

嵌入式系统开发的课题 和TOPPERS技术

高田広章 (TAKADA HIROAKI)

名古屋大学教授

嵌入式系统研究中心主任

非营利法人TOPPERS协会会长

hiro@ertl.jp

<http://www.toppers.jp/cn/>

2010.11.9

❖ 本职工作

- 名古屋大学 研究生院信息科学研究科 信息系统学专业 教授
/ 附属嵌入式系统研究中心 主任

❖ 其他主要职务

- TOPPERS协会会长
- 宇宙航空研究开发机构 (JAXA) 客座教授
- 车载嵌入式系统Forum (ASIF) 会长
- 信息处理学会 嵌入式系统研究会 首任主查

❖ 研究领域

- (嵌入式系统的) 实时操作系统
- 实时性解析和调度理论
- 系统层级设计 (软件/硬件协同设计)
- 节能优化技术
- 车载嵌入式系统和车载网络

❖ 嵌入式系统开发的课题和方向

- 嵌入式系统的多样性和技术的分化
- 嵌入式系统/软件开发的课题
- 嵌入式系统的开发效率及质量保证
 - 提升设计的抽象度
 - 促进设计资产的重用
 - 构建并应用面向不同应用领域的平台及平台的共通化
- 今后嵌入式系统的演化

❖ TOPPERS技术

- TOPPERS是什么？TOPPERS的目标
- 主要成果、主要应用事例、TOPPERS版权
- 正在进行的软件开发、新一代TOPPERS内核
- TECS（TOPPERS嵌入式组件系统：TOPPERS Embedded Component System）

嵌入式系统开发的课题和方向

- ❖ 嵌入式系统的大规模化和复杂化
 - 机器的复杂化/数字化/网络化
 - 控制要素里信息处理要素的渗透
 - 计算机控制带来的高功能化/高附加价值化
- ❖ 嵌入式系统的应用领域的扩大
 - 计算机的小型化/低价格化带来的应用领域的扩大
- ❖ 开发时间的缩短以及低成本化
 - 产品早期投入市场对利润的影响
 - 世界是平的⇒低成本的要求
 - ⇒QCD（质量、成本、交货期）的三要素同时满足的困难
- ❖ （单一的）处理器的高速化瓶颈
 - 消耗电能（=发热量）成为最大的制约条件

❖ 嵌入式系统的多样性

- 嵌入式系统从系统规模、性质等多个侧面变得非常多样

电饭锅的控制~核电控制~手机

❖ 嵌入式系统/软件技术的分化

- 嵌入式系统/软件技术至少在下面三个领域有非常大的不同
 - 控制类嵌入式系统
 - 信息类嵌入式系统
 - SoC（专用硬件）的嵌入式软件
- 但是，某一种机械/机器中，往往融合了许多不同领域的嵌入式系统/软件技术

❖ 设计质量的保证和提高

- 系统的大规模化带来的dependability（可靠性、安全性<Safety>、信息安全<Security>、...）的困难

❖ 开发的效率提升

- 系统的复杂化和质量要求所带来的开发效率的降低

❖ 其他的主要课题

- 新的硬件技术（如：多核）
- 超出以前的可靠性、安全性的要求
- 低耗能化
- 信息安全

❖ 在此背景下的深刻的问题

嵌入式系统技术人才的不足

为满足QCD（质量、成本、交货期）的嵌入式系统/ 软件开发的措施（互相关联）

❖ 提高设计的抽象度

- 使用较少的代码数来描述设计对象
- 从设计的早期阶段（上游开发工程）进行测试/验证

❖ 促进设计资产的重用

- 通过对过去的设计资产的重用，减少新开发的部分
- 对以差分开发为中心的嵌入式系统开发非常有效

❖ 构建并应用面向不同应用领域的平台及平台的共通化

- 面向不同应用领域，在不同的硬件上动作的实时OS及中间件所构成的平台已经得到广泛应用

❖ 软件开发

— 模型驱动开发

- 通过描述软件模型，自动生成程序，降低代码行数
- 在建模阶段进行设计验证

❖ 硬件（电路）设计

— 动作级别的设计（≡程序语言描述）

- 寄存器传送级别（RTL）设计减少描述量

❖ 系统设计

— 系统层级设计（ESL）：计算机的硬件（电路）和软件的一体化设计

— 包含结构设计的系统全体的模型驱动设计

技术例：SysML

设计资产的质量提升

- 设计资产的重用非常重要，但同时也必须避免枯朽化（Legacy）（设计文档非常重要）
- 在公司内部积累高质量的设计资产非常重要，但在非竞争领域积累行业级别的设计资产更为有效

