



物联网工程专业规划教材

黄传河 涂航 伍春香 艾浩军 编著

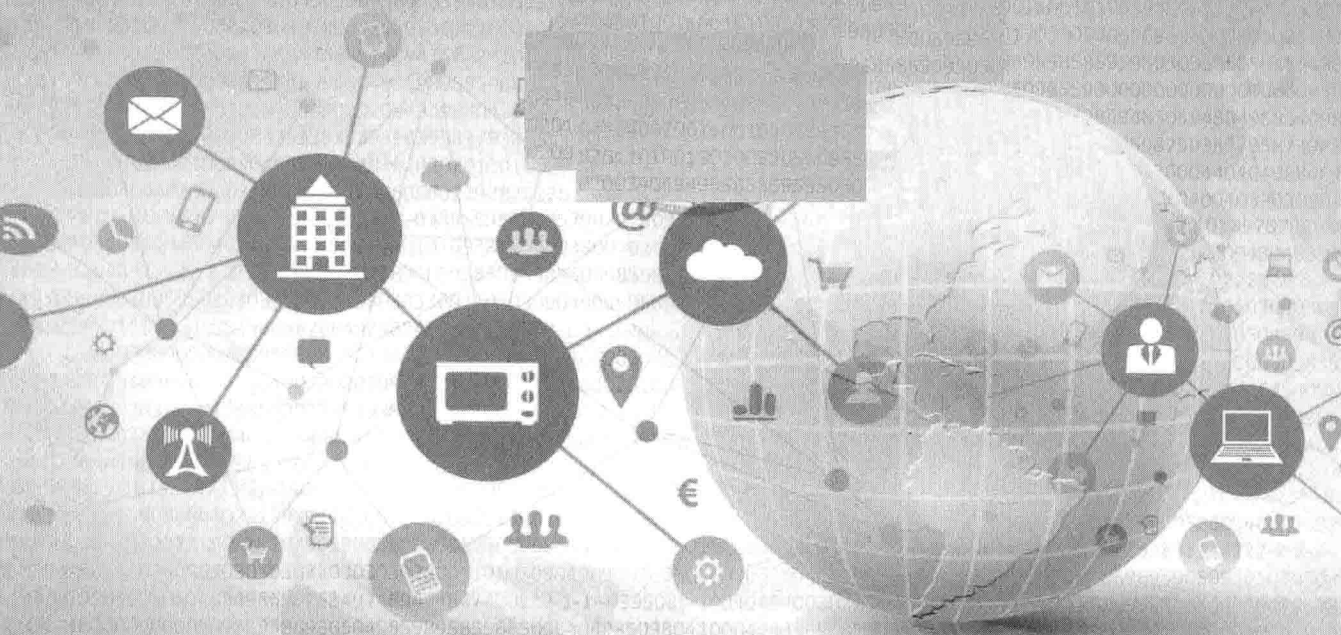


机械工业出版社
China Machine Press

“十二五”国家重
物联网

物联网 工程设计与实施

黄传河 涂航 伍春香 艾浩军 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网工程设计与实施 / 黄传河等编著. —北京: 机械工业出版社, 2015.3
(物联网工程专业规划教材)

ISBN 978-7-111-49635-9

I. 物… II. 黄… III. ①互联网络 - 应用 - 高等学校 - 教材 ②智能技术 - 应用 - 高等学校 - 教材 IV. ① TP393.4 ② TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 050526 号

本书从工程实施方法论的视角审视物联网工程设计与实施中的主要问题, 从需求出发, 按照物联网工程主要步骤, 介绍物联网工程的设计方法、设计条件、设计结果及工程实施方法。全书共分 10 章, 内容涵盖物联网工程设计与实施概述、需求分析与可行性研究、网络设计、数据中心设计、物联网安全设计、软件工程基础、物联网应用软件设计、物联网工程实施、物联网运行维护与管理并给出相关的物联网工程案例。

本书适合作为高等学校物联网工程专业及相关专业的本科教材。



出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余洁 朱劼

责任校对: 殷虹

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm×260mm 1/16

印张: 18.5

书号: ISBN 978-7-111-49635-9

定价: 45.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

前言



物联网工程是为实现预定的应用目标而将物联网的各要素有机地组织在一起的工程,涉及计算机信息工程、通信工程、控制工程等多个领域,是实现物联网应用的最终途径。

物联网工程设计与实施包括的内容很多。对照网络工程、通信工程等领域的特殊要求,本书可以从不同的角度和侧重点组织相关内容。例如,可以物联网应用系统设计为主线,以物联网设计为主线,或以物联网工程实施为主线;而在具体内容上,可以基本原理为主,或以案例为主。本书遵循《高等学校物联网工程专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》所界定的范围,从工程实施方法论的角度,按照工程逻辑挑选、组织相关内容,让读者能以工程思维、系统思维了解物联网工程设计与实施的任务和方法,并能将其用于建设具体工程项目。

