

实时分布式软总线 (ZRDDS) 白皮书

目 录

1. 产品概述.....	1
1.1. 产品背景	1
1.2. 产品目标	1
2. 产品介绍	1
2.1. 组成	1
2.2. 产品功能	2
2.2.1. 核心开发库	2
2.2.2. RPC 开发库	11
2.2.3. WEB 开发库	14
2.2.4. 资源受限开发库	15
2.2.5. MATLAB 接入库	17
2.2.6. 安全服务	18
2.2.7. 网关服务	19
2.2.8. IDL 编译器	20
2.3. 性能	21
3. 适用场景	21
3.1. DDS 技术	21
3.2. ZRDDS 产品	22
4. 产品资质	23
5. 产品服务	24

5.1. 深层次的技术支持服务	24
5.2. 面向领域的特色化定制服务	24
5.3. 安全可靠地本地化服务	24
5.4. 响应国内产业变化的及时服务	24
5.5. 同步国际发展的产品升级服务	24
6. 重要应用案例	25
6.1. 雷达信号处理	25
6.2. 船舶指控系统	25
6.3. 航空仿真系统	25

1. 产品概述

1.1. 产品背景

随着物联网 (IoT)、智能制造、自动驾驶和军事应用等领域的快速发展，传统的数据通信协议常常无法满足对低延迟、高吞吐量和可靠性的严格要求。各行业对实时数据交换和高效信息流动的需求日益增长。面对这一挑战，对象管理组织 (OMG) 推出了数据分发服务 (Data Distribution Service, DDS) 规范，旨在为实时分布式系统提供一种标准化的、灵活的数据交换机制。DDS 凭借基于主题的发布/订阅架构、优秀的实时性保证、无中心自动发现协议以及灵活的服务质量 (QoS) 等特点，在各个行业得到了广泛应用和验证。

1.2. 产品目标

实时分布式软总线是自主研发的一款完整实现 OMG DDS 系列规范的通信中间件产品 (简称 ZRDDS 产品)，向客户提供标准、易用、高效、可靠的面向分布式系统的数据传输服务，为创造数据互联的新世界提供可行解决方案。

