[1]

1000-9825/2005/16(01)0001

©2005 Journal of Software 软 件 学 报

Vol.16, No.1

软件工程技术发展思索

∗

杨芙清

+

( 北 京 大 学 计 算 机 科 学 技 术 系 , 北 京

100871)

**Thinking on the Development of Software Engineering Technology**

YANG Fu-Qing

+

(Department of Computer Science and Technology, Peking University, Beijing 100871, China)

+ Corresponding author: E-mail: yang@cs.pku.edu.cn, <http://www.pku.edu.cn>

Received 2004-07-07; Accepted 2004-09-06

**Yang FQ. Thinking on the development of software engineering technology. *Journal of Software* , 2005,16(1): 1** −**7.** <http://www.jos.org.cn/1000-9825/16/1.htm>

**Abstract**: The paper gives some thinking according to the following four aspects: 1) from the law of things development, revealing the development history of software engineering technology; 2) from the point of software natural characteristic, analyzing the construction of every abstraction layer of virtual machine; 3) from the point of software development, proposing the research content of software engineering discipline, and research the pattern of industrialized software production; 4) based on the appearance of Internet technology, exploring the development trend of software technology.

**Key words**: software engineering; software characteristic; industrialized software production; software reuse;

internetware

摘

要:

在 4 个 方 面 对 软 件 工 程 技 术 的 发 展 进 行 一 些 思 索 : (1) 从 事 物 发 展 规 律 的 角 度 , 揭 示 软 件 工 程 技 术 发 展

历 程 ; (2) 从 软 件 本 质 特 征 的 角 度 , 浅 析 虚 拟 机 各 抽 象 层 次 的 构 造 ; (3) 从 软 件 开 发 的 本 质 , 提 出 了 软 件 工 程 学 科 研 究 的 内 容 , 并 研 究 了 软 件 工 业 化 生 产 模 式 ; (4) 以 Internet 的 出 现 为 背 景 , 探 索 了 软 件 技 术 的 发 展 趋 势 .

关键词:

软件工程;软件特征;软件工业化生产;软件复用;网构软件

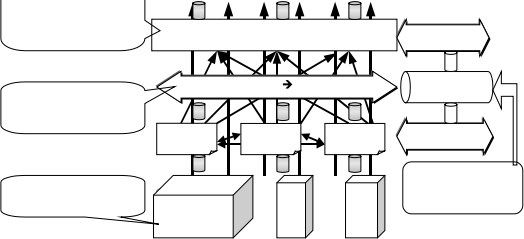
中 图 法 分 类 号 : TP311

文 献 标 识 码 : A

软 件 工 程 作 为 独 立 的 一 门 学 科 , 其 发 展 已 逾 30 年 . 20 世 纪 60 年 代 , 由 于 高 级 语 言 的 流 行 , 使 得 计 算 机 的 应 用 范 围 得 到 较 大 扩 展 , 对 软 件 系 统 的 需 求 急 剧 上 升 , 从 而 产 生 了 所 谓 的 “ 软 件 危 机 ” , 即 软 件 开 发 从 质 量 、 效 率 等 方 面 均 不 能 满 足 应 用 需 求 . 为 了 解 决 软 件 危 机 这 一 问 题 , 1968 年 , 在 NATO 会 议 上 首 次 提 出 了 “ 软 件 工 程 ” 这 一 概 念 , 使 软 件 开 发 开 始 了 从 “ 艺 术 ” 、 “ 技 巧 ” 和 “ 个 体 行 为 ” 向 “ 工 程 ” 和 “ 群 体 协 同 工 作 ” 转 化 的 历 程 . 本 文 针 对 该 历 程 中 的 若 干 问 题 进 行 了 一 些 探 索 , 即 从 事 物 发 展 规 律 的 角 度 , 揭 示 软 件 工 程 技 术 发 展 历 程 ; 从 软 件 本 质 特 征 的 角 度 , 浅 析 虚 拟 机 各 抽 象 层 次 的 构 造 ; 从 软 件 开 发 的 本 质 , 提 出 了 软 件 工 程 学 科 研 究 的 内 容 , 并 研 究 了 软 件 工 业 化

∗ Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60033020 ( 国 家 自 然 科 学 基 金 ) ; the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2001AA114170 ( 国 家 高 技 术 研 究 发 展 计 划 ( 863))

作 者 简 介 : 杨 芙 清 ( 1932 － ), 女 , 江 苏 无 锡 人 , 教 授 , 博 士 生 导 师 , 中 国 科 学 院 院 士 , 主 要 研 究 领 域 为 系 统 软 件 , 软 件 工 程 , 软 件 工 业 化 生 产 技 术 .