物联网工程涉及范围广泛,实施阶段的设计细节很多,与其他工程类似,并不存在一种绝对最优的方法或方案,而是追求相对较优、性价比高的设计方法和工程方案。本书所介绍的方法遵循了这一思路。

本书由黄传河规划和统筹,并撰写第1~4章和第7~9章,涂航撰写第5章,伍春香撰写第6章,艾浩军撰写第10章。

由于学时的限制,具体使用本书时可对内容进行必要的取舍。例如,已经开设了软件工程的学校可略去第6章,单独开设了应用系统设计课程的学校可略去第10章。

由于资料来源广泛,书中引用的很多资料未能一一注明出处,在此我们对所有原作者表示感谢。

物联网工程是一门内容广泛、工程性强并处于快速发展和变化中的技术,加之作者水平和时间所限,书中难免存在不足和疏漏之处,诚望读者不吝赐教。若有任何意见或建议,敬请发送邮件至 huangch@whu.edu.cn。

黄传河于珞珈山

2015年1月



● 教学建议 ●

第 1 章 物联网工程设计与实施概述 (2 学时)

物联网工程规划、设计、实施是一个复杂的系统工程,了解其主要过程、方法与要素是完成物联网工程的前提和基础。本章介绍物联网工程的主要内容、物联网工程设计的目标、物联网工程的设计过程及主要设计文档,帮助学生熟悉物联网工程规划、设计、实施的过程及其目标。

第 2 章 需求分析与可行性研究 (3 ~ 4 学时)

需求分析是获取和确定支持物品联网和用户有效工作的系统需求的过程。物联网需求描述了物联网系统的行为、特性或属性,这是设计、实现的约束条件。可行性研究在需求分析基础上,对工程的意义、目标、功能、范围、需求及实施方案要点等内容进行研究与论证,确定工程是否可行。本章介绍物联网工程需求分析、物联网工程可行性研究的主要内容及其报告撰写规范。

第 3 章 网络设计 (9 ~ 11 学时)

网络设计是物联网工程的最重要内容之一,包括逻辑网络设计、物理网络设计。逻辑网络是指实际网络的功能性、结构性抽象,用于描述用户的网络行为、性能等要求。逻辑网络设计是根据用户的分类、分布,选择特定的技术,形成特定的逻辑网络结构。物理网络设计即为逻辑网络设计特定的物理环境平台,主要包括布线系统设计、设备选型等。本章介绍逻辑网络设计与物理网络设计的主要内容。

第 4 章 数据中心设计 (5 ~ 6 学时)

数据中心是物联网系统完成数据收集、处理、存储、分发与利用的中枢,主要包括高性能计算机系统、海量存储系统、应用系统、云服务系统、信息安全系统,以及容纳这些信息系统的机房。机房主要包括电源系统、制冷系统、消防系统、监控与报警系统。本章介绍数据中心各系统的设计要点。

第 5 章 物联网安全设计 (2 ~ 3 学时)

物联网安全设计是物联网工程的基础性任务,是物联网具有可用性的保证。本章从不同层面介绍感知与标识系统的安全技术、网络系统的安全技术、数据中心的安全

技术、物联网的安全管理，以及相应的设计要求。如果学校已开设物理网信息安全课程且涵盖了相关内容，则本章可只介绍文档撰写规范。

第6章 软件工程基础（0～6学时）

软件工程是开发与维护大型软件的工程方法。本章按照软件生命周期定义各个阶段介绍大型软件开发、维护过程中涉及的基本概念、原理和技术，包括软件生产所需的需求分析建模、软件系统的设计、软件的编码实现、软件测试方法以及软件维护的相关知识等；同时从软件开发过程管理的角度，介绍制订软件计划必需的软件成本、规模估算与进度安排方法，软件开发过程的人员组织管理，软件质量保证措施，以及软件配置管理的相关知识。如果学校已经开设了软件工程课程，则本章可不讲。

第7章 物联网应用软件设计（3学时）

本章介绍物联网应用软件的设计方法论，主要针对物联网中普遍的嵌入式软件、分布式软件的一般设计方法，以及应用软件的部署方案。

第8章 物联网工程实施（3学时）

工程实施是物联网工程的重要一环，通过工程实施，才能把设计方案变成可用的系统。本章介绍物联网工程实施的流程、招投标过程、施工过程管理、质量监控，以及工程验收的主要内容。

第9章 物联网运行维护与管理（2～3学时）

在物联网工程实施过程中及实施完毕时，需要对其进行测试，以检验物联网系统是否正常运行，是否实现了预期功能和达到预期目标。本章介绍物联网测试、物联网故障的分析与处理、物联网运行与管理的相关内容。