以重用为前提的开发流程

- 为维持设计资产的质量，必须从开发流程和开发组织层面思考
 - ⇒ 产品线（Product line）型软件开发

促进软件的组件化

- 以容易重用的形态（组件）进行软件开发
- 软件的组件化技术非常重要

❖ 构建面向不同应用领域的平台

- 嵌入式系统的多样化使得单一的平台无法覆盖多种需求
- 确定合理（这点非常难）的应用范围，构建相应的平台

❖ 通过应用平台，降低成本、提高质量

- 多个应用使用同一个平台可以降低（每个应用的）开发成本
- 将开发的资源集中到决定系统质量的关键部分的平台上，更易于提高系统的质量
- 平台的共通化和标准化非常重要

❖ 公司内部的通用平台

例) 松下电器的UniPhier

- 由处理器和Video Codec构成的系统LSI, 以及各类中间件、OS等软件构成的面向数字家电的综合平台

❖ 行业内的平台标准化活动 (汽车控制系统的平台/工具的标准化)

例) AUTOSAR (Automotive Open System Architecture ->

<http://www.autosar.org/>

- 世界的主要汽车厂家、电子装备厂家、IT厂家联合起来, 共同开发汽车的E/E (Electric/Electronics) 架构标准的组织

例) JASPAR -> <http://www.jaspar.jp>

- 以日本的汽车厂家为中心, 共同开发汽车控制系统的网络技术、中间件、软件平台

❖ 行业内的系统平台的“De facto standard”

- 可以预计手机平台将收敛为2~3种

! 嵌入式系统的基础设施化

❖ 控制和信息处理的融合

- 嵌入式系统和信息系统的融合（例：智能电网）
 - 不同的开发文化间的磨合
- Dependability要求的深化
 - 信息安全<Security>和安全性<Safety>的共存

❖ 网络所带来的功能再配置 云计算

- 各个系统的复杂性会进一步加大
- 所有的机器都接入网络后，就不再需要所有的机器都具有通用性和多功能了
 - ! 把握科学革命（Paradigm Change）发生的时期非常困难

❖ 节电性能的提升

- 需要引入新的硬件技术

TOPPERS技术

——TOPPERS协会的研究工作及成果



以ITRON的技术为基础，开发各种高质量的开放源代码的嵌入式软件，用以构建各类嵌入式系统。同时，提供相关的技术。

目标成为在嵌入式领域中
类似Linux地位的OS

❖ 协会的推进主体

- 由产业界/学术界/政府的团体和个人组成的项目型团体
- 2003年9月注册为非营利组织（NPO）
- 其前身是以名古屋大学（2002年为止丰桥技术科学大学）高田研究室为中心的非正式组织开展活动