**LINIX**

**UNIX**

**Windows**

**Fortran**

**C/C++**

**Architecture framework design pattern**

**Applications**

**Java**

2

软 件 工 程技 术 发 展历程

生 产 模 式 ; 以 Internet 的 出 现 为 背 景 , 探 索 了 软 件 技 术 的 发 展 趋 势 . **1**

*Journal of Software*

软件学报 2005,16(1)

30 多 年 来 , 软 件 工 程 的 研 究 和 实 践 取 得 了 长 足 的 进 步 , 其 中 一 些 具 有 里 程 碑 意 义 的 进 展 包 括 :

* 20 世 纪 60 年 代 末 ~70 年 代 中 期 , 在 一 系 列 高 级 语 言 应 用 的 基 础 上 , 出 现 了 结 构 化 程 序 设 计 技 术 , 并 开 发 了 一 些 支 持 软 件 开 发 的 工 具 .
* 20 世 纪 70 年 代 中 期 ~ 80 年 代 , 计 算 机 辅 助 软 件 工 程 ( CASE) 成 为 研 究 热 点 , 并 开 发 了 一 些 对 软 件 技 术 发 展 具 有 深 远 影 响 的 软 件 工 程 环 境 .
* 20 世 纪 80 年 代 中 期 ~ 90 年 代 , 出 现 了 面 向 对 象 语 言 和 方 法 , 并 成 为 主 流 的 软 件 开 发 技 术 ; 开 展 软 件 过 程 及 软 件 过 程 改 善 的 研 究 ; 注 重 软 件 复 用 和 软 件 构 件 技 术 的 研 究 与 实 践 .

软 件 是 客 观 事 物 的 一 种 反 映 , 客 观 世 界 的 不 断 变 化 促 使 软 件 技 术 的 不 断 发 展 , 这 种 事 物 发 展 规 律 促 使 软 件 工 程 的 产 生 和 发 展 . 我 们 仅 从 解 决 软 硬 件 的 异 构 性 和 各 种 软 件 之 间 的 异 构 性 角 度 , 就 可 窥 见 软 件 技 术 发 展 的 一 种 途 径 . 如 , 为 屏 蔽 计 算 机 硬 件 之 间 的 异 构 性 发 展 了 操 作 系 统 , 为 屏 蔽 操 作 系 统 之 间 和 编 程 语 言 之 间 的 异 构 性 出 现 了 支 撑 软 件 和 中 间 件 , 为 屏 蔽 不 同 中 间 件 之 间 的 异 构 性 发 展 了 Web Services 技 术 等 等 ; 随 着 解 决 问 题 的 不 断 深 入 , 易 用 性 和 适 应 性 要 求 的 不 断 提 升 , 以 及 软 件 技 术 的 不 断 发 展 , 还 会 出 现 更 新 、更 复 杂 的 异 构 问 题 , 它 的 解 决 会 促 进 软 件 技 术 的 不 断 发 展 . 从 学 科 角 度 来 看 , 要 不 断 提 炼 所 要 解 决 问 题 的 概 念 , 建 立 相 应 的 模 型 , 并 寻 找 处 理 方 法 , 从 而 解 决 这 些 问 题 的 概 念 模 型 和 处 理 问 题 逻 辑 间 的 映 射 问 题 , 如 图 1 所 示 .

To cover the gap between

application soft

ware and development

platform

**J2EE/EJB**

To cover the difference of operation systems and

program languages

To cover the difference of computer hardwares

**Support software middleware**

**OS**

**Web services**

**.NET/COM**

To cover the difference

of middlewares

Fig.1 An approach of development software engineering technology

图 1

软 件 工 程 技 术 发 展 的 一 种 途 径

**2**

软 件 与 软件 特 征

软 件 是 对 客 观 世 界 中 问 题 空 间 与 解 空 间 的 具 体 描 述 , 是 客 观 事 物 的 一 种 反 映 , 是 知 识 的 提 炼 和 “ 固 化 ” . 客 观

世 界 是 不 断 变 化 的 , 因 此 , 构 造 性 和 演 化 性 是 软 件 的 本 质 特 征 . 如 何 使 软 件 模 型 具 有 更 强 的 表 达 能 力 、 更 符 合 人 类 的 思 维 模 式 , 即 如 何 提 升 计 算 环 境 的 抽 象 层 次 , 在 一 定 意 义 上 来 讲 , 这 紧 紧 围 绕 了 软 件 的 本 质 特 征 — — 构 造 性 和 演 化 性 .

在 高 级 语 言 出 现 以 前 , 汇 编 语 言 ( 机 器 语 言 ) 是 编 程 的 工 具 , 表 达 软 件 模 型 的 基 本 概 念 ( 或 语 言 构 造 ) 是 指 令 , 表 达 模 型 处 理 逻 辑 的 主 要 概 念 ( 机 制 ) 是 顺 序 和 转 移 . 显 然 , 这 一 抽 象 层 次 是 比 较 低 的 . 高 级 语 言 的 出 现 , 例 如

Engineering principle

Requirement

Design

Implementation

Verification

Maintenance

[1]

[2]

[3]