第10章 物联网工程案例——智能建筑（2学时）

本章通过一个案例说明物联网工程实施的过程、结果及效果。

习题和习题课

要求学生分成项目小组，分别对应需求、设计、施工、监理等，按角色完成一个物联网工程项目的规划、设计与实施全过程（其中实施过程为虚拟实施），编制全过程的所有文档。

其内容分别为：

- 习题1——需求分析与可行性研究报告。
- 习题2——网络设计及网络设计文档。
- 习题3——数据中心设计及设计文档。
- 习题4——应用软件设计及设计文档。
- 习题5——招标文件与合同编制。
- 习题6——施工进度与质量管理及文档编制。
- 习题7——项目测试、验收及文档编制。



目 录

前言

教学建议

第1章 物联网工程设计与实施概述 /1

1.1 物联网工程的主要内容 /1

1.1.1 物联网工程的概念 /1

1.1.2 物联网工程的内容 /1

1.1.3 物联网工程的组织 /3

1.2 物联网工程设计的目标与 约束条件 /3

1.2.1 物联网工程设计的目标 /3

1.2.2 物联网工程设计的约束条件 /4

1.3 物联网工程设计应遵循的原则 /5

1.4 物联网工程的设计方法 /6

1.4.1 网络系统生命周期 /6

1.4.2 设计过程 /8

1.5 物联网工程设计的主要步骤与 文档 /12

1.5.1 物联网工程设计的主要步骤 /12

1.5.2 物联网工程设计与实施的主要 文档 /13

第2章 需求分析与可行性研究 /14

2.1 需求分析的目标、内容与步骤 /14

2.1.1 需求分析的目标 /14

2.1.2 需求分析的内容 /15

2.1.3 需求分析的步骤 /15

2.2 需求分析的收集 /15

2.2.1 需求信息的收集方法 /15

2.2.2 需求分析的实施 /16

2.2.3 需求信息的归纳整理 /24

2.3 需求说明书的编制 /25

2.4 可行性研究 /26

2.4.1 可行性研究与可行性研究报告 /26

2.4.2 可行性研究报告的用途 /27

2.4.3 可行性研究报告的编制要求 /27

2.4.4 可行性研究报告的编制 /28

第3章 网络设计 /33

3.1 逻辑网络设计 /33

3.1.1 逻辑网络设计概述 /33

3.1.2 逻辑网络的结构及其设计 /37

3.1.3 地址与命名规则设计 /49

3.1.4 路由协议的选择 /54

3.1.5 带宽与流量分析及性能设计 /57

3.1.6 逻辑网络设计文档的编制 /59

3.2 物理网络设计 /60

3.2.1 物理网络设计概述 /60

- 3.2.2 物理网络的结构与网络选型 /60
- 3.2.3 结构化布线设计 /61
- 3.2.4 物联网设备的选型 /67
- 3.2.5 物理网络设计文档的编制 /71

第4章 数据中心设计 /72

- 4.1 数据中心设计要点 /72
- 4.2 高性能计算机及选型 /73
 - 4.2.1 高性能计算机的结构与类别 /73
 - 4.2.2 高性能计算机的 CPU 类型 /76
 - 4.2.3 高性能计算机的其他相关技术 /78
 - 4.2.4 高性能计算机的作业调度与
管理系统 /80
- 4.3 服务器及选型 /85
 - 4.3.1 服务器基本要求 /85
 - 4.3.2 服务器配置与选择要点 /86
- 4.4 存储设备及选型 /88
 - 4.4.1 硬盘接口 /88
 - 4.4.2 独立磁盘冗余阵列 /91
 - 4.4.3 磁带库 /95
 - 4.4.4 存储体系结构 /98
 - 4.4.5 备份系统及备份软件 /103
- 4.5 云计算服务设计 /107
 - 4.5.1 云计算的类型 /107
 - 4.5.2 云存储系统 /108
 - 4.5.3 云计算服务系统的设计 /108
- 4.6 机房工程设计 /108
 - 4.6.1 电源系统设计 /108
 - 4.6.2 制冷系统设计 /109
 - 4.6.3 消防系统设计 /110
 - 4.6.4 监控与报警系统设计 /112
 - 4.6.5 机房装修设计 /113