❖ TRON

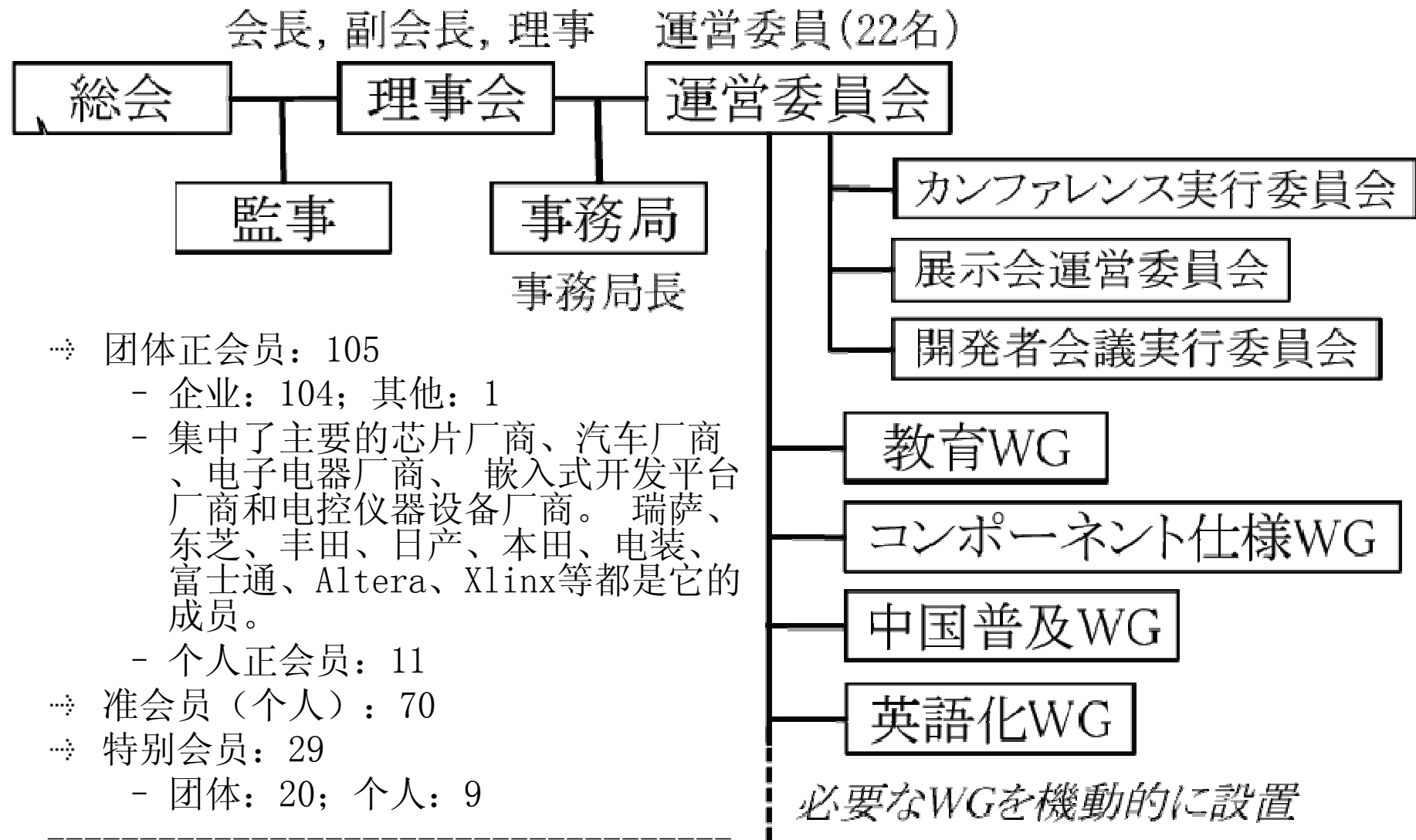
– TRON项目（坂村健<东京大学教授>）制定的嵌入式系统的实时操作系统的标准规格

- 1984年开始
- 1999年发表 μ ITRON4.0规格书
- 2010年作为ITRON规格的标准化团体的TRON协会解散

❖任何人都可以按照此公开规格开发自己的内核

– 按照ITRON规格开发的内核不一定是开源的

❖从1990年代后半起，日本开发的嵌入式系统的30%采用了ITRON内核（日本经济产业部和TRON协会的调查结果）



合计: 215 (2010/10/30)

- ❖ 开发终极版的ITRON规格实时操作系统
 - 减少基于ITRON开发的“过剩投资”和“过多的多样性”
- ❖ 研究新一代的实时操作系统技术
 - 充分满足嵌入式系统的需求，继承 ITRON 技术的优秀特征，进行下一代嵌入式操作系统技术的研究开发
 - 绝不等同于重复开发第二个 Linux!**
 - 通过开放源代码的理念，有效地集合了产业界、学术界、政府等各类团体以及个人的智慧和力量
- ❖ 研究嵌入式系统的开发技术及开发工具
 - 提升嵌入式系统开发的质量和效率
- ❖ 推动嵌入式系统开发人才的培养
 - 利用开放式源代码软件的优势，通过提供教材，进行各种的形式的普及教育，为嵌入式系统开发人员的培养做出贡献