杨芙清:软件工程技术发展思索

3

FORTRAN 语 言 、PASCAL 语 言 、C 语 言 等 , 使 用 了 变 量 、标 识 符 、表 达 式 等 概 念 作 为 语 言 的 基 本 构 造 , 并 使 用 3 种 基 本 控 制 结 构 来 表 达 软 件 模 型 的 计 算 逻 辑 , 因 此 软 件 开 发 人 员 可 以 在 一 个 更 高 的 抽 象 层 次 上 进 行 程 序 设 计 . 随 后 出 现 了 一 系 列 开 发 范 型 和 结 构 化 程 序 设 计 技 术 , 实 现 了 模 块 化 的 数 据 抽 象 和 过 程 抽 象 , 提 高 了 人 们 表 达 客 观 世 界 的 抽 象 层 次 , 并 使 开 发 的 软 件 具 有 一 定 的 构 造 性 和 演 化 性 . 近 20 年 来 , 面 向 对 象 程 序 设 计 语 言 的 诞 生 并 逐 步 流 行 , 为 人 们 提 供 了 一 种 以 对 象 为 基 本 计 算 单 元 , 以 消 息 传 递 为 基 本 交 互 手 段 来 表 达 的 软 件 模 型 . 面 向 对 象 方 法 的 实 质 是 以 拟 人 化 的 观 点 来 看 待 客 观 世 界 , 即 客 观 世 界 是 由 一 系 列 对 象 构 成 , 这 些 对 象 之 间 的 交 互 形 成 了 客 观 世 界 中 各 式 各 样 的 系 统 . 面 向 对 象 方 法 中 的 概 念 和 处 理 逻 辑 更 接 近 人 们 解 决 计 算 问 题 的 思 维 模 式 , 使 开 发 的 软 件 具 有 更 好 的 构 造 性 和 演 化 性 . 目 前 , 人 们 更 加 关 注 软 件 复 用 问 题 , 构 建 比 对 象 粒 度 更 大 、 更 易 于 复 用 的 基 本 单 元 — — 构 件 , 并 研 究 以 构 件 复 用 为 基 础 的 软 件 构 造 方 法 , 更 好 地 凸 现 软 件 的 构 造 性 和 演 化 特 性 . 易 于 复 用 的 软 件 , 一 定 是 具 有 很 好 构 造 性 和 演 化 性 的 软 件 .

**3**

软 件 工 程的 主 要 研究内容

从 某 种 角 度 来 说 , 软 件 开 发 的 本 质 就 是 要 实 现 “ 高 层 概 念 ” 到 “ 低 层 概 念 ” 的 映 射 , 实 现 “ 高 层 处 理 逻 辑 ” 到 “ 低

层 处 理 逻 辑 ” 的 映 射 . 对 于 大 型 软 件 系 统 的 开 发 , 这 一 映 射 是 相 当 复 杂 的 , 涉 及 到 有 关 人 员 、使 用 的 技 术 、采 取 的 途 径 以 及 成 本 和 进 度 的 约 束 , 因 此 , 我 们 可 以 把 软 件 工 程 定 义 为 :

软 件 工 程 ( software engineering) 是 应 用 计 算 机 科 学 理 论 和 技 术 以 及 工 程 管 理 原 则 和 方 法 , 按 照 预 算 和 进 度 , 实 现 满 足 用 户 要 求 的 软 件 产 品 的 定 义 、 开 发 、 发 布 和 维 护 的 工 程 或 以 之 为 研 究 对 象 的 学 科 .

软 件 工 程 与 其 他 工 程 一 样 要 有 自 己 的 目 标 、 活 动 和 原 则 , 软 件 工 程 框 架 可 以 概 括 为 图 2 所 示 的 内 容 .

Engineering object

Usability Correctness Economical

Adopt right development paradigm

Use good design method

Provide high quality engineering support

Fulfil effective engineering management

Fig.2 Software engineering framework

Activity

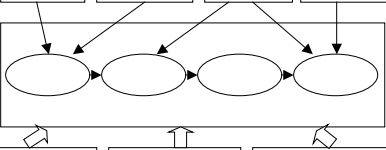
图 2

软 件 工 程 框 架

软 件 工 程 的 基 本 目 标 是 生 产 具 有 正 确 性 、 可 用 性 及 开 销 合 宜 ( 合 算 性 ) 的 产 品 . 正 确 性 意 指 软 件 产 品 达 到 预 期 功 能 的 程 度 ; 可 用 性 意 指 软 件 基 本 结 构 、 实 现 及 文 档 达 到 用 户 可 用 的 程 度 ; 开 销 合 宜 意 指 软 件 开 发 、 运 行 的 整 个 开 销 满 足 用 户 的 需 求 . 以 上 目 标 的 实 现 不 论 在 理 论 上 还 是 在 实 践 中 均 存 在 很 多 问 题 有 待 解 决 , 制 约 了 对 过 程 、 过 程 模 型 及 工 程 方 法 的 选 取 .