第5章 物联网安全设计 /114

- 5.1 感知与标识系统安全设计 /114

- 5.1.1 RFID 系统安全设计 /114
- 5.1.2 传感器网络安全设计 /119
- 5.1.3 感知层隐私保护 /124
- 5.2 网络系统安全设计 /126
 - 5.2.1 接入认证设计 /126
 - 5.2.2 6LoWPAN 安全 /132
 - 5.2.3 RPL 协议安全 /135
 - 5.2.4 EPCglobal 网络安全 /136
- 5.3 物联网数据中心安全设计 /138
 - 5.3.1 物联网数据中心安全基础 /138
 - 5.3.2 物联网数据中心运行安全 /143
 - 5.3.3 数据备份与容灾 /145
 - 5.3.4 数据管理 /149
 - 5.3.5 VMware 安全 /152
 - 5.3.6 IBM 物联网解决方案 RFIDC
安全 /156
- 5.4 物联网安全管理 /158
 - 5.4.1 物联网信息安全管理内容 /158
 - 5.4.2 物联网信息安全管理标准 /159
 - 5.4.3 物联网工程安全实施方法 /159
 - 5.4.4 安全评估 /159
 - 5.4.5 安全文档管理 /160
- 5.5 物联网安全设计文档的编制 /161

第6章 软件工程基础 /162

- 6.1 软件工程概述 /162
- 6.2 软件开发过程 /163
 - 6.2.1 软件生命周期 /163
 - 6.2.2 软件开发过程模型 /164
 - 6.2.3 敏捷软件开发与 XP /167
- 6.3 软件计划 /169
 - 6.3.1 问题定义 /169
 - 6.3.2 可行性研究 /169
 - 6.3.3 软件规模估算 /170

- 6.3.4 软件成本和工作量估算 /172
- 6.3.5 软件开发进度安排 /174
- 6.3.6 软件计划文档 /178
- 6.4 需求分析 /178
 - 6.4.1 需求分析概述 /178
 - 6.4.2 需求分析工具 /179
 - 6.4.3 需求分析过程 /182
 - 6.4.4 需求分析文档 /183
 - 6.4.5 需求阶段的质量保证工作 /183
- 6.5 软件设计 /184
 - 6.5.1 软件设计概述 /184
 - 6.5.2 总体设计 /185
 - 6.5.3 详细设计 /188
- 6.6 软件编码 /190
- 6.7 软件测试 /192
 - 6.7.1 软件测试概述 /192
 - 6.7.2 黑盒测试 /195
 - 6.7.3 白盒测试 /198
 - 6.7.4 测试文档 /203
- 6.8 软件维护 /204
 - 6.8.1 软件维护概述 /204
 - 6.8.2 软件维护过程 /206
 - 6.8.3 软件再工程 /206
- 6.9 面向对象的软件开发方法 /207
 - 6.9.1 面向对象的软件开发模型 /207
 - 6.9.2 面向对象的软件开发过程 /210
- 6.10 软件项目管理 /212
 - 6.10.1 软件项目管理概述 /212
 - 6.10.2 软件质量管理 /212
 - 6.10.3 软件人员管理 /213
 - 6.10.4 软件配置管理 /215
 - 6.10.5 软件能力成熟度 /217

第7章 物联网应用软件设计 /219

- 7.1 物联网应用软件的特点 /219

- 7.2 应用软件设计模式 /220
 - 7.2.1 软件架构设计 /220
 - 7.2.2 模块划分 /224
- 7.3 嵌入式软件设计方法 /225
 - 7.3.1 开发工具与平台 /226
 - 7.3.2 基于虚拟机的调试与测试 /227
- 7.4 分布式程序设计 /227
 - 7.4.1 分布式计算模型 /227
 - 7.4.2 分布式程序架构 /227
 - 7.4.3 分布式程序设计方法 /228
- 7.5 物联网应用部署 /228
 - 7.5.1 应用在末梢终端上的部署 /228
 - 7.5.2 应用在服务器上的部署 /229
 - 7.5.3 基于云计算的应用部署 /229

第8章 物联网工程实施 /230

- 8.1 物联网工程实施过程 /230
- 8.2 招投标与设备采购 /231
 - 8.2.1 招投标过程 /231
 - 8.2.2 招投标文件 /234
 - 8.2.3 合同 /236
 - 8.2.4 设备采购与验收 /238
- 8.3 施工过程管理与质量监控 /238
 - 8.3.1 施工进度计划 /238
 - 8.3.2 施工过程管理 /240
 - 8.3.3 工程监理 /240
 - 8.3.4 施工质量控制 /243
- 8.4 工程验收 /246
 - 8.4.1 物联网工程验收过程 /246
 - 8.4.2 验收文档 /248

第9章 物联网运行维护与管理 /249

- 9.1 物联网测试与维护 /249
 - 9.1.1 物联网测试 /249

- 9.1.2 物联网维护 /258
- 9.2 物联网故障分析与处理 /258
 - 9.2.1 物联网故障分类 /259
 - 9.2.2 物联网故障排除过程 /259
 - 9.2.3 物联网故障诊断工具 /261
- 9.3 物联网运行监测与管理 /265
 - 9.3.1 物联网运行监测 /265
 - 9.3.2 物联网管理 /265

