

建议书

ITU-T Y.4601 (01/2023)

Y系列：全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市

物联网和智慧城市及社区 – 业务、应用、计算和数据处理

智慧消防数字孪生的要求和能力框架



全球信息基础设施	
概要	Y.100–Y.199
业务、应用和中间件	Y.200–Y.299
网络方面	Y.300–Y.399
接口和协议	Y.400–Y.499
编号、寻址和命名	Y.500–Y.599
运营、管理和维护	Y.600–Y.699
安全	Y.700–Y.799
性能	Y.800–Y.899
互联网的协议问题	
概要	Y.1000–Y.1099
业务和应用	Y.1100–Y.1199
体系、接入、网络能力和资源管理	Y.1200–Y.1299
传输	Y.1300–Y.1399
互通	Y.1400–Y.1499
服务质量和网络性能	Y.1500–Y.1599
信令	Y.1600–Y.1699
运营、管理和维护	Y.1700–Y.1799
计费	Y.1800–Y.1899
下一代网络上的IPTV	Y.1900–Y.1999
下一代网络	
框架和功能性架构模型	Y.2000–Y.2099
服务质量和性能	Y.2100–Y.2199
服务方面：业务能力和业务架构	Y.2200–Y.2249
服务方面：NGN中服务和网络的互操作性	Y.2250–Y.2299
NGN的增强	Y.2300–Y.2399
网络管理	Y.2400–Y.2499
计算能力网络	Y.2500–Y.2599
基于分组的网络	Y.2600–Y.2699
安全	Y.2700–Y.2799
通用移动性	Y.2800–Y.2899
运营商水平的开放环境	Y.2900–Y.2999
未来网络	Y.3000–Y.3499
云计算	Y.3500–Y.3599
大数据	Y.3600–Y.3799
量子密钥分发网络	Y.3800–Y.3999
物联网、智慧城市和社区	
综述	Y.4000–Y.4049
定义和术语	Y.4050–Y.4099
要求和应用案例	Y.4100–Y.4249
基础设施、连接和网络	Y.4250–Y.4399
框架、构架和协议	Y.4400–Y.4549
 业务、应用、计算和数据处理	Y.4550–Y.4699
管理、控制和性能	Y.4700–Y.4799
识别与安全	Y.4800–Y.4899
评估与评价	Y.4900–Y.4999

如果需要进一步了解细目，请查阅ITU-T建议书清单。

智慧消防数字孪生的要求和能力框架

摘要

ITU-T Y.4601建议书草案规定了用于智慧消防数字孪生的要求和能力框架。

数字孪生是目标对象的数字表达，其或因应用的具体领域的差异而需要不同的能力，例如实体与其数字表达之间的同步及实时支持（参见ITU-T Y.4600建议书）。

通过物联网（IoT）技术部署和信息集成过程，数字孪生可以提供火灾现场的高保真数字显示，实现物理实体和数字实体之间的动态融合，达到全面了解火灾现场的过去、现在和未来的目的并对其加以控制。当前的消防技术缺乏全面的动态传感能力和预测能力。这些技术不能提供延迟的信息并实现人员与火灾现场间互动的充分可见性。

通过部署网关、传感器、高质量网络、多物理仿真、动态分析和预测以及三维（3D）可视化，智慧消防数字孪生可提供人员跟踪、危险追踪、火灾现场动态分析、救援策略优化、预仿真、历史场景重建等智慧服务。这些智慧服务有助于改善决策过程并减少伤亡。

历史沿革

版本	建议书	批准	研究组	唯一识别码*
1.0	ITU-T Y.4601	2023-01-30	20	11.1002/1000/15077

关键词

能力、数字孪生、物联网、需求、智慧消防。

* 欲查阅建议书，请在您的网络浏览器地址域键入URL <http://handle.itu.int/>，随后输入建议书的唯一识别码，例如，<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信、信息和通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联未收到实施本建议书可能需要的受专利/软件版权保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此大力提倡他们通过下列ITU-T网站查询适当的ITU-T数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2023

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目录

	页码
1 范围	1
2 参考文献	1
3 定义	1
3.1 他处定义的术语	1
3.2 本建议书中定义的术语	2
4 缩写词和首字母缩略语	2
5 惯例	2
6 智慧消防数字孪生介绍	3
7 智慧消防系统的要求	4
7.1 其它设备的要求	4
7.2 网络要求	5
7.3 数字孪生的要求	5
7.4 应用的要求	6
8 智慧消防系统的能力框架	6
8.1 设备层功能	7
8.2 网络层的能力	9
8.3 服务支持和应用支持层的能力	9
8.4 应用的能力	10
附录一 – 智慧消防的数字孪生使用案例	11
I.1 火灾现场监控	11
I.2 救援策略的制定和培训	11
参考资料	13

智慧消防数字孪生的要求和能力框架

1 范围

本建议书规定了智慧消防数字孪生的要求和能力框架。

这些需求和能力框架建立在物联网参考模型[ITU-T Y.4000]和物联网通用需求[ITU-T Y.4100]的基础之上，专注于智慧消防数字孪生的技术方面。

本建议书的范围包括：

- 为智慧消防引入数字孪生技术。
- 智慧消防对数字孪生的要求。
- 智慧消防的数字孪生能力框架。

附录中提供了智慧消防的数字孪生使用案例。

2 参考文献

以下ITU-T建议书和其中引用条款的其他参考文献构成本建议书的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其他参考文献均接受修订；因此鼓励使用本建议书时了解是否可能使用最新版本的建议书和以下列出的其他参考文献。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书内文档的参考文献作为独立文件并不反映本建议书版本的状况。