软 件 工 程 活 动 是 “ 生 产 一 个 最 终 满 足 用 户 需 求 且 达 到 工 程 目 标 的 软 件 产 品 所 需 要 的 步 骤 ” , 主 要 包 括 需 求 、 设 计 、 实 现 、 确 认 以 及 支 持 等 活 动 . 需 求 活 动 是 在 一 个 抽 象 层 上 建 立 系 统 模 型 的 活 动 , 该 活 动 的 主 要 产 品 是 需 求 规 约 , 是 软 件 开 发 人 员 和 客 户 之 间 契 约 的 基 础 , 是 设 计 的 基 本 输 入 . 设 计 活 动 定 义 实 现 需 求 规 约 所 需 的 结 构 , 该 活 动 的 主 要 产 品 包 括 软 件 体 系 结 构 、 详 细 的 处 理 算 法 等 . 实 现 活 动 是 设 计 规 约 到 代 码 转 换 的 活 动 . 验 证 / 确 认 是 一 项 评 估 活 动 , 贯 穿 于 整 个 开 发 过 程 , 包 括 动 态 分 析 和 静 态 分 析 . 主 要 技 术 有 模 型 评 审 、 代 码 “ 走 查 ” 以 及 程 序 测 试 等 . 维 护 活 动 是 软 件 发 布 之 后 所 进 行 的 修 改 , 包 括 对 发 现 错 误 的 修 正 、 对 环 境 变 化 所 进 行 的 必 要 调 整 等 .

围 绕 工 程 设 计 、 工 程 支 持 以 及 工 程 管 理 , 提 出 以 下 软 件 工 程 基 本 原 则 :



Domain

engineering

Software

re-engineering

Software

architecture

Open system

technology

Software process

CASE technology

Non-Technology factor

[4]

[5]

Classify, store, and

[6]

4

*Journal of Software*

软件学报 2005,16(1)

第 1 条 原 则 是 选 取 适 宜 的 开 发 风 范 . 以 保 证 软 件 开 发 的 可 持 续 性 , 并 使 最 终 的 软 件 产 品 满 足 客 户 的 要 求 . 第 2 条 原 则 是 采 用 合 适 的 设 计 方 法 . 支 持 模 块 化 、信 息 隐 蔽 、局 部 化 、一 致 性 、适 应 性 、构 造 性 、集 成 组

装 性 等 问 题 的 解 决 和 实 现 , 以 达 到 软 件 工 程 的 目 标 .

第 3 条 原 则 是 提 供 高 质 量 的 工 程 支 持 . 提 供 必 要 的 工 程 支 持 , 例 如 配 置 管 理 、 质 量 保 证 等 工 具 和 环 境 , 以 保 证 按 期 交 付 高 质 量 的 软 件 产 品 .

第 4 条 原 则 是 有 效 的 软 件 工 程 管 理 . 仅 当 对 软 件 过 程 实 施 有 效 管 理 时 , 才 能 实 现 有 效 的 软 件 工 程 .

由 以 上 软 件 工 程 的 概 念 和 框 架 可 以 看 出 , 软 件 设 计 的 主 要 目 标 就 是 要 实 现 好 的 结 构 , 使 开 发 的 软 件 具 有 良 好 的 构 造 性 和 演 化 性 . 软 件 工 程 学 科 所 研 究 的 内 容 主 要 包 括 : 软 件 开 发 范 型 、 软 件 设 计 方 法 、 工 程 支 持 技 术 和 工 程 管 理 技 术 . 其 中 , 软 件 开 发 范 型 涉 及 软 件 工 程 的 “ 方 向 ” 问 题 , 研 究 正 确 的 求 解 软 件 的 计 算 逻 辑 ; 软 件 设 计 方 法 涉 及 软 件 工 程 的 “ 途 径 ” 问 题 , 研 究 “ 高 层 概 念 模 型 和 处 理 逻 辑 ” 到 “ 低 层 概 念 模 型 和 处 理 逻 辑 ” 的 映 射 ; 工 程 支 持 技 术 和 过 程 管 理 技 术 涉 及 工 程 过 程 质 量 和 产 品 质 量 问 题 , 研 究 管 理 学 理 论 在 软 件 工 程 中 的 应 用 . 如 上 所 述 , 软 件 开 发 就 是 实 施 了 一 个 从 “ 高 层 概 念 模 型 ” 到 “ 低 层 概 念 模 型 ” 的 映 射 , 从 “ 高 层 处 理 逻 辑 ” 到 “ 低 层 处 理 逻 辑 ” 的 映 射 , 而 且 在 这 一 映 射 中 还 涉 及 到 人 员 、 技 术 、 成 本 、 进 度 等 要 素 , 那 么 就 必 须 研 究 映 射 模 式 即 软 件 生 产 模 式 问 题 .

分 析 传 统 产 业 的 发 展 , 其 基 本 模 式 均 是 符 合 标 准 的 零 部 件 ( 构 件 ) 生 产 以 及 基 于 标 准 构 件 的 产 品 生 产 ( 组 装 ), 其 中 , 构 件 是 核 心 和 基 础 , “ 复 用 ” 是 必 须 的 手 段 . 实 践 表 明 , 这 种 模 式 是 软 件 开 发 工 程 化 、 软 件 生 产 工 业 化 的 必 由 之 路 . 因 此 , 软 件 产 业 的 发 展 并 形 成 规 模 经 济 , 标 准 构 件 的 生 产 和 构 件 的 复 用 是 关 键 因 素 .