- ❖ TOPPERS工程的任务之一就是开发嵌入式系统的平台
 - ! TOPPERS的第二个“P”就是Platform（平台）的“P”
- ❖ 但TOPPERS并不是开发面向各个领域的系统平台，而是提供构建各应用系统平台所需的组件
 - 作为特例，TOPPERS工程直接参与汽车控制系统的平台
- ❖ 同时，也开发将各种部件组合在一起构建系统平台的技术
 - TECS：面向嵌入式系统的组件系统
- ❖ 积累了众多可以直接应用于产业界的高质量的设计资产

- ❖ TOPPERS/JSP内核 **最初的开发成果**
 - 符合 μ ITRON4.0规格的“Standard Profile”的实时内核
- ❖ TOPPERS/FI4内核 **IPA**
 - 实现了 μ ITRON4.0规格规定的所有功能的实时内核
- ❖ TOPPERS/ATK1内核（汽车内核 Version1）
 - 符合汽车控制系统领域的国际标准OSEK/VDX规格的实时内核
- ❖ TOPPERS/FDMP内核 **IPA**
 - 面向功能分散型多核系统的扩张实时内核
- ❖ TOPPERS/HRP内核 **与JAXA共同开发**
 - 面向高可靠系统扩张了内存保护功能的实时内核
 - 通过了宇宙航空研究开发机构（JAXA）的质量检验

❖ TOPPERS/ASP内核

新一代内核的起点

- 相对于JSP内核，从可靠性/安全性/软件可移植性等方面进行了多种扩张和改良

❖ TOPPERS/FMP

- 以ASP内核为基础进行了多核的扩张

❖ TOPPERS新一代内核的综合规格

- 基于 μ ITRON4.0，为满足近10年来的新的需求而改良/扩张的内核规格
- 正在制定过程中，已经完成了ASP和FMP内核的规格定义

❖ TECS（TOPPERS嵌入式组件系统：TOPPERS Embedded Component System）

- 将各软件模块封装为组件，通过将必要的组件结合在一起，快速构建大规模嵌入式软件的技术（规格和工具）

- ❖ TINET **经济产业部 地方联合体**
 - 符合ITRON TCP/IP API规格的紧凑型IP协议栈。支持IPv6
- ❖ FatFs for TOPPERS
 - 支持FAT12/16/32的文件系统
- ❖ CAN/LIN中间件包 **经济产业部 地方联合体**
 - 支持CAN和LIN的通讯中间件
- ❖ RLL (Remote Link Loader) **IPA**
- ❖ DLM (Dynamic Loading Manager)
 - 上述的两个都是实现动态调用的中间件。但所使用的实现方式不同
- ❖ TLV (TraceLogVisualizer)
 - 实时内核的Trace log的可视化工具

- ❖ 初级开发讲座的教材 **提供中英文版本**
 - 通过动手实践，学习在RTOS上进行嵌入式软件开发的基础
 - 包括讲义、环境设定程序、试验板等
 - 提供中文教材，并于2005/9/20~23在北京软件产业促进中心培训学校开办培训课程
- ❖ 中级开发讲座的教材 **提供中文版本**
 - RTOS上的网络编程及系统设计手法
- ❖ 基础1开发研修的教材
 - 学习小规模嵌入式系统的开发和RTOS的基础
- ❖ 基础2开发研修的教材
 - RTOS的讲解和Service Call（内核调用）的开发体验
- ❖ 其他
 - TOPPERS版压水车
 - TOPPERS直立行走机器人教材

Consumer Applications



PM-A970 (EPSON)



DO!KARAOKE
(PANASONIC)



IPSiO GX e3300 (Ricoh)



UA-101 (Roland)