[ITU-T Y.4000]ITU-T Y.4000/Y.2060建议书（2012年），物联网概述。

[ITU-T Y.4100]ITU-T Y.4100/Y.2066建议书（2014年），物联网共同要求。

[ITU-T Y.4113]ITU-T Y.4113建议书（2016年），物联网的网络要求。

[ITU-T Y.4401]ITU-T Y.4401/Y.2068建议书（2015），物联网的功能架构和能力。

3 定义

3.1 他处定义的术语

本建议书使用了其他地方定义的以下术语：

3.1.1 应用（application） [b-ITU-T Y.2091]：一个结构化的能力集，这些能力可在一种或多种服务的支撑下提供增值功能，并可通过一个API接口来提供支撑。

3.1.2 设备（device） [ITU-T Y.4000]：在物联网中，这是一个具有强制性通信能力和选择性传感、激励、数据捕获、数据存储和数据处理能力的设备。

3.1.3 数字孪生（digital twin） [b-ITU-T Y.4600]：目标对象的数字表达。

注 – 根据特定的应用领域，数字孪生可能需要不同的能力（例如，同步、实时支持）。

3.1.4 网关（gateway） [b-ITU-T Y.4101]：物联网中的一个单元，它将设备与通信网络互连。网关在通信网络中使用的协议和设备使用的协议之间进行必要的转换。

3.1.5 物联网（IoT） [ITU-T Y.4000]：信息社会全球基础设施（通过物理和虚拟手段）将基于现有和正在出现的、信息互操作和通信技术的物质相互连接，以提供先进的服务。

注1 – 通过使用标识、数据捕获、处理和通信能力，物联网充分利用物体向各项应用提供服务，同时确保满足安全和隐私要求。

注2 – 从广义而言，物联网可被视为技术和社会影响方面的一个愿景。

3.1.6 传感器 (sensor) [b-ITU-T Y.4105]: 传感物理条件或化合物并传递与所观测到的特性相关的电子信号的电子设备。

3.1.7 物 (thing) [ITU-T Y.4000]: 在物联网中，“物”指的是物理世界（物理之物）或信息世界（虚拟之物）中的一个对象，它可被标识并整合进通信网络中。

3.2 本建议书中定义的术语

本建议书定义了如下术语：

3.2.1 智慧消防数字孪生: 支持消防智能服务的数字孪生。

注 – 智慧消防数字孪生提供火灾现场的发生之前、发生过程中和未来状态的数字表达，支持有助于改善决策过程和减少伤亡的智慧服务。

4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用以下缩略语和首字母缩略词：

2D	二维
3D	三维
CCTV	闭路电视
EHS	环境、卫生和安全
IoT	物联网
NFV	网络功能虚拟化
PM	颗粒物
RSSI	接收信号强度指示符
SDN	软件定义网络
SSAS	服务支持和应用支持
TOA	到达时间

5 惯例

在本建议书中：

关键词“须”（is required to）指必须严格遵守的要求，如果宣称符合本文件，就不得违反。

关键词“建议”（is recommended）指建议但并非需要绝对遵守的要求。因此宣称符合本文件不需要说明已满足此要求。

关键词“可选择性地”（can optionally）和可能（may）指允许的选择性的要求、但并非建议遵守。该术语并非意在要求供应商必须实施该选项，网络运营商/业务提供商可选择性提供该功能。供应商选择性提供该项功能，同时仍宣称符合规范。

6 智慧消防数字孪生介绍

根据国际消防和救援服务协会（CTIF）的《世界火灾统计报告》，全球每年火灾会导致4万人死亡和5万人受伤[b-CTIF-Report-25]。为了减少伤亡，各国消防部门都致力于发展消防系统，以提高消防员的安全和消防服务的有效性。然而，消防技术目前的发展水平缺乏全面的动态传感能力和预测能力。

物联网相关消防系统主要提供消防功能（即烟雾探测器、智能灭火器、逃生路径指示信息），以缩短响应时间和疏散时间。一些智慧消防技术提供了火灾现场的建筑图纸或地图，却不更新火灾现场的状态，但由于火灾的影响，火灾现场的状态会不断变化。

数字孪生可用于支持消防智慧服务（智慧消防）。

注1 – 数字孪生是目标对象的数字表达，根据具体的应用领域，可能需要不同的功能，例如物理事物与其数字表达之间的同步以及实时支持[b-ITU-T Y.4600]。

用于智慧消防的数字孪生通过火灾场景数据分析、仿真和建模火灾场景，提供火灾现场的发生之前、发生过程中和未来状态的数字表达。数字孪生将各种独立的技术集成到一个综合系统之中。智慧消防数字孪生的目标是帮助消防员增强态势感知，了解火灾环境，提高消防服务的能力。这种服务的例子包括但不限于人员跟踪、危险追踪、火灾现场分析、救援策略优化、预仿真和历史场景重建。