实 现 软 件 复 用 的 关 键 因 素 ( 技 术 和 非 技 术 因 素 ) , 如 图 3 所 示 , 主 要 包 括 : 软 件 构 件 技 术 ( software component technology) 、 领 域 工 程 (domain engineering) 、 软 件 构 架 (software architecture) 、 软 件 再 工 程 (software reengineering) 、开 放 系 统 ( open system)、软 件 过 程 ( software process) 、CASE 技 术 等 , 以 及 各 种 非 技 术 因 素 , 且 各 种 因 素 是 相 互 联 系 、 相 互 影 响 的 .

Components and architecture

Acquire Description Compose

query

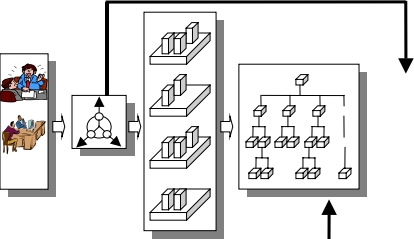
Software components technology

Fig.3 Key factors for achieve software reuse

图 3 实 现 软 件 复 用 的 关 键 因 素

近 年 来 人 们 认 识 到 , 要 提 高 软 件 开 发 效 率 , 提 高 软 件 产 品 质 量 , 必 须 改 变 手 工 作 坊 式 的 开 发 方 法 , 采 取 工 程 化 的 开 发 方 法 和 工 业 化 的 生 产 技 术 .

青 鸟 工 程 “ 七 五 ” 期 间 , 已 提 出 了 软 件 生 产 线 的 概 念 和 思 想 , 其 中 将 软 件 的 生 产 过 程 分 成 3 类 不 同 的 生 产 车 间 , 即 应 用 构 架 生 产 车 间 、 构 件 生 产 车 间 和 基 于 构 件 、 构 架 复 用 的 应 用 集 成 组 装 车 间 . 软 件 生 产 线 的 概 念 模 式 如 图 4 所 示 .



…

[7]

Application

杨芙清:软件工程技术发展思索

5

SA storehouse

SA extraction

workshop

Component

storehouse

Component production

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **D**  **A B**  **C**  Integration  workshop |  | | | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|  | |  | | | |

workshop

Standard and criterion AND Quality Assessment

Fig.4 Software production line concept graph

图 4

软 件 生 产 线 概 念 模 式 图

由 上 述 软 件 生 产 线 概 念 模 式 图 中 可 以 看 出 , 在 软 件 生 产 线 中 , 软 件 开 发 人 员 被 划 分 为 3 类 : 构 件 生 产 者 、 构 件 库 管 理 者 和 构 件 复 用 者 . 这 3 种 角 色 所 需 完 成 的 任 务 是 不 同 的 , 构 件 复 用 者 负 责 进 行 基 于 构 件 的 软 件 开 发 , 包 括 构 件 查 询 、 构 件 理 解 、 适 应 性 修 改 、 构 件 组 装 以 及 系 统 演 化 等 .

图 5 给 出 了 与 上 述 概 念 图 相 对 应 的 软 件 生 产 线 — — 生 产 过 程 模 型 .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Methods  Component store  concept model  Domain engineering methods Object-oriented method  Component production guide Component description language  Process improvement model Component integration guide  Component model | | |
| **Describe** |  | **Specify** |

Organization

management

Project

management

Activities

Components production

(domain engineering)

Application integration

(application engineering)

Quality

management

Domain

analysis

Domain

design

Domain Component

implementation management Analysis Design Implementation Test

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aid** |  | **Support** |
| Tools  Program converse tools Component development tools  Component production tools Component integration tools  Component validation tools Component reusability metrics tools | | |

Fig.5 Software production line: Production process model

图 5

软 件 生 产 线 : 生 产 过 程 模 型

[1]

6

*Journal of Software*

软件学报 2005,16(1)

从 图 4 和 图 5 中 可 以 看 出 , 软 件 生 产 线 以 软 件 构 件 / 构 架 技 术 为 核 心 , 其 中 的 主 要 活 动 体 现 在 传 统 的 领 域 工 程 和 应 用 工 程 中 , 但 赋 予 了 它 们 新 的 内 容 , 并 且 通 过 构 件 管 理 、再 工 程 等 环 节 将 它 们 有 机 地 衔 接 起 来 . 另 外 , 软 件 生 产 线 中 的 每 个 活 动 皆 有 相 应 的 方 法 和 工 具 与 之 对 应 , 并 结 合 项 目 管 理 、 组 织 管 理 等 管 理 问 题 , 形 成 完 整 的 软 件 生 产 流 程 .

**4**

软 件 技 术的 发 展 趋势

Internet 无 疑 是 20 世 纪 末 伟 大 的 技 术 进 展 之 一 , 为 我 们 提 供 了 一 种 全 球 范 围 的 信 息 基 础 设 施 . 这 个 不 断 延

伸 的 网 络 基 础 设 施 , 形 成 了 一 个 资 源 丰 富 的 计 算 平 台 , 构 成 了 人 类 社 会 的 信 息 化 、 数 字 化 基 础 , 成 为 我 们 学 习 、 生 活 和 工 作 的 必 备 环 境 . 如 何 在 未 来 Internet 平 台 上 进 一 步 进 行 资 源 整 合 , 形 成 巨 型 的 、高 效 的 、可 信 的 和 统 一 的 虚 拟 环 境 , 使 所 有 资 源 能 够 高 效 、 可 信 地 为 所 有 用 户 服 务 , 成 为 软 件 技 术 的 研 究 热 点 .

