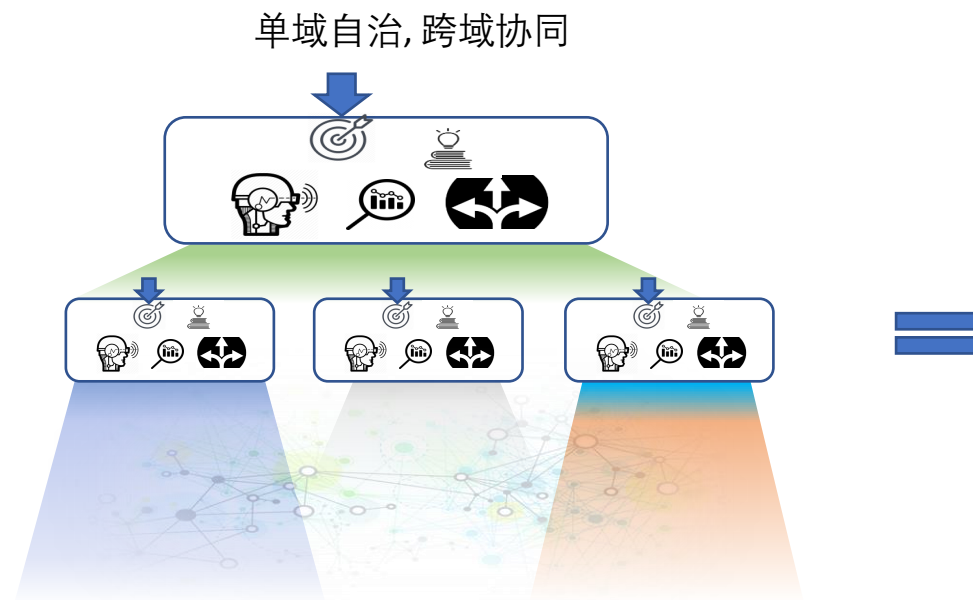


2020

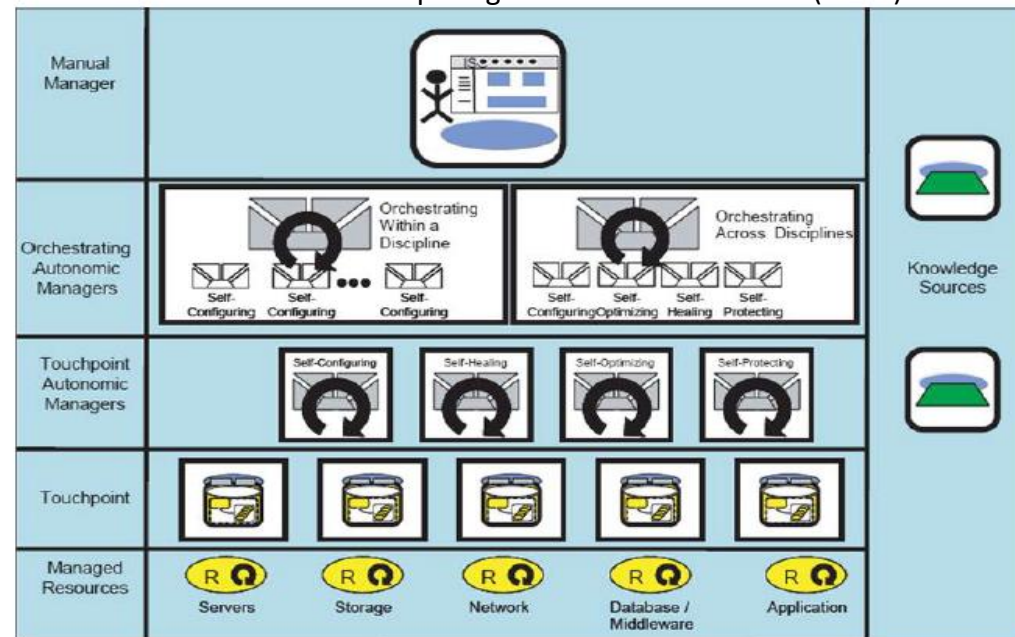
Table of Contents

10.4 Mobile Backhaul Automation	411
10.5 Summary	417
11 System Aspects for Cognitive Autonomous Networks 自治网络系统特性	
11.1 The SON Network Management Automation System	420
11.2 NMA Systems as Multi-Agent Systems	423
11.3 Post-Action Verification of Automation Functions Effects	426
11.4 Optimistic Concurrency Control Using Verification	436
11.5 A Framework for Cognitive Automation in Networks	440
11.5.5 Interfacing Among Functions	446
11.6 Synchronized Cooperative Learning in CANs	446
11.7 Inter-Function Coopetition – A Game Theoretic Opportunity	456
11.8 Summary and Open Challenges	464