图1展示了智慧消防数字孪生的整体概念图。

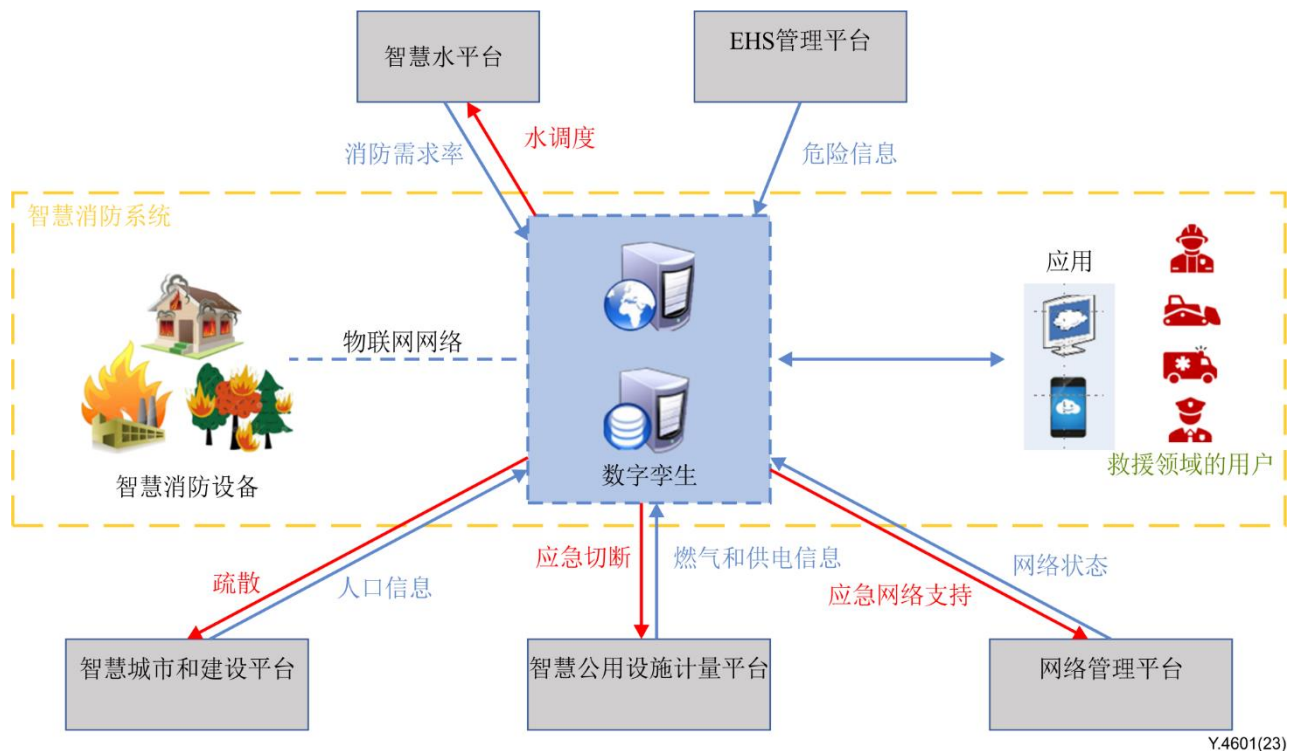


图1 – 智慧消防数字孪生的整体概念图

智慧消防设备由环境传感器、救援人员传感器和连接到数字孪生的网关组成。智慧消防设备可以测量环境状态，如温度、位置、O₂/CO₂浓度和风速以及救援人员的生命体征。

注2 – 救援人员可能包括消防员、工程师、医疗小组和其他相关人员。

该网络支持智慧消防设备和消防数字孪生之间的互动。

智慧消防系统的数字孪生组件负责收集和管理环境数据、救援人员数据和来自其他平台的数据，如图1所示。这些组件还执行建模、可视化、仿真和预测，用于火灾现场监控和制定救援策略，并最终向救援队提供火灾现场监控信息、救援策略和命令。

注3 – 关于其他平台，数字孪生可能从其他平台收集信息，如消防需求率、危险信息、人口信息、可燃气体信息和网络状态，从而帮助制定救援策略。它还可以向其他平台发应紧急服务请求，如水调度、疏散、紧急切断和应网络支持。

7 智慧消防系统的要求

除[ITU-T Y.4000] [ITU-T Y.4100] [ITU-T Y.4113]中规定的一般要求外，智慧消防系统的具体要求见第7.1至7.4段。

7.1 其它设备的要求

智慧消防系统的设备要求如下：

1) 概述

- 要求所有设备向救援队移动设备和数字孪生设备报告其状态和收集的数据。
- 建议所有设备进行自诊断和自校准，以确保正常运行。

2) 传感设备

- 环境传感器需要及时收集火灾状态的信息，包括但不限于地理位置、温度、蔓延方向和火灾强度。

- 环境传感器需要及时收集环境信息，包括但不限于风、环境温度和天气。

注 – 在燃烧的建筑物中，风引起的火焰、烟雾和有毒气体通过走廊和楼梯快速蔓延，可能会在没有先兆的情况下造成人员伤亡。

- 要求环境传感器及时收集火灾后果的信息，包括但不限于有害气体（CO₂/CO）浓度和结构变化（木梁、钢梁、砖、森林等的几何变形、脆化和熔化）。
- 环境传感器需要及时收集火灾现场人员的信息，如受害者和消防员的位置、数量、位移数据。这些技术包括但不限于高数据速率无线多媒体网络技术[b-IEEE 802.15.3]、低速率无线网络技术[b-IEEE 802.15.4]和监控摄像机。
- 为了覆盖整个环境，需要分布部署环境传感器。
- 人员传感器需要及时收集消防员的信息，如生命体征（血氧水平、血液一氧化碳水平、心率、呼吸和体温）、位置以及与消防员健康相关的周围环境参数。
- 要求传感器及时向所有消防队员和调度中心发送传感信息。
- 建议传感器提供错误警报过滤功能。