Internet 平 台 具 有 如 下 基 本 特 征 : 无 统 一 控 制 的 “ 真 ” 分 布 性 ; 节 点 的 高 度 自 治 性 ; 节 点 链 接 的 开 放 性 和 动 态 性 ; 人 、设 备 和 软 件 的 多 重 异 构 性 ; 实 体 行 为 的 不 可 预 测 性 ; 运 行 环 境 的 潜 在 不 安 全 性 ; 使 用 方 式 的 个 性 化 和 灵 活 性 ; 网 络 连 接 环 境 的 多 样 性 等 . 因 此 , Internet 平 台 和 环 境 的 出 现 , 对 软 件 形 态 、技术 发 展 、理论 研 究 提 出 新 的 问 题 , 也 提 供 了 新 的 契 机 .

传 统 软 件 的 开 发 基 于 封 闭 的 静 态 平 台 , 是 自 顶 向 下 、 逐 步 分 解 的 过 程 , 因 此 传 统 软 件 的 开 发 , 基 本 都 是 首 先 确 定 系 统 的 范 围 ( 即 Scoping), 然 后 实 施 分 而 治 之 的 策 略 , 整 个 开 发 过 程 处 于 有 序 控 制 之 下 . 而 未 来 软 件 系 统 的 开 发 所 基 于 的 平 台 是 一 个 有 丰 富 基 础 软 件 资 源 但 同 时 又 是 开 放 、动态 和 多 变 的 框 架 , 开 发 活 动 呈 现 为 通 过 基 础 软 件 资 源 组 合 为 基 本 系 统 , 然 后 经 历 由 “ 无 序 ” 到 “ 有 序 ” 的 往 复 循 环 过 程 , 是 动 态 目 标 渐 趋 稳 态 . 未 来 软 件 基 本 模 型 由 于 所 处 平 台 的 特 性 和 开 放 应 用 的 需 求 而 变 得 比 任 何 传 统 的 计 算 模 型 都 更 为 复 杂 , 软 件 生 命 周 期 由 于 “ 无 序 ” 到 “ 有 序 ” 的 循 环 而 呈 现 出 不 同 于 传 统 生 命 周 期 概 念 的 “ 大 生 命 周 期 概 念 ” , 程 序 正 确 性 由 于 目 标 的 多 样 化 而 表 现 为 传 统 正 确 性 描 述 的 一 个 偏 序 集 , 软 件 体 系 结 构 侧 重 点 从 基 于 实 体 的 结 构 分 解 转 变 为 基 于 协 同 的 实 体 聚 合 , 软 件 生 产 过 程 和 环 境 的 变 化 导 致 基 于 Internet 的 面 向 用 户 的 虚 拟 工 厂 的 形 成 .

由 于 软 件 系 统 所 基 于 的 计 算 机 硬 件 平 台 正 经 历 从 集 中 封 闭 的 计 算 平 台 向 开 放 的 Internet 平 台 的 转 变 , 软 件 系 统 作 为 计 算 机 系 统 的 核 心 , 随 着 其 运 行 环 境 的 演 变 也 经 历 了 一 系 列 的 变 革 . 目 前 , 面 向 网 络 的 计 算 环 境 正 由 Client/Server 发 展 为 Client/Cluster,并 正 朝 着 Client/Network 和 Client/Virtual Environment 的 方 向 发 展 . 那 么 , 未 来 的 基 于 Internet 平 台 的 软 件 系 统 又 将 会 呈 现 出 一 个 什 么 形 态 呢 ?

从 技 术 的 角 度 来 看 , 以 软 件 构 件 等 技 术 支 持 的 软 件 实 体 将 以 开 放 、 自 主 的 方 式 存 在 于 Internet 的 各 个 节 点 之 上 , 任 何 一 个 软 件 实 体 可 在 开 放 的 环 境 下 通 过 某 种 方 式 加 以 发 布 , 并 以 各 种 协 同 方 式 与 其 他 软 件 实 体 进 行 跨 网 络 的 互 连 、 互 通 、 协 作 和 联 盟 , 从 而 形 成 一 种 与 当 前 的 信 息 Web 类 似 的 Software Web.Software Web 不 再 仅 仅 是 信 息 的 提 供 者 , 它 还 是 各 种 服 务 ( 功 能 ) 的 提 供 者 . 由 于 网 络 环 境 的 开 放 与 动 态 性 , 以 及 用 户 使 用 方 式 的 个 性 化 要 求 , 从 而 决 定 了 这 样 一 种 Software Web, 它 应 能 感 知 外 部 网 络 环 境 的 动 态 变 化 , 并 随 着 这 种 变 化 按 照 功 能 指 标 、 性 能 指 标 和 可 信 性 指 标 等 进 行 静 态 的 调 整 和 动 态 的 演 化 , 以 使 系 统 具 有 尽 可 能 高 的 用 户 信 赖 度 . 我 们 将 具 有 这 种 新 形 态 的 软 件 称 为 网 构 软 件 ( internetware).