12 Towards Actualizing Network Autonomy 实现自治网络	
12.1 Cognitive Autonomous Networks – The Vision	470
12.2 Modelling Networks: The System View	486
12.3 The Development – Operations Interface in CANs	506
12.4 CAN as Data Intensive Network Operations	510

我们的思路及可能突破点



IBM Autonomic Computing Reference Architecture (ACRA)

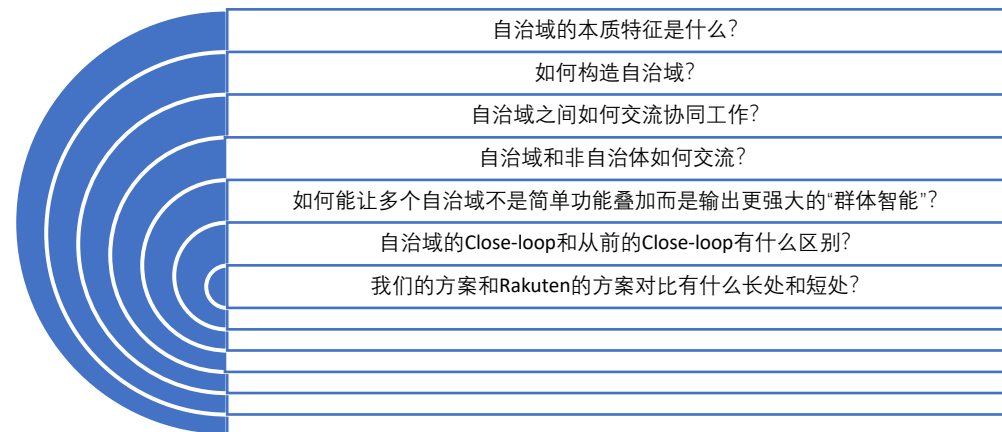


Source: IBM. An Architectural blueprint for autonomic computing. Autonomic computing, 2005.

“目前，自治系统的主要特征存在很多困惑。在文献中，我们发现大量与自治性相关的”自我“前缀词，如自我修复、自我优化、自我保护、自我意识、自我组织等。值得注意的是，关于自动驾驶汽车的辩论几乎完全集中在人工智能和学习技术上，而忽略了许多其他同样重要的**自治系统设计问题**。”

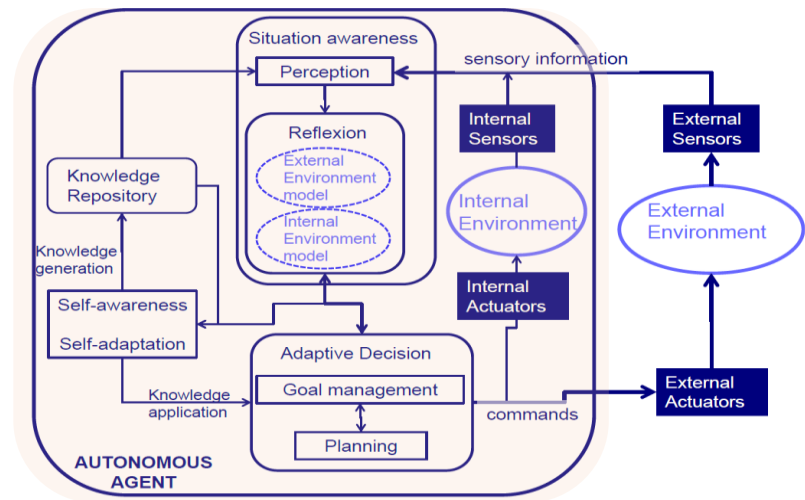
~~ Joseph Sifakis (Turing Award Winner)