3) 移动设备

- 要求移动设备支持多种输入接口，例如物理按钮输入和自动语音识别。
- 移动设备需要支持视频/图像显示、数据存储、联网、三维（3D）模型显示、应用程序下载和更新功能。

4) 网关设备

- 网关设备需要支持或连接到隔离网络。网关设备可以选择性地支持网络切片或采用物理分离避免来自公共网络的任何干扰。

7.2 网络要求

以下是智慧消防系统的网络要求：

- 1) 要求此网络与公共网络保持隔离。建议支持物理隔离技术，可选择支持网络切片技术。网络切片技术的示例包括但不限于软件定义网络（SDN）[b-SD-RAN V1.0]和网络功能可视化（NFV）[b-ETSI GS NFV 002]。物理隔离技术的示例包括但不限于空气隙[b-DiFazio]、应用层网关[b-NEXTEP]和电路层网关[b-NEXTEP]。
- 2) 要求此网络提供位置相关信息，例如接收信号强度指示符（RSSI）、到达时间（TOA）、频移和相移，其可用于设备位置计算[b-Telink]。

7.3 数字孪生的要求

智慧消防系统的数字孪生组件要求如下：

- 1) 概述
 - 需要定位每个设备并将其链接到实时状态。
注 – 例如，数字孪生组件监控消防员的位置，并在他们靠近危险区域或潜在风险时通知他们。
 - 要求支持室内和室外导航与定位。
 - 要求监控消防员的卫生状况，并在其生命体征接近危急门限值时通知他们。
 - 要求将所有信息和模型存储在安全的本地数据库中，并将更新的副本发送到远程位置。
 - 要求存储以往火灾现场的信息，以备将来演练使用。
 - 要求共享火灾现场信息并将信息发送给相关人员，以帮助其他支持团队了解情况，如警察、工程小组和医疗救助队。
 - 要求与其他智能平台共享火灾现场信息和调度信息，以便执行紧急切断或调度操作。
 - 要求在建模和仿真之前提供数据预处理，此类预处理包括但不限于数据清洗、数据挖掘和数据分析。
- 2) 多物理建模
 - 要求支持建筑、拓扑和/或环境结构的建模。
 - 要求支持对危险（易燃、可燃、有毒等）化学和物理特性的建模。
 - 要求支持对各种环境特性的建模，如几何形状、重量、结构以及材料的物理和化学特性。
 - 要求支持消防设备及其工作机制的建模。
 - 建议进行场景渲染，为救援和支持团队提供火灾场景可视化。
- 3) 多物理仿真
 - 要求支持基于传感数据的当前火灾场景的分析仿真。
 - 要求根据传感数据预测火灾现场的演变；这种预测包括但不限于结构变化、火灾强度、火灾蔓延方向和蔓延速度。
 - 要求支持救援策略优化的仿真。
 - 要求支持仿真空间，以创建不同的虚拟火灾场景。

4) 可视化

- 要求支持三维和二维（2D）模式下环境建筑、拓扑或结构的可视化。
- 要求通过图形用户界面，支持火灾现场所有人员、装置、设备、危险情况和环境的可视化。
- 要求支持火灾现场人员、设备、装置、危险情况和环境状态的可视化。
- 要求支持对象与（当前和预测的）环境之间物理互动的可视化。
- 要求支持室内外导航和定位的可视化。
- 要求支持策略优化的可视化。
- 需要支持对战略变化影响的可视化。