网 构 软 件 是 在 Internet 开 放 、 动 态 和 多 变 环 境 下 软 件 系 统 基 本 形 态 的 一 种 抽 象 , 它 既 是 传 统 软 件 结 构 的 自 然 延 伸 , 又 具 有 区 别 于 在 集 中 封 闭 环 境 下 发 展 起 来 的 传 统 软 件 形 态 的 独 有 的 基 本 特 征 :

1. 自 主 性 : 是 指 网 构 软 件 系 统 中 的 软 件 实 体 具 有 相 对 独 立 性 、主 动 性 和 自 适 应 性 . 自 主 性 使 其 区 别 于 传 统 软 件 系 统 中 软 件 实 体 的 依 赖 性 和 被 动 性 ;
2. 协 同 性 : 是 指 网 构 软 件 系 统 中 软 件 实 体 之 间 可 按 多 种 静 态 连 接 和 动 态 合 作 方 式 在 开 放 的 网 络 环 境 下 加 以 互 连 、 互 通 、 协 作 和 联 盟 . 协 同 性 使 其 区 别 于 传 统 软 件 系 统 在 封 闭 集 中 环 境 下 单 一 静 态 的 连 接 模 式 ;
3. 反 应 性 : 是 指 网 构 软 件 具 有 感 知 外 部 运 行 和 使 用 环 境 并 对 系 统 演 化 提 供 有 用 信 息 的 能 力 . 反 应 性 使 网 构 软 件 系 统 具 备 了 适 应 Internet 开 放 、 动 态 和 多 变 环 境 的 感 知 能 力 ;
4. 演 化 性 : 是 指 网 构 软 件 结 构 可 以 根 据 应 用 需 求 和 网 络 环 境 变 化 而 发 生 动 态 演 化 , 主 要 表 现 在 其 实 体 元 素 数 目 的 可 变 性 、 结 构 关 系 的 可 调 节 性 和 结 构 形 态 的 动 态 可 配 置 性 上 ; 演 化 性 使 网 构 软 件 系 统 具 备 了 适 应

杨芙清:软件工程技术发展思索

Internet 开 放 、 动 态 和 多 变 环 境 的 应 变 能 力 ;

7

(5) 多 态 性 : 是 指 网 构 软 件 系 统 的 效 果 体 现 出 相 容 的 多 目 标 性 . 它 可 以 根 据 某 些 基 本 协 同 原 则 , 在 动 态 变 化 的 网 络 环 境 下 , 满 足 多 种 相 容 的 目 标 形 态 . 多 态 性 使 网 构 软 件 系 统 在 网 络 环 境 下 具 备 了 一 定 的 柔 性 和 满 足 个 性 化 需 求 的 能 力 .

综 上 所 述 , Internet 及 其 上 应 用 的 快 速 发 展 与 普 及 , 使 计 算 机 软 件 所 面 临 的 环 境 开 始 从 静 态 封 闭 逐 步 走 向 开 放 、 动 态 和 多 变 . 软 件 系 统 为 了 适 应 这 样 一 种 发 展 趋 势 , 将 会 逐 步 呈 现 出 柔 性 、 多 目 标 、 连 续 反 应 式 的 网 构 软 件 系 统 的 形 态 . 面 对 这 种 新 型 的 软 件 形 态 , 传 统 的 软 件 理 论 、 方 法 、技 术 和 平 台 面 临 了 一 系 列 挑 战 . 从 宏 观 上 看 , 这 种 挑 战 为 我 们 研 究 软 件 理 论 、 方 法 和 技 术 提 供 了 难 得 的 机 遇 , 使 我 们 有 可 能 建 立 一 套 适 合 于 Internet 开 放 、 动 态 和 多 变 环 境 的 新 型 软 件 理 论 、 方 法 和 技 术 体 系 . 从 微 观 的 角 度 来 看 , Internet 的 发 展 将 使 系 统 软 件 和 支 撑 平 台 的 研 究 重 点 开 始 从 操 作 系 统 等 转 向 新 型 中 间 件 平 台 , 而 网 构 软 件 的 理 论 、方 法 和 技 术 的 突 破 必 将 导 致 在 建 立 新 型 中 间 件 平 台 创 新 技 术 方 面 的 突 破 .