<https://conferences.computer.org/services/2019/keynotes/sifakis.html>



寻找AN技术突破点

- 构建AN系统需要从新的角度来思考因为：
 - 自治域是有自动性的，自治带来了不确定性。
 - 自治域之间如何组织，协同，交流，竞争都是需要重新考虑。
 - 如何将独立有自己小目标的自治域整合成能完成复杂任务的大目标，通过以往的“协同层”的方法不一定合适。
 - 需要从面向对象的转换到面向智能代理的架构思维。



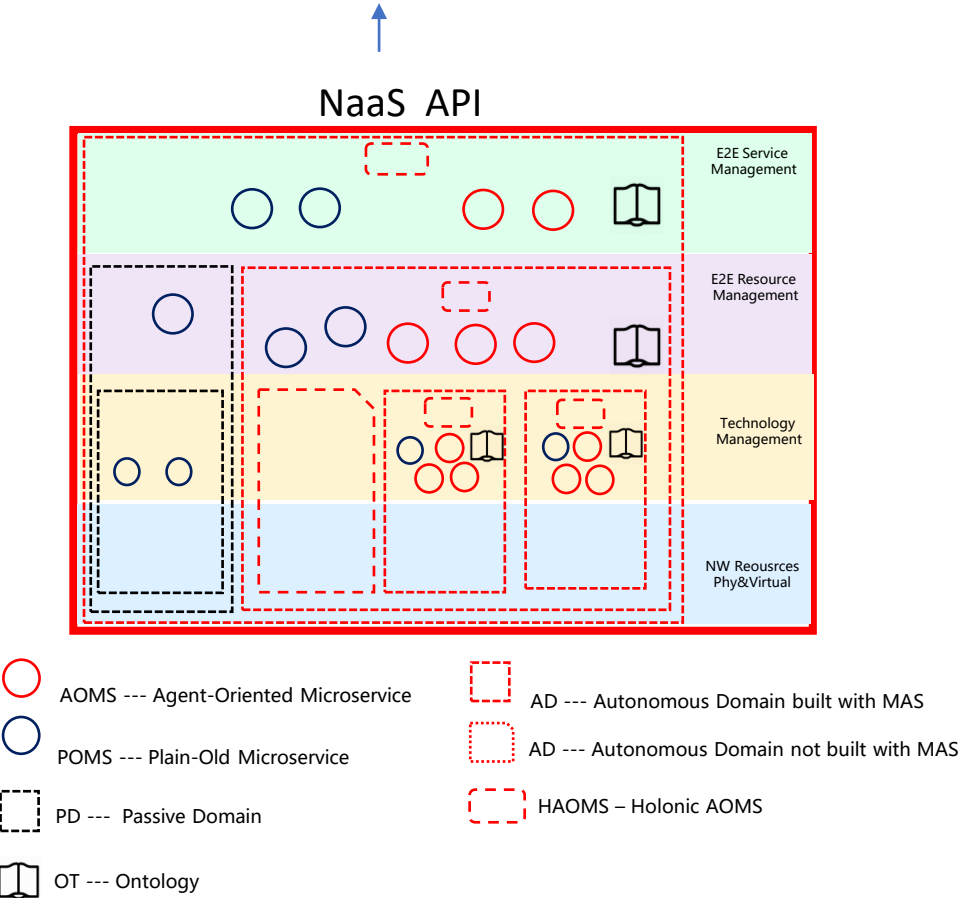
Source: Joseph Sifakis



AOSE 专题图

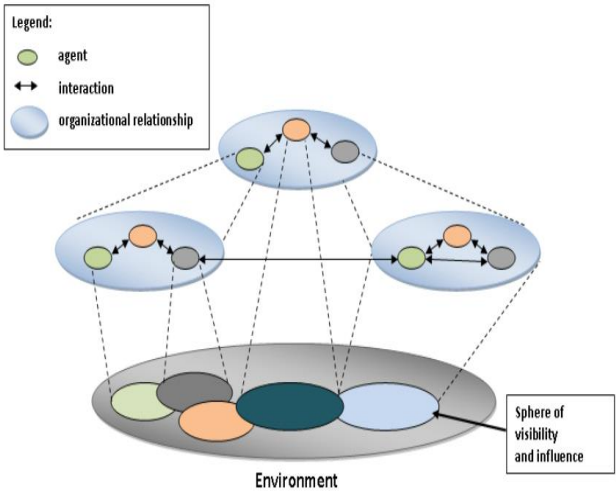
- 90年代开始的MAS（Multi-Agents System）技术对AN系统的构建有非常好的借鉴作用。这个领域都MAS的方方面面都有一定的探索结果和工具。
- AN系统是一个典型的MAS系统。
- 建议用AOSE（Agent-Oriented Software Engineering）方法论来审视AN技术架构思路。

Autonomous Networks as a Multi-Agents System (MAS) 按多智能体系统方法构建AN



AD (Autonomous Domain) can be built with or without MAS technology, but if follows “single domain autonomy, multi domain orchestration” principle, overall AND, as a NaaS provider, likely be a Hierarchical Holonic MAS. 自治域可以用MAS方法也可以不用MAS方法构建, 但如果遵循 “单域自治, 多域协同” 的原则, AN 作为有自治能力的NaaS功能提供者面对的是一个典型的分层整体MAS问题。MAS的方法论可以借鉴:

- Utilizing Hybrid Agent Architecture 采用代理混和架构
- Container-based and Distributed 基于容器的分布式布局
- Hierarchical Ontology System 分层次的本体模型 (知识库)
- Agent Communication use ACL (broader than Intent API) 定义代理通信语言而不是简单的 “Intent API”