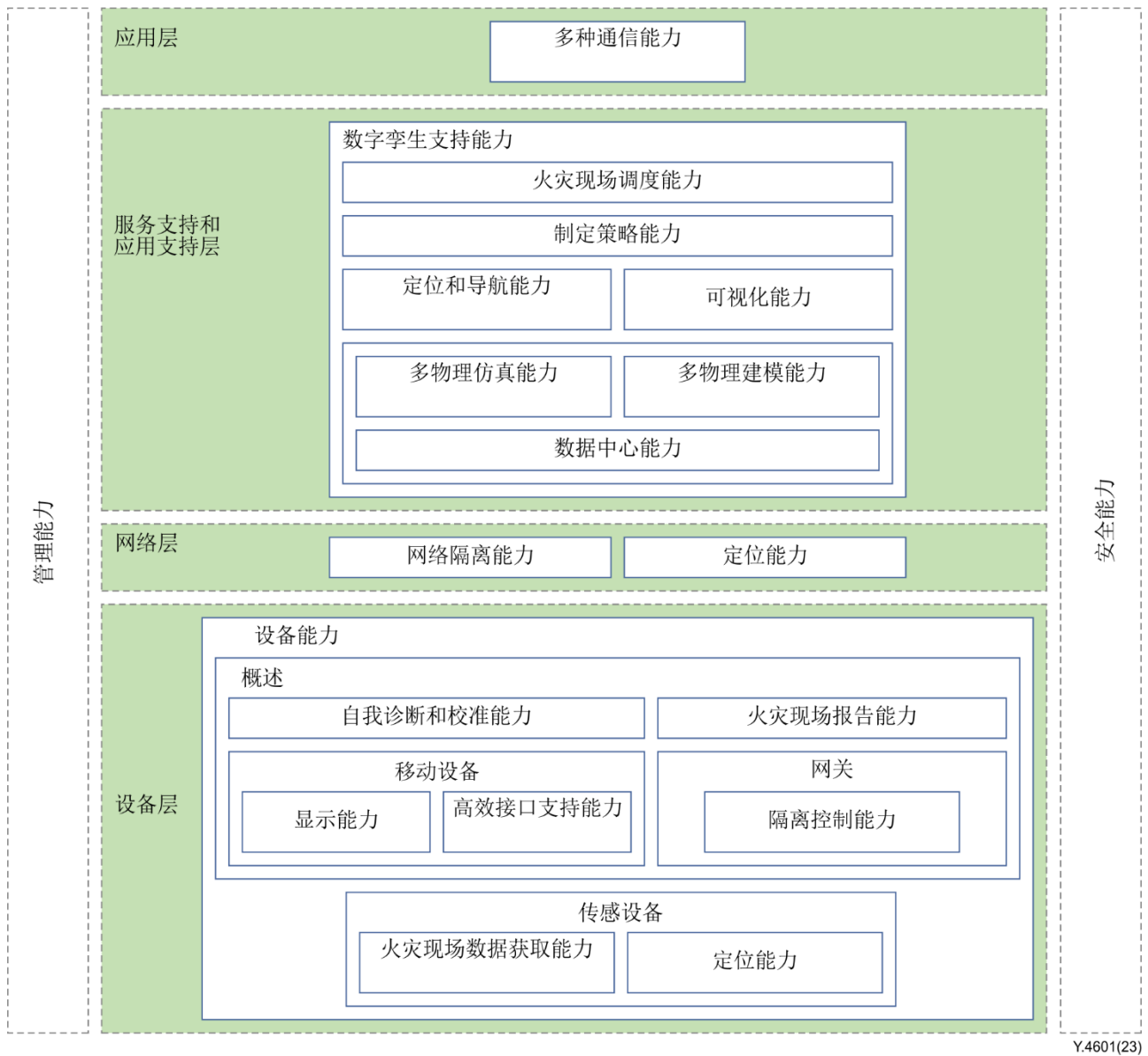
7.4 应用的要求

智慧消防系统的应用要求如下：

- 应用需要支持多种输入/输出模式，这有助于最大限度地减少其操作步骤的数量。
- 应用需要支持多种通信模式，以方便相关救援人员之间的通信。

8 智慧消防系统的能力框架

基于[ITU-T Y.4000]规定的物联网参考模型，图2展示了智慧消防系统的能力框架，该框架由四层和两个跨层能力组构成。除[ITU-T Y.4401]规定的物联网通用功能，智慧消防系统还需要额外或增强的功能，见图2中的实线矩形。



Y.4601(23)

图2 – 智慧消防系统的功能框架

以下各节描述了智慧消防系统的具体能力。

8.1 设备层功能

8.1.1 概述

1) 自我诊断和校准能力

根据第7.1.(1)段的要求，自诊断和校准能力保证了设备的正常运行和功能，其中包括但不限于：

- 基于预存算法执行自我诊断和校准，或调用来自服务支持和应用支持（SSAS）层的支持。
- 当检测到异常数据时，基于预先存储的基准和配置，自动执行周期性自我校准。
- 自动执行自我诊断，并定期分析设备的工作状态，检测异常数据。

2) 火灾现场状态报告能力

根据第7.1.(1)段的要求，火灾现场状态报告功能将基本数据报告给其他功能，帮助用户了解设备的状态，包括但不限于：

- 使设备能够向数字孪生支持能力和救援队移动设备上报火灾现场数据。
- 使设备能够向数据中心报告火灾现场故障信息和校准结果。

8.1.2 传感设备

1) 火灾现场数据采集能力

根据第7.1.(2)段的要求，火灾现场数据采集能力使传感设备能够监测和收集火灾现场信息，包括但不限于：

- 收集与环境有关的火灾现场信息，如风速、风向、环境温度和天气。
- 收集与火灾状态相关的火灾现场信息，如静态和动态温度分布、火焰长度和火灾释放的能量。
- 收集与火灾影响相关的火灾现场信息，例如有害气体（CO₂/CO/氰化氢）的浓度，以及来自倾斜感测、压力感测、应变动态感测、振动感测、温度感测、磁通量感测等的结构变化。
- 收集与救援策略效果相关的火灾现场信息，例如颗粒物（PM）浓度、裂痕和湿度。
- 收集与救援队员生命体征相关的火灾现场信息，如血氧、血内一氧化碳、心率、呼吸和体温。

2) 定位能力

根据第7.1.(2)段的要求，定位能力使得传感设备能够基于物理原理和来自数据中心能力的预存坐标检测位置和运动。这种设备包括但不限于闭路电视（CCTV）、压力传感器、超声波近程传感器和惯性基准。

3) 误报警过滤能力

根据第7.1.(2)段的要求，误报警过滤能力使得传感设备能够在核实火灾状态之前有目的地推迟火灾警报。

注 – 当检测到异常时，传感设备与周围的传感器通信，以确认火警的真实性。如果在设备层确认火灾，将立即触发火灾报警，否则需要传感器将火灾报警日志、自我诊断结果、自我校准结果和周围传感器的数据发送到数字孪生平台进行二次检查。