第10章 物联网工程案例—— 智能建筑 /266

- 10.1 需求分析 /266
 - 10.1.1 智能建筑及其发展背景 /266
 - 10.1.2 建设智能建筑的意义 /266

- 10.1.3 智能建筑的发展趋势 /268
- 10.2 方案设计 /270
 - 10.2.1 办公楼生态环境感知系统 /270
 - 10.2.2 办公楼基础设施智能
监管系统 /272
 - 10.2.3 办公楼管理与服务系统 /274
 - 10.2.4 电子服务平台 /278
 - 10.2.5 智慧办公楼运行服务平台 /281
- 10.3 工程实施 /282
 - 10.3.1 项目启动阶段 /282
 - 10.3.2 项目开发阶段 /282
 - 10.3.3 项目实施阶段 /283
 - 10.3.4 项目验收 /283

参考及进一步阅读文献 /284

条码识读系统、RFID 系统、无线传感网、光纤传感网、视频传感网、卫星网等特定系统中的一个或多个组合。

2. 数据接入与传输系统

为将感知的数据接入 Internet 或数据中心, 需要建设接入与传输系统。接入系统可能包括无线接入 (Wi-Fi、GPRS/3G/4G、ZigBee、WAVE、卫星信道等方式)、有线接入 (LAN、光纤直连等方式)。骨干传输系统一般可以租用已有的骨干网络, 在没有可供租用网络时, 需要自己建设远距离骨干传输网络, 一般使用光纤组建远距离骨干传输系统, 在不能或不方便敷设光纤的地方, 可使用专用无线 (如微波) 传输。

3. 数据存储系统

数据存储系统包括两个方面的含义: 一是用于存储数据的基础硬件, 通常用硬盘组成磁盘阵列, 形成大容量存储装置; 二是保存、管理数据的软件系统, 通常使用数据库管理系统和高性能并行文件系统。典型的数据库管理系统包括 Oracle、SQL Server、DB2 等, 用于保存结构化的数据。典型的高性能并行文件系统包括 Lustre、GPFS(IBM)、GFS(Google) 等, 用于管理并发用户的并行文件。

4. 数据处理系统

物联网系统会收集大量的原始数据, 各类数据的格式、含义、用途各不相同。为了有效处理、管理和利用这些数据, 通常需要有通用的数据处理系统。数据处理系统可能有多种形式, 分别完成不同的功能。比如, 数据接入和聚合系统用于完成将不同类型、格式的数据进行收集、整理、聚合的功能; 搜索引擎用于完成信息检索与呈现功能; 数据挖掘系统用于完成隐藏在海量数据中的信息发现功能。

5. 应用系统

应用系统是最顶层的内容, 是用户看到的物联网功能的集中体现。应用系统因建设目的的不同, 而具有各不相同的功能和使用模式。比如, 智能交通系统与山体滑坡监测系统的差异就很大。

6. 控制系统

物联网的特点之一是, 依据感知的信息, 根据一定的规则, 对客观世界进行某种控制。例如, 智能交通系统可能会对交通信号灯进行控制, 农业物联网系统可能会对水阀、光照系统、温控系统、施肥系统进行控制。但不是所有的物联网系统都一定要具有控制系统, 是否需要控制系统要根据具体的应用目的来确定。比如, 水质监测系统、滑坡监测系统可能就没有控制系统。

7. 安全系统

安全系统是保证信息系统安全、贯穿物联网各环节的特定功能系统。因物联网的暴露性、泛在性, 安全问题十分突出, 这也是关系物联网系统能否发挥正常作用的关键, 因此任一物联网工程都需要设计有效的安全措施。

8. 机房

机房是信息汇聚、存储、处理、分发的核心, 任一物联网系统都需要一个或大或小的机房 (或网络中心或数据中心)。机房中除了计算机系统、存储系统、网络通信系统之外, 还有为保证这些系统工作的其他系统, 包括空调系统、不间断电源系统 (UPS)、消防系统、

安防与监控系统(含报警设备)等。

9. 网络管理系统

网络管理系统也是物联网工程中必不可少的一个部分,其功能是对物联网系统进行故障管理(故障发现、定位、排除)、性能管理(性能监测与优化)、配置管理、安全管理,在某些系统中可能还有计费管理。

1.1.3 物联网工程的组织

1. 组织方式

物联网工程通常有两种组织方式:

1) 政府工程:由政府拨款,这类工程一般具有示范性质。该类工程一般通过招标或指定或审批承担单位和负责人,并组织工程管理机构,自上而下组织实施。

2) 普通商业工程:一般采用项目经理制,通过投标等方式获取工程承建权,组织施工队伍,按照商业合同组织项目实施。

2. 组织机构

除非很小的工程,针对一般的物联网工程特别是政府工程,通常成立下述三层机构:

1) 领导小组:负责协调各部门的工作,解决重大问题,进行重大决策,指导总体组的工作,审批各类方案,组织项目验收。

2) 总体组:制定系统需求分析、项目总体方案、工程实施方案,确定所使用的标准、规范,设计全局性的技术方案,对项目的实施进行宏观管理和控制,进行质量管理。

3) 技术开发组:根据总体组制定的建设任务,完成具体的设计、开发、安装与测试工作,制作各种技术文档,进行技术培训。

3. 工程监理

物联网工程监理是指在物联网建设过程中,为用户提供建设方案论证、系统集成商确定、物联网工程质量控制等服务,其核心职责是工程质量控制,包括工程材料的质量、设备的质量、施工的质量等。

监理单位为具有资质的第三方,通常通过招标确定。

监理人员进行质量监控的主要工作包括:

- 1) 审查建设方案是否合理,所选设备质量是否合格。
- 2) 审查基础建设是否完成,通信线路敷设是否合理。
- 3) 审查信息系统硬件平台是否合理,是否具有可扩展性,软件平台是否统一、合理。
- 4) 审查应用软件的功能、使用方式是否满足需求。
- 5) 审查培训计划是否完整,培训效果是否达到预期目标。
- 6) 协助用户进行测试和验收。

1.2 物联网工程设计的目标与约束条件

1.2.1 物联网工程设计的目标

物联网工程设计的总体目标是在系统工程科学方法指导下,根据用户需求,设计完善的方案,优选各种技术和产品,科学组织工程实施,保证建设成一个可靠性高、性价比高、

易于使用、满足用户需求的系统。

但是不同的物联网工程，其具体的目标各不相同，因此，在设计之初，就应该制定明确、具体的设计目标，用以指导、约束和评估设计的全过程及最终结果。目标应具体，尽可能量化，用具体的参数表示出来，如带宽、数据丢失率、差错率、数据传输延迟、感知数据量及响应时间、存储空间大小、可扩展的范围（节点数、距离、数据量）等。

在总体目标之下，每个阶段有其具体的目标。比如，需求分析阶段的目标是了解用户的需求，完成需求分析报告，进行可行性论证。设计阶段的目标是根据需求、技术等条件，完成逻辑网络设计、物理网络设计、施工方案设计等，撰写详尽的设计报告，供下一阶段使用。

1.2.2 物联网工程设计的约束条件

用户的需求应尽可能得到重视和满足，但因多种因素未必都能得到满足。物联网工程的约束条件是设计工作必须遵循的一些附加条件，一个物联网设计，即使达到了设计的目标，但是由于不满足约束条件，该网络设计亦无法实施。所以，在需求分析阶段确定用户需求的同时，就应对这些附加条件进行明确。

在一个物联网工程中，满足用户需求的网络设计是一个集合，设计约束就是过滤条件，而过滤后的设计集合就是可以实施的设计集合。

一般来说，物联网设计的约束因素主要来自于政策、预算、时间和技术等方面。

1. 政策约束

了解政策约束的目标是发现隐藏在项目背后的可能导致项目失败的事务安排、持续的争论、偏见、利益关系或历史等因素。政策约束的来源包括法律、法规、行业规定、业务规范、技术规范等，政策约束的直接体现是法律法规条文、发表的暂行规定、国际/国家/行业标准、行政通知与发文等。

在网络设计中，设计人员需要与客户就协议、标准、供应商等方面的政策进行讨论，弄清楚客户在设备、传输或其他协议方面是否已经制定了标准，是否有关于开发和专有解决方案的规定，是否有认可供应商或平台方面的相关规定，是否允许不同厂商之间的竞争。在明确了这些政策约束后，才能开展后期的设计工作，以免出现设计失败或重复设计的现象。

需要特别注意的是，对于一个已经进行过但没有成功的类似项目，应当判断类似的情况是否有可能再次发生，采取什么方案才能避免。

2. 预算约束

预算决定是网络设计的关键因素，很多满足用户需求的优良设计就是因为突破了用户的基本预算而不能实施。

如果用户的预算是弹性的，那么意味着赋予了设计人员更多的设计空间，设计人员可以从用户满意度、可扩展性、易维护性等多个角度对设计进行优化；但是大多数情况下，设计人员面对的是刚性预算，预算可调整的幅度非常小，在刚性预算下实现满意度、可扩展性、易维护性是需要大量工程设计经验的。

