PortML 与智慧港口框架方案

李浩斌
C4NGP, NUS

2019年9月29日

与智慧港口相关的技术和研究工作，可以归为以下四类：（1）设备通讯、（2）可视呈现、（3）数字模型、（4）分析算法。先就这四方面谈一下我们的观点。

1. 设备通讯：直接解决的是自动化与远程控制问题。设备方面的技术最为显现，如AGV和无人集卡，岸桥、场桥的遥控或自动控制，包括无人船或自动清关等等。与之相配套的，是物联网传感器及网络通讯技术，如WIFI，近场通讯（NFC）和LTE / 5G等，解决的是自动化设备与控制系统之间的状态侦测和命令传输工作。这一类的技术开发，主要面向的是港口的无人化，降低劳动力成本。设备和通讯技术是港口智慧化的前提和必要条件。但是，其工作原理是基于既定协议，严格按照传入的指令执行工作，因而，本身并不具有“智慧”因子。
2. 可视呈现：针对港口的作业管理和决策人员，提供直观的图形和数字信息。呈现形式包括数据图表、二维平面显示、三维立体显示、虚拟现实、增强现实，以及混合现实技术等。同样，呈现技术本身不涉及“智慧”因子，其作用只是缩短了人与设备的距离，减少了观察决策的时间和空间成本。
3. 数字模型：用来数字化描述港口的配置设计和运营状态。模型包括两种类型，一是数据模型，其作用是将通讯采集到的数据结构化为实体关系，或存储为时空序列，用于之后的查询和分析。二是交互模型，其作用是模拟真实系统的演进规则（如离散事件仿真），从而可以用于预测未来的情景和数据，提前做好应对决策。数字模型是“智慧决策”的关键基础，相当于大脑中的“记忆”和“逻辑”。
4. 分析算法：用于归纳模型中的数据信息关联，优化决策。例如：如何分配泊位、分配堆场、调度车辆，等等（十类问题）。如同人类大脑的思维过程，分析算法是港口“智慧”的核心。由浅入深，由易到难，分析算法的层级包括：效能测算、启发构造、排序选择、搜索优化、加强学习五个阶段。

据我们初步了解观察，欧洲港口在全部四个方面都取得了可观的发展，不足之处可能存在于：

1. 最新的自动化设备与通讯技术
2. 最新的虚拟、增强和混合现实交互技术
3. 高精度的数据及交互模型（高精度仿真模型）
4. 排序选择、搜索优化、以及加强学习算法

相比之下，其它发展中地区的港口的局限可能在于：

1. 基本或进阶的自动化设备与通讯设施
2. 实时的图表分析和三维呈现能力
3. 基本的数据和交互模型
4. 基本效能测算和启发构造算法

与欧洲发达地区的港口相比较，发展中地区港口吞吐量高，数量庞大，关键技术难点有所不同。为了提高这些港口的“智慧”程度，我们难以对某个单一港口采取资金与技术密集型的发展方式，而需要设计一套可持续、可拓展的智慧港口生态系统和技术框架。希望借助这套系统框架，有效借鉴欧洲发达港口的经验，营造健康的“智慧”竞合模式，激发研究人员积极性，保护知识产权，整体提高地区港口群的智能化程度。

从时间维度上来看，我们也可以得出相似的结论。参考人类智慧发展的路线图，我们可以总结出：“智能化”不是一蹴而就的，而应当是一个循序渐进的过程。在系统设计之初，最需要考虑的问题，不应当是寻求最优秀的分析或优化算法，而是构建一个可以持续更新、移植、杂交、演化的自适应系统。以此，我们可以为优秀算法提供测试改进的环境，为各种港口的独特问题找到最匹配的解决方案，且可以通过借鉴融合持续升级系统的智能程度。

因此构建该“智慧”系统的关键，在于“标准化”。只有定义了交互接口，算法研究者才能够深入探索实际问题，比较和提升解决方案；只有当交互接口形成一定标准，算法研究工作才能够取得规模性的收益，并且形成生态圈，让各种智能算法在交流融合中达到提升。通过标准接口，物理和数字组件可以实现多种组合的无缝连接，形成可平行于真实物理世界的数字孪生，大大加速智慧算法的演化和改进。

针对“标准化智慧港口系统”架构，C4NGP契合MPA制定的路线图，提出了PortML（Port Markup Language）港口标记语言，结合O2DES建模范式，以层级化的结构描述港口各个组成部分的静态属性、运行状态与交互信息。在这一概念体系下，港口被划分为五层的等级结构，包含二十多个遵循信息交互协议的功能模块，各自对应了不同的设备、工作单元、或功能组，和其相关的操作控制问题。用这一概念结构，可以清晰的确定智能化的具体需求，包括时间节点、输入信息和输出决策。

在实施方面，对于将PortML描述出的各个部件，“智慧系统”可使用“微服务（Microservices）”软件架构和容器技术（Containerization），将其编写为单一责任与功能的小型功能区块，并且利用模块化的方式组合出复杂的港口系统。如此，可以通过对单一区块的虚实替换，迅速测验和部署硬件设备，智能调度算法，以及全局操作系统（如TOS）或局部控制系统（如ECS）。由于符合持续交付（Continuous Delivery）软件开发流程，部署过程中可以做到设备热插拔，和算法热更新。而且，每一个智能模块作为独立软件，可以来自不同的算法工程师或软件开发者，消除了单一供应商的垄断；与之相配合，数字孪生提供的无缝测试环境，为不同软件供应商的系统整合测试提供了有效的平台。