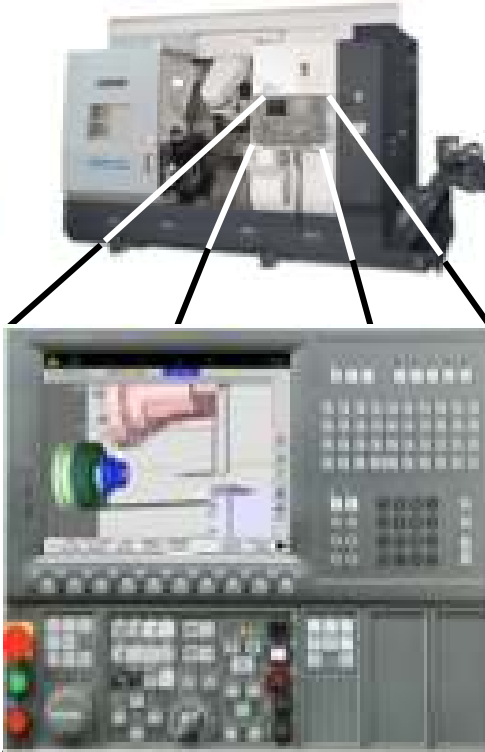
GT-541 (Brother)

Application Example of TOPPERS OS

Industrial and Other Applications



Kizashi (SUZUKI)



OSP-P200 (Okuma)



AP-X (Kyowa
MEDIX)



ASTRO-H (JAXA) ... under development



DP-350 (Daihen)

TOPPERS工程中开发的软件使用各自的软件许可证

❖ 基本出发点

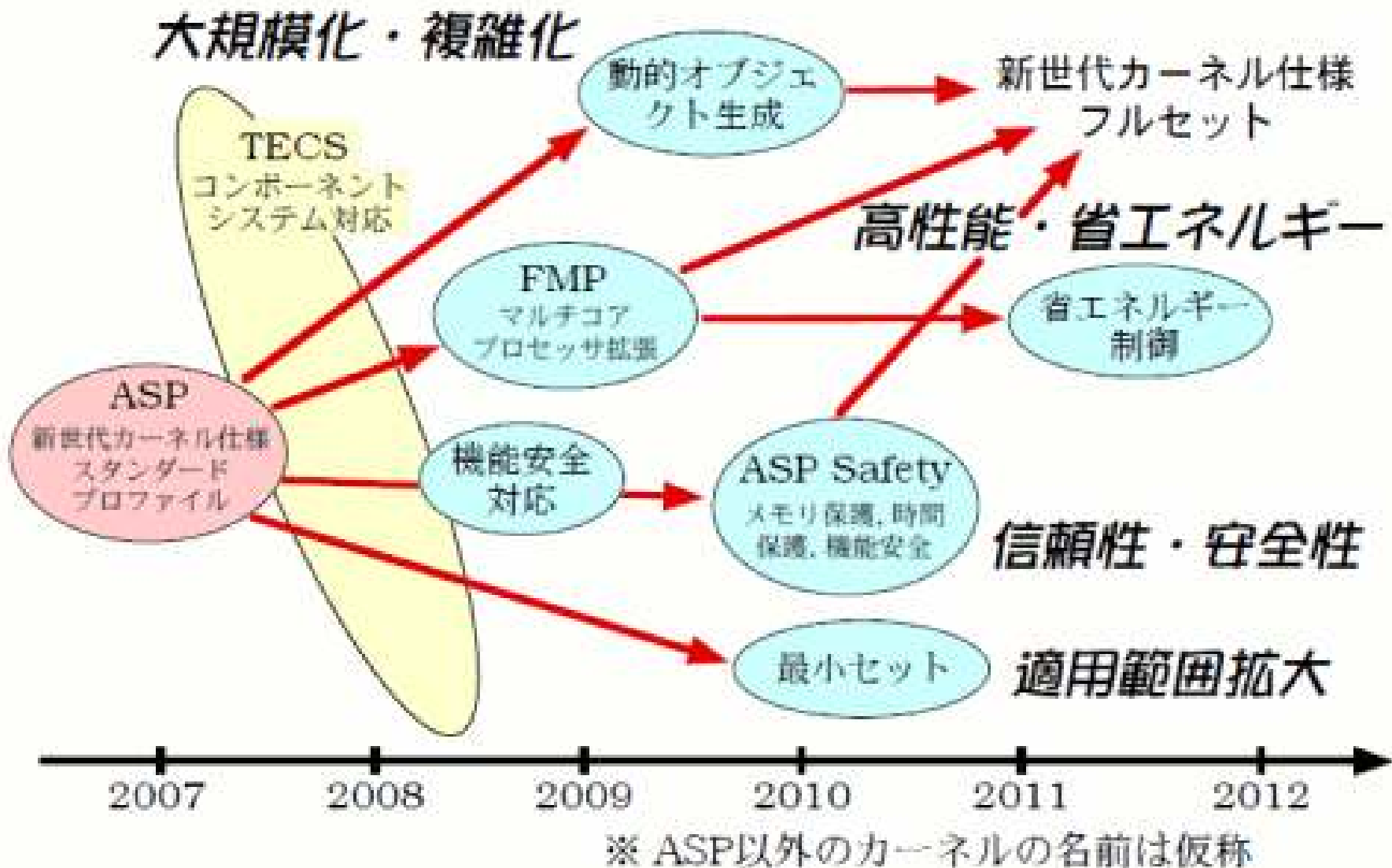
- 考虑嵌入式系统的各方面的要求，提供相对于GNU GPL、BSD等更为开发的许可证条件
- 通过开发成果的实际使用事例，向相关方面证明开发成果对社会的贡献，已获得进一步的开发资金。为此，希望获得在什么领域被如何使用的信息