- Follow AOSE (Agent-Oriented Software Engineering) methodologies and tools 借鉴AOSE方法和工具



CANONICAL VIEW OF AN AGENT-BASED SYSTEM [JEN00]

代理系统的规范视图

Table 1. Lifecycle and Agent Mapping of AOSE Methodologies

S.NO	METHODOLOGIES	LIFECYCLE	AGENT MAPPING
1.	Prometheus	Analysis Design Implementation Debugging	Goal Plan
2.	MaSE	Analysis Design	Role
3.	Tropos	Analysis Design Implementation GOST	Actor Goal
4.	GALA	Analysis Design	Role
5.	SODA	Analysis Design	Role
6.	PASSI	Analysis Design Implementation Unit Testing	Role
7.	ODAM	Analysis Design Implementation	Role
8.	MESSAGE	Analysis Design	Goal Role
9.	ROADMAP	Analysis Design Implementation Testing	Role
10.	MAS CommonKADS	Analysis Design	Goal

AOSE 方法流派



| AN 风险与挑战

AN风险

概念风险

- 概念太大，没有明确的路径来衡量进度。
- 被新概念接管。
- 停留在概念落不了地

成本和工作量，ROI 风险

- 需要太多的努力和成本来证明可行性
- 无法展示足够大的业务价值

技术风险

- 许多技术点，但不足以实现大闭环。
- 关键技术不成熟不够可靠
- 数据不足
- 不够好，无法赢得运营商的信任。

组织风险

- 抵制变革惰性
- 需要长期投资
- 缺乏相应技能

标准风险

生态系统风险

Summary 总结

AN 热度在升高，势头良好，还处于萌芽阶段，需要大力产业营销保持热度。

建立以产业促进和联合创新为主要目的的Open ANLab很有必要。

AN实现有不同风格的实现途径。HW需要通过关键自治系统构建技术上的突破达到解决方案绝对领先的目标。

AN风险与机会共存。道路曲折，前途光明！

讨论