需要注意的是，对于因预算而使得所设计的物联网工程不能满足用户需求的情况，放弃设计工作并不是一种积极的态度。正确的做法是，在统筹规划的基础上，将物联网建设工作划分为多个迭代周期，同时将建设目标分解为多个阶段性目标，通过阶段性目标的实现，达到最终满足用户全部需求的目的，而当前预算仅用于完成当前迭代周期的建设目标。

预算的正确分解也是需要面对的工作。预算一般分为一次性投资预算和周期性投资预

算。一般来说,年度发生的周期性投资预算和一次性投资预算之间的比例为10%~15%是比较合理的。一次性投资预算主要用于网络的初始建设,包括采购设备、购买软件、维护和测试系统、培训工作人员及设计和安装系统的费用等。应根据一次性投资预算,对设备、软件进行选型,对培训工作量进行限定,确保网络初始建设的可行性。周期性投资预算主要用于后期的运营维护,包括人员消耗、设备维护消耗、软件系统升级消耗、材料消耗、信息费用、线路租用费用等多个方面。同时,对客户单位的网络工作人员的能力进行分析,考察他们的工作能力和专业知识是否能够胜任以后的工作,并提出相应的建议,这是评判周期性投资预算是否能够满足运营需要的关键之一。

最后,评判多个相同或近似预算物联网工程的优劣,还要对物联网的投资回报进行分析,从降低运行费用、提高劳动效率、扩大市场等多个角度来选择最合适的建设方案。

3. 时间约束

建设进度安排是需要考虑的另一个问题。项目进度表限定了项目最后的期限和重要的阶段。通常,客户会对项目进度有大致要求,设计者必须据此制订合理、可行的实施计划。

目前有许多种开发进度表的工具,在全面了解了项目之后,要对网络设计人员自行安排的计划与进度表的时间进行对照分析,对于存在疑问的地方,要及时与客户进行沟通。

4. 技术约束

用户所提出的功能需求有些可能是现阶段的技术所不能实现的。因此,设计人员应对每一项需求进行深入分析,列出那些在给定时间约束内既没有现成的设备或技术,也不可能通过努力研制出满足要求的设备或技术的项目,与用户进行沟通,商讨解决方案。通常的对策可能是:

- 取消不能实现的需求。
- 暂缓执行相关需求,等待设备或技术出现。
- 组织力量或委托第三方研发,但存在不成功的风险。
- 作为双方的课题进行试验性探讨。

1.3 物联网工程设计应遵循的原则

物联网工程设计是一个复杂的过程,为保证设计的有效性,应遵循以下基本原则。

1) 应围绕设计目标开展设计工作。设计目标是推动设计的唯一重要因素,再好的设计,如果不满足设计目标,都不能算是好的设计,只能算是失败的甚至是无用的设计。

2) 应充分考虑应用性要求。应保证应用系统顺利运行,不了解应用系统的特点和要求,就无法设计出好的物联网工程系统。

3) 应在需求、成本、时间、技术等多种因素之间寻求最好的平衡和折中。多种需求有时是彼此矛盾的,因此需要进行仔细的平衡和折中。

4) 应优先选用最简单、最可行的解决方案。超前性与成熟性、新颖性与实用性、探索性与可行性、综合性与简单性之间,在不能兼顾时,应选用最简单、最可行的解决方案,选择成熟的、通过测试的设备和软件,保证工程项目建设的成功。

5) 应避免简单照抄其他设计方案的做法。每一个工程项目都有自己的特殊性,不要简单地使用统一的设计模板或照抄其他项目的设计方案。

6) 应具有可预见性和可扩展性。使系统具有弹性和可扩展性,是保证项目成功的一

个重要方面。

7) 应由有设计经验的人员主导设计工作。

1.4 物联网工程的设计方法

1.4.1 网络系统生命周期

一个网络系统从构思开始,到最后被淘汰的过程称为网络系统生命周期。一般来说,网络系统生命周期至少包括网络系统的构思计划、分析设计、实时运行和维护的过程。对于大多数网络系统来说,由于应用的不断发展,这些网络系统需要经过不断重复设计、实施、维护的过程。

因此,网络系统的生命周期和软件工程中的软件生命周期非常类似。首先,网络系统的生命周期是一个循环迭代的过程,每次循环迭代的动力来自于网络应用需求的变更或产品升级换代的需求;其次,在每次循环过程中,都存在需求分析、规划设计、实施调试和运行维护等阶段。有些网络系统仅仅经过一个周期就被淘汰,而有些网络系统在存活过程中经过多次循环周期。一般来说,网络系统规模越大、投资越多,则其可能经历的循环周期也越多。