8.1.3 移动设备

1) 显示能力

根据第7.1.(3)段的要求，显示能力使得消防员的移动设备能够以文本、音频、图像或视频格式显示信息。

2) 高效的接口支持能力

根据第7.1.(3)段的要求，高效的接口支持能力使救援队能够高效互动并与智慧消防系统互动，其内容包括但不限于：

- 语音输入/输出支持。
- 图像和视频输入支持。
- 物理按钮输入支持。

8.1.4 网关

1) 隔离控制能力

根据第7.1.(4)段的要求，隔离控制能力使网关能够支持网络隔离技术。这些技术包括网络切片、包过滤和不同类型的防火墙。

8.2 网络层的能力

1) 网络隔离能力

根据第7.1.(1)段的要求，网络隔离能力使这些网络与公共网络隔离，这种方法的具体内容包括但不限于网络层防火墙、虚拟交换机、VLAN和物理隔离。

2) 定位能力

根据第7.1.(2)段的要求，定位能力使得网络能够使用适当的数据传输格式和信号调节，向数字孪生支持能力报告接入点信息，例如位置、频率、信号到达时间和接收信号强度指示符（RSSI）。

注 – 定位功能通常使用三个或更多已知接入点作为锚节点，然后采用定位方法计算精确位置。

8.3 服务支持和应用支持层的能力

1) 数据中心能力

根据第7.1.(2)段条的要求，数据中心能力负责监控设备、网络和应用的不同能力之间的数据，并在进一步建模或仿真之前提供数据处理。数据中心功能包括但不限于：

- 监控设备和网络的实时工作状态和配置。
- 监测来自传感器的环境数据。
- 从其他连接的平台或服务器收集数据。
- 向其他连接的平台或服务器发送命令以获得应急服务支持。
- 提供原始数据的数据调节并进行数据准确性验证。

2) 多物理仿真能力

根据第7.3.(3)段条的要求，多物理仿真能力基于物理和/或化学相互作用的数学仿真，对火灾现场数据加以分析。这种能力包括但不限于：

- 在统计和概率公式的支持下处理收集的数据。
- 用热力学、空气动力学、力学、毒理学、人体生理学、化学和材料科学等方面的物理和/或化学模型和理论，处理收集的数据。
- 用数学方法处理收集的数据，仿真真实力影响之间的相互作用。这种能力包括但不限于有限元分析和密度泛函理论。

3) 多物理建模能力

根据第7.3.(2)段条的要求，多物理建模能力使智慧消防数字孪生支持能力能够建立当前火灾场景、历史火灾场景和预测火灾场景的模型，其中包括但不限于：

- 构建火灾场景中人员、设备、装置和环境结构的描述性2D/3D模型，例如物体的几何形状、位置和形状。
- 构建人员、设备、装置和环境与原理和机制相关联的物理和/或化学3D模型，例如材料的物理和化学特性。

4) 可视化能力

根据第7.3.(4)段条的要求，可视化能力使得数字孪生支持能力能够实现模型、数据和仿真结果的可视化，包括但不限于：

- 火灾现场特性的可视化。
- 火灾现场物体和人员属性的可视化。
- 在基本演示中可视化仿真结果，以强化对复杂系统和数据集的解释。
- 救援策略结果的可视化。
- 火灾现场救援队和受害者移动的可视化。

5) 定位和导航能力

根据第7.3.(1)段条的要求，定位和导航能力使数字孪生支持能力能够监视物体的位置和运动，并支持导航引导，其中包括但不限于：

- 请求人员、装置、火灾、险情和设备的位置信息，并对实时位置进行跟踪。
- 基于火灾现场结果的预测，向救援队提供导航指引。
- 根据实时火灾现场状态规划和搜索最佳路线（考虑时间和安全因素）。

6) 制定策略的能力

根据第7.3.(1)段条的要求，制定策略的能力旨在开发和优化救援策略，其中包括但不限于：

- 制定救援策略，如救援入口、救援出口、救援顺序、携带的设备，以便最大限度地减少伤亡。
- 分析已制定救援策略可能造成的后果。
- 根据预测的后果，如时间消耗、可能的伤亡、资产损失和成功率，对制定的救援策略进行排序并按要求选择最佳策略。
- 结合预测结果的最佳参数和历史救援策略对救援策略加以优化。

7) 火灾现场的调度能力

根据第7.3.(2)段条的要求，火灾现场调度能力向设备和相关人员发送数据、指令和命令，包括但不限于：

- 向救援队发送位置信息、环境数据和消防员的生命体征。
- 当救援队接近危险环境或潜在危险环境时发出警报。
- 当救援队的生命体征接近临界阈值时发出警报。
- 向救援队发送命令和策略，以及多物理仿真预测的最可能的结果。
- 适时向其他连接平台发送请求，以便根据火灾状态发布指令。