❖ 许可证的内容

- TOPPERS软件的派生物没有必要作为开放源代码公开（可用于商用目的）
- 在嵌入式设备中使用本软件时，仅需要向TOPPERS协会报告即可

— — **Reportware** — —

- ❖ TOPPERS下一代内核
 - 通过TOPPERS技术讨论会议等进行规格的制定
 - 名古屋大学进行相关的开发工作
- ❖ 面向多核的RTOS和开发工具
 - 以名古屋大学为中心的联合体型研究
- ❖ TOPPERS嵌入式组件系统（TECS: TOPPERS Embedded Component System）
 - TOPPERS组件规格工作组进行相关的扩展和产品化开发
- ❖ TOPPERS的社会公开征集项目
 - 嵌入式系统的USB协议栈的开发
 - 面向嵌入式开发人员的TECS教材的制作
 - 最小功能集内核的开发
- ❖ 功能安全平台



❖ TECS (TOPPERS嵌入式组件系统: TOPPERS Embedded Component System)

- 将各软件模块封装为组件, 通过将必要的组件结合在一起, 快速构建大规模嵌入式软件的技术 (规格和工具)
- 支持多核系统/分散系统的RPC (远程调用: Remote Procedure Call)

❖ 使用组件技术的优点

- 大规模嵌入式软件的内部可见性
 - 通过软件构造的可见性, 系统的可读性/可理解性提高, 能够促进软件有体系的重用
 - 组件间的调用可见化大幅地简化测试, 提高产品的质量
- 提升软件组件的流通性
- 提供分布式框架, 提高分布式系统的开发效率