1. 网络系统生命周期的迭代模型

网络系统生命周期的迭代模型的核心思想是网络应用驱动理论和成本评价机制,当网络系统无法满足用户的需求时,就必须进入下一个迭代周期,经过迭代周期后,网络系统将能够满足用户的网络需求。成本评价机制决定是否结束网络系统的生命周期,当已有投资系统的再利用成本小于新建系统的成本时,网络系统可以进入下一个迭代周期,而再利用成本大于新建成本时,就必须舍弃迭代,终结当前网络系统,新建网络系统。网络系统生命周期的迭代模型如图 1-1 所示。

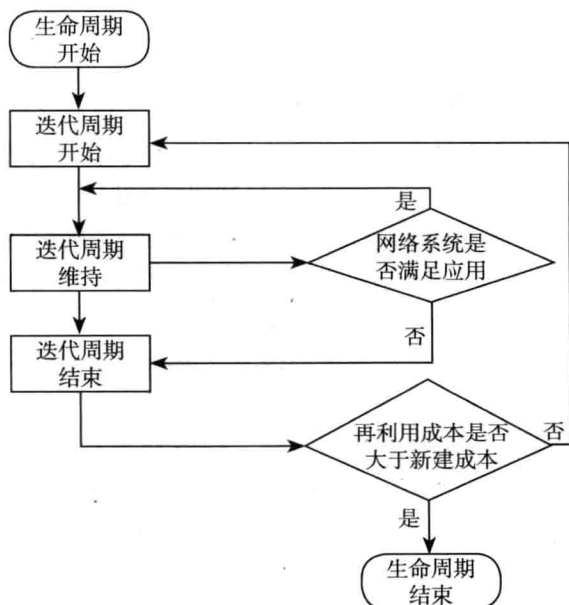


图 1-1 网络系统生命周期的迭代模型

2. 迭代周期的构成

每一个迭代周期都是一个网络重构的过程，不同的网络设计方法对迭代周期的划分方式是不同的；这些划分方式侧重点不同，拥有不同的网络文档模板，但是实施后的效果都是满足了用户的网络需求。目前没有哪个迭代周期可以完美描述所有项目的开发构成，但是常见的构成方式主要有三种。

(1) 四阶段周期

四阶段周期的特点是，能够快速适应新的需求，强调网络建设周期中的宏观管理，灵活性较强。

如图 1-2 所示，四个阶段分别为构思与规划阶段、分析与设计阶段、实施与构建阶段和运行与维护阶段，这四个阶段之间有一定的重叠，保证了两个阶段之间的交接工作，同时赋予网络工程设计的灵活性。

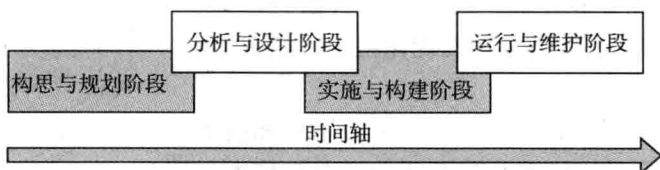


图 1-2 四阶段周期

构思与规划阶段的主要工作是明确网络设计或改造的需求，同时明确新网络的建设目标。分析与设计阶段的工作是根据网络的需求进行设计，并形成特定的设计方案。实施与构建阶段的工作是根据设计方案进行设备购置、安装、调试，形成可试用的网络环境。运行与维护阶段的工作是提供网络服务，并实施网络管理。

四阶段周期的优点是工作成本较低、灵活性强，适用于网络规模较小、需求较为明确、网络结构简单的物联网工程。

(2) 五阶段周期

五阶段周期是较为常见的迭代周期划分方式，将一次迭代划分为五个阶段，即需求分析、通信分析、逻辑网络设计、物理网络设计、实施。在五个阶段中，由于每个阶段都是一个工作环节，每个环节完毕后才能进入下一个环节，类似于软件工程中的“瀑布模型”，形成了特定的工作流程，如图 1-3 所示。

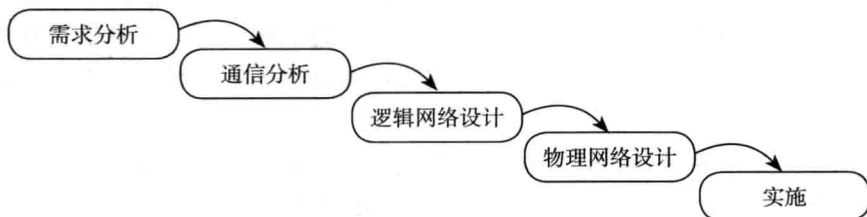


图 1-3 五阶段周期

按照这种流程构建网络，在下一个阶段开始之前，前面的每个阶段的工作必须已经完成。一般情况下，不允许返回前面的阶段，如果前一阶段的工作没有完成就开始进入下一个阶段，则会对后续的工作造成较大的影响，甚至产生工期拖后和成本超支。

五阶段周期的主要优势在于所有的计划在较早的阶段完成，该系统的所有负责人对系