8.4 应用的能力

1) 多种通信能力

根据第7.4段的要求，多种通信能力使救援队成员能够以多种方式相互通信并与数字孪生支持平台通信，其中包括但不限于：

- 支持自动语音识别。
- 支持救援队成员之间和数字孪生支持平台间的选择性呼叫、群组呼叫和广播。

附录一

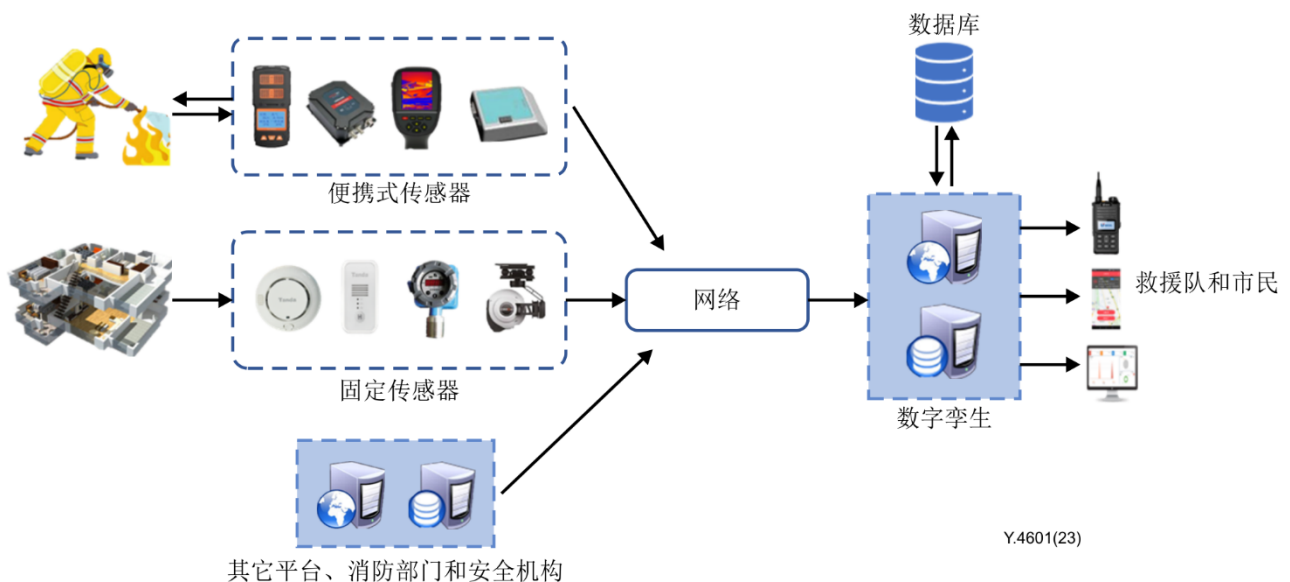
智慧消防的数字孪生使用案例

(本附录非本建议书不可分割的组成部分。)

I.1 火灾现场监控

当火灾发生时，智慧消防数字孪生使用传感器和网络收集环境和位置信息。然后，该平台调用预先存储的架构或拓扑模型实现模型环境和位置信息的可视化。因此，该模型直观地反映了火灾现场的实时状态。

如图I.1所示，便携式传感器负责采集救援队的位置、生命体征和周围环境信息；固定传感器负责收集有害气体、温度、烟雾、环境中的结构以及周围人员的位置等信息。这些信息之后通过网络传输到智慧消防数字孪生。然后，数字孪生将环境和人员信息映射到预先存储的建筑或拓扑模型，实现火灾场景的可视化。消防部门和救援队通过这种方式了解火灾现场的情况。