归 结 起 来 , 网 构 软 件 理 论 、 方 法 、 技 术 和 平 台 的 主 要 突 破 点 在 于 实 现 如 下 转 变 , 即 , 从 传 统 软 件 结 构 到 网 构 软 件 结 构 的 转 变 , 从 系 统 目 标 的 确 定 性 到 多 重 不 确 定 性 的 转 变 , 从 实 体 单 元 的 被 动 性 到 主 动 自 主 性 的 转 变 , 从 协 同 方 式 的 单 一 性 到 灵 活 多 变 性 的 转 变 , 从 系 统 演 化 的 静 态 性 到 系 统 演 化 的 动 态 性 的 转 变 , 从 基 于 实 体 的 结 构 分 解 到 基 于 协 同 的 实 体 聚 合 的 转 变 , 从 经 验 驱 动 的 软 件 手 工 开 发 模 式 到 知 识 驱 动 的 软 件 自 动 生 成 模 式 的 转 变 . 建 立 这 样 一 种 新 型 的 理 论 、 方 法 、 技 术 和 平 台 体 系 具 有 两 个 方 面 的 重 要 性 , 一 方 面 , 从 计 算 机 软 件 技 术 发 展 的 角 度 , 这 种 新 型 的 理 论 、 方 法 和 技 术 将 成 为 面 向 Internet 计 算 环 境 的 一 套 先 进 的 软 件 工 程 方 法 学 体 系 , 为 21 世 纪 计 算 机 软 件 的 发 展 构 造 理 论 基 础 ; 另 一 方 面 , 这 种 基 于 Internet 计 算 环 境 上 软 件 的 核 心 理 论 、方法和 技 术 , 必 将 为 我 国 在 未 来 5~10 年 建 立 面 向 Internet 的 软 件 产 业 打 下 坚 实 的 基 础 , 为 我 国 软 件 产 业 的 跨 越 式 发 展 提 供 核 心 技 术 的 支 持 .

当 前 的 软 件 技 术 发 展 遵 循 软 硬 结 合 、 应 用 与 系 统 结 合 的 发 展 规 律 . “ 软 ” 是 指 软 件 , “ 硬 ” 是 指 微 电 子 , 要 发 展 面 向 应 用 , 实 现 一 体 化 ; 面 向 个 人 , 体 现 个 性 化 的 系 统 和 产 品 . 软 件 技 术 的 总 体 发 展 趋 势 可 归 结 为 : 软 件 平 台 网 络 化 、 方 法 对 象 化 、 系 统 构 件 化 、 产 品 家 族 化 、 开 发 工 程 化 、 过 程 规 范 化 、 生 产 规 模 化 、 竞 争 国 际 化 .

**References**:

[1] Yang FQ, Mei H, Lü J, Jin Z. Some discussion on the development of software technology. Acta Electronica Sinica, 2002,30 (12A):1901−1906 (in Chinese with English abstract).

[2] Zhang XX. Encyclopedia of Computer Science and Technology. Beijing: Tsinghua University Press, 1998 (in Chinese).

[3] Wang LF, Zhang SK, Zhu B. Software Engineering — Technology, Method and Environment. Beijing: Peking University Press, 1997 (in Chinese).

[4] Yang FQ, Mei H, Li KQ. Software reuse and software component technology. Acta Electronica Sinica, 1999,27(2):68−75 (in Chinese with English abstract).

[5] Yang FQ. Software reuse and relevant technology. Computer Science, 1999,26(5):1 −4 (in Chinese with English abstract).

[6] Yang FQ. The present and development of JadeBird engineering — discussion on development approach of national software industry. In: Yang Fq, He XG, eds. Proc. of the 6th National Software Engineering Academic Conf. Beijing: Tsinghua University Press, 1996 (in Chinese with English abstract).

[7] Yang FQ, Mei H, Li KQ, Yuan WH, Wu Q. The summary of JB III supporting components reuse. Computer Science, 1999,26(5): 50 −55 (in Chinese with English abstract).

附 中 文 参 考 文 献 :

[1]

[2]

[3]

[4]

[5]

[6]

[7]

杨 芙 清 ,梅 宏 , 吕 建 , 金 芝 . 浅 论 软 件 技 术 发 展 . 电 子 学 报 , 2002,30(12A):1901−1906.

张 效 祥 ,主 编 . 计 算 机 科 学 技 术 百 科 全 书 . 北 京 : 清 华 大 学 出 版 社 , 1998.

王 立 福 ,张 世 琨 , 朱 冰 .软 件 工 程 — — 技 术 、 方 法 和 环 境 . 北 京 : 北 京 大 学 出 版 社 , 1997.

杨 芙 清 ,梅 宏 , 李 克 勤 .软 件 复 用 与 软 件 构 件 技 术 . 电 子 学 报 , 1999,27(2):68−75.

杨 芙 清 .软 件 复 用 及 相 关 技 术 . 计 算 机 科 学 , 1999,26(5):1−4.

杨 芙 清 . 青 鸟 工 程 现 状 与 发 展 — — 兼 论 我 国 软 件 产 业 发 展 途 径 . 见 : 杨 芙 清 , 何 新 贵 , 主 编 . 第 6 次 全 国 软 件 工 程 学 术 会 议 论 文 集 , 软 件 工 程 进 展 — — 技 术 、 方 法 和 实 践 . 北 京 : 清 华 大 学 出 版 社 , 1996.

杨 芙 清 ,梅 宏 , 李 克 勤 ,袁 望 洪 , 吴 穹 . 支 持 构 件 复 用 的 青 鸟 III 型 系 统 概 述 . 计 算 机 科 学 , 1999,26(5):50−55.