❖ 软件组件化是必然的趋势

- 促进软件的重用性
- 提高设计的抽象度
- 通用系统的组件技术（如：Windows COM、DCOM）不能适应于嵌入式系统



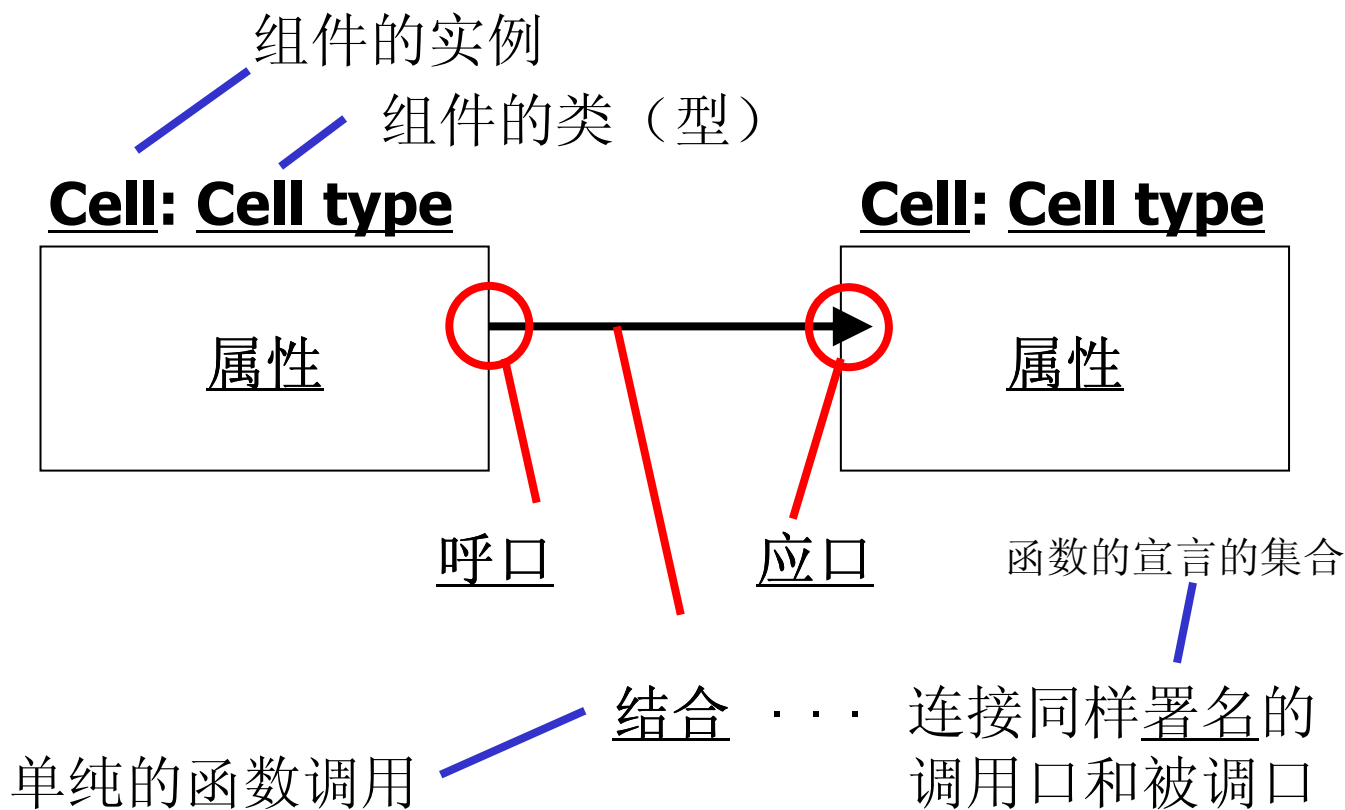
- 催生了面向嵌入式系统的组件技术

❖ 同时期产生了众多的同类技术

- AUTOSAR的框架中，软件是以组件为基础实现
 - 许多方面和TECS有相似性（如：静态生成）
- 其他与TECS类似的技术还有nesC等

- ❖ 通过静态生成优化组件间结合
 - 组件间的静态结合为基本
 - 根据需要使用工具生成组件间的接口（接口生成）
 - 因为overhead小，可以将组件粒度控制得很小
- ❖ 系统内的所有软件作为组件
 - 包括平台也可以使用组件构建
 - 可以对应多种平台（处理器、OS、网络等）
- ❖ 通过工具生成远程调用的组件
 - 使用RPC生成工具，跨越网络生成可进行远程调用的组件

基本的组件模型



! 类似UML中的实例图，但记述的内容更为详细

与（单纯的）软件模块的区别

- ❖ 软件模块：从其他模块中调用的接口也需要清晰地定义，但模块的调用是在程序中直接记述
 - ⇒ 被调模块发生变更时，需要重写调用部分的代码（面向对象语言中，使用虚拟方法调用）
- ❖ **TECS**：被调模块称为应口，调用模块成为呼口。对其他模块的调用是使用呼口名进行调用
 - 呼口和应口间连接的接口程序使用工具生成
 - ⇒ 被调模块发生变化时，仅重写相应组件部分，不需要重写程序

- ❖ **TOPPERS**的开发成果可以从**WEB**上自由下载，欢迎使用
- ❖ 希望参与**TOPPERS**工程的有志之士，愿意为**TOPPERS**活动提供支持的认识，请参加到**TOPPERS**协会中来



HiQOS •• **High Quality Open Source**

TOPPERS工程为嵌入式系统开发提供高质量的
开源软件和教育资源
为嵌入式系统开发提出新的标准

<http://www.toppers.jp/cn/>