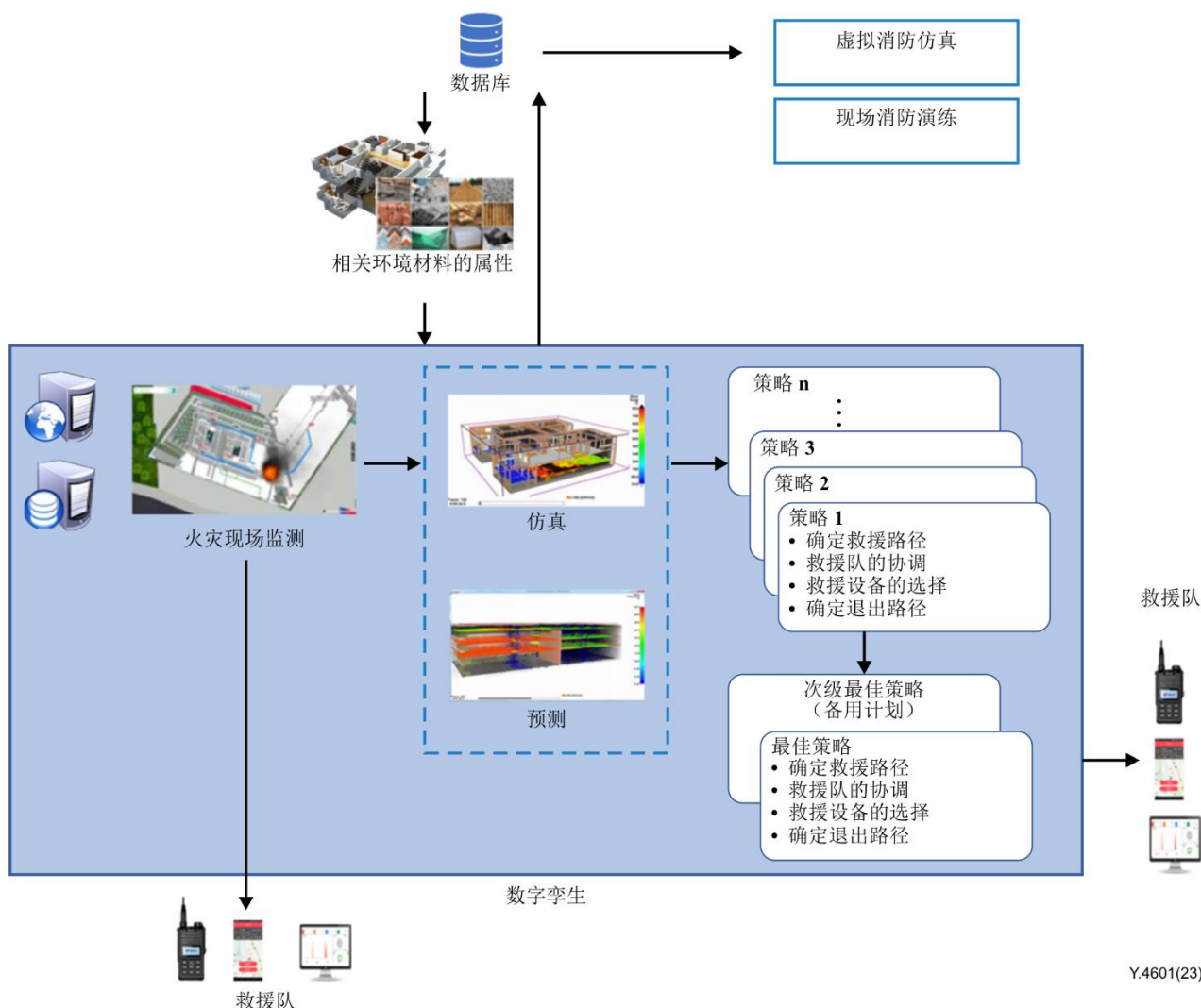
图I.1 – 火灾现场监控

I.2 救援策略的制定和培训

如图I.2所示，在数字孪生获得火灾现场信息后，将所有信息映射到预先存储的环境模型，用于火灾现场监控。数字孪生使用具有预存环境材料属性的多物理建模和仿真构建火灾事件发生的虚拟场景，其中仿真提供了关于火灾事件或其他危险对火灾场景下救援人员影响的报告。

数字孪生还为救援人员提供了火灾场景演变的预测，以帮助他们规避因火灾中地形或结构变化导致的潜在风险。如图I.2的虚线框所示，作为示例，仿真可以预测火灾将在一个小时内蔓延到其他三个楼层，左边建筑物将火灾强度更高：进行该预测后可以通报潜在的风险和救援队的救援时限。然后，数字孪生可以根据实时仿真和未来预测制定救援策略：数字孪生可以制定多种策略，但只会根据对时间消耗、可能的伤亡、资产损失和成功率的综合评估，将最佳和次佳策略发送给救援队。

该仿真还可用于培训，为受训者提供在安全、封闭、可重复、可控制和可测量的环境中感受突发事件的体验，具有重要的现实意义。仿真基于历史火灾场景和现实潜在场景的数据。



Y.4601(23)

图I.2 – 救援策略的制定和培训

参考资料

- [b-ITU-T Y.2091] Recommendation ITU-T Y.2091 (2011), *Terms and definitions for next generation networks*.
- [b-ITU-T Y.4101] Recommendation ITU-T Y.4101/Y.2067 (2017), *Common requirements and capabilities of a gateway for Internet of things applications*.
- [b-ITU-T Y.4105] Recommendation ITU-T Y.4105/Y.2221 (2010), *Requirements for support of ubiquitous sensor network (USN) applications and services in the NGN environment*.
- [b-ITU-T Y.4600] Recommendation ITU-T Y.4600 (2022), *Requirements and capabilities of a digital twin system for smart cities*.
- [b-IEEE 802.15.3] IEEE 802.15.3-2016, *IEEE Standard for High Data Rate Wireless Multi-Media Networks*. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7524656>>
- [b-IEEE 802.15.4] IEEE 802.15.4-2015, *IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks*. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7460875/definitions#definitions>>
- [b-ETSI GS NFV 002] ETSI GS NFV 002 V1.2.1 (2014), *Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework*. <https://docbox.etsi.org/isg/nfv/open/Publications_pdf/Specs-Reports/NFV%20002v1.2.1%20-%20GS%20-%20NFV%20Architectural%20Framework.pdf>
- [b-CTIF-Report-25] International Association of Fire and Rescue Services (2020), *World Fire Statistics No.25*. <https://www.ctif.org/sites/default/files/2020-06/CTIF_Report25.pdf>
- [b-DiFazio] Gary DiFazio (2019), *Belden Industrial Cybersecurity - What is Network Air-gapping?* <<https://www.belden.com/blogs/industrial-security/network-air-gapping>>
- [b-NEXTEP] NEXTEP Broadband (2001), *Firewall Architecture*. <http://www.tech2u.com.au/products/dsl/pdf/Firewall_Architecture.pdf>
- [b-SD-RAN V1.0] ONF SD-RAN 1.0, (2021), *A cloud-native platform for software-defined RAN consistent with O-RAN*. <<https://www.helpnetsecurity.com/2021/01/27/onf-sd-ran/>>
- [b-Telink] Telink (2019), *Indoor Positioning 101*. <<https://www.telink-semi.com/indoor-positioning-101/>>

ITU-T 建议书系列

- 系列 A ITU-T 工作的组织
- 系列 D 资费及结算原则和国际电信/ICT 的经济和政策问题
- 系列 E 综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
- 系列 F 非话电信业务
- 系列 G 传输系统和媒介、数字系统和网络
- 系列 H 视听及多媒体系统
- 系列 I 综合业务数字网
- 系列 J 有线网络和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
- 系列 K 干扰的防护
- 系列 L 环境与 ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
- 系列 M 电信管理，包括 TMN 和网络维护
- 系列 N 维护：国际声音节目和电视传输电路
- 系列 O 测量设备的技术规范
- 系列 P 电话传输质量、电话设施及本地线路网络
- 系列 Q 交换和信令，以及相关联的测量和测试
- 系列 R 电报传输
- 系列 S 电报业务终端设备
- 系列 T 远程信息处理业务的终端设备
- 系列 U 电报交换
- 系列 V 电话网上的数据通信
- 系列 X 数据网、开放系统通信和安全性
- 系列 Y 全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市**
- 系列 Z 用于电信系统的语言和一般软件问题