2. 产品介绍

2.1. 组成

ZRDDS 产品的软件架构及其组成图参见图 1，其中灰色部分为 ZRDDS 产品包含的范围，介于 OS+协议栈之上、业务应用之下，主

要包括：中间件以及配套的工具与服务两个层级。

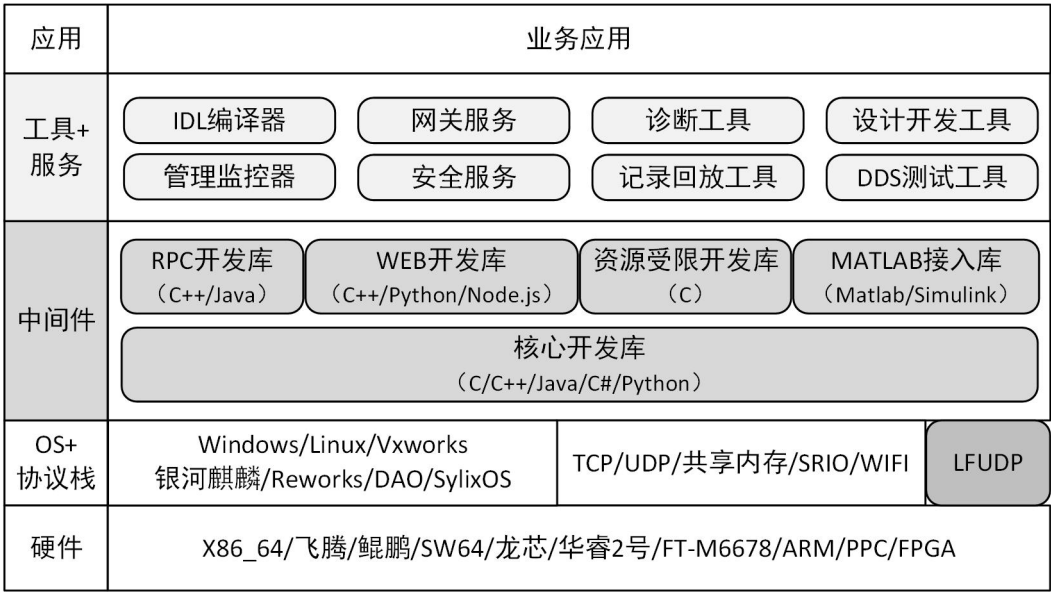


图 1. ZRDDS 产品架构及其组成图

2.2. 产品功能

2.2.1. 核心开发库

2.2.1.1. 实现 DDS 规范

核心开发库提供 OMG DDS V1.2 规范的完整实现，具体包括以下功能：

- (1) 模型：基于主题的发布/订阅通信模型，提供松耦合的系统通信描述方式，通过构建“全局数据空间”进行系统应用间的松耦合通信，如图 2 所示；
- (2) 接口：30+概念、190+方法、30+数据类型，基于相同的接口模型提供包括 C/C++/Java/C#/Python 开发语言支持；

(3) QoS: 22+种标准 QoS 实现;

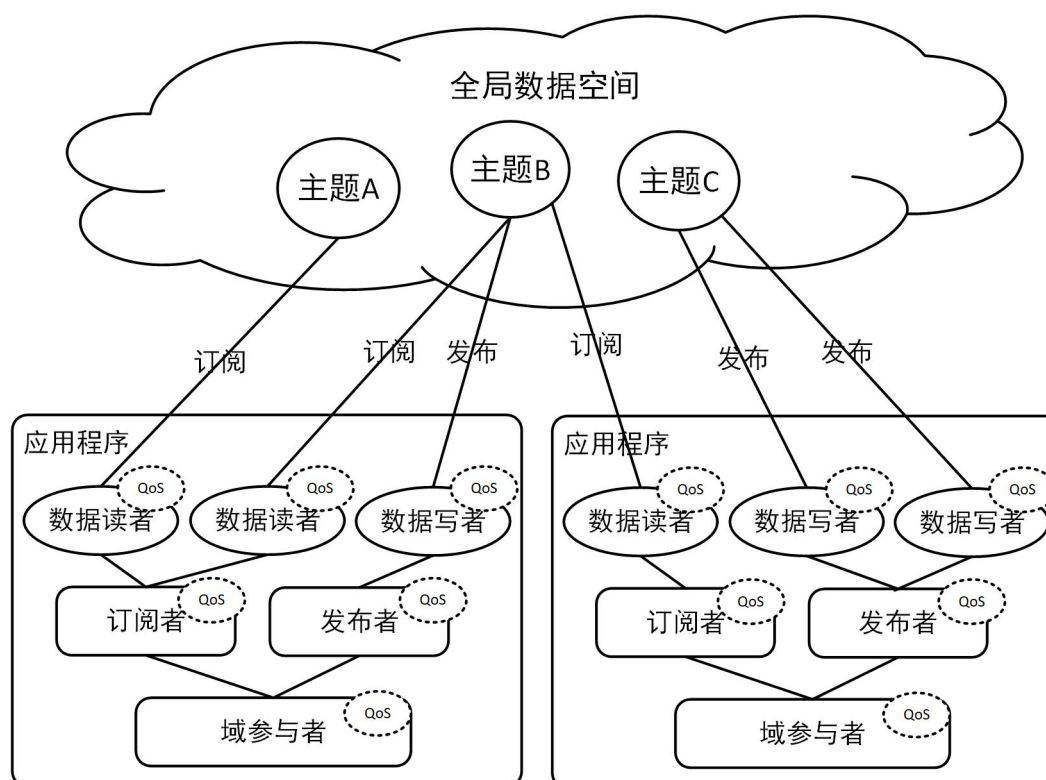


图 2. 全局数据空间示意图

2.2.1.2. 实现 RTPS 规范

核心开发库提供 OMG DDSI-RTPS V2.1 规范的完整实现，一方面通过在运行时通过自动发现协议完成基于主题的发布/订阅（逻辑化的描述）到物理通信地址（例如：IP 地址+端口）的映射，提供应用间松耦合通信的关键技术，如图 3 所示，DDS 使得用户的通信设计变得非常简单，只需要描述本身对数据的需求以及能力，与其他应用之间建立关联的过程延迟到运行时自动完成；另一方面通过实现该规范实现与 RTI Connnext DDS、FastDDS、OpenDDS 的互联互通，具体包括：

- (1) 报文结构：10+子消息，辅助完成状态通知、数据传输、确认重传等；
- (2) 报文交互：Stateless+Stateful 模式的交互逻辑完整实现；
- (3) 发现协议：纯分布式的 SPDP、SEDP 自动发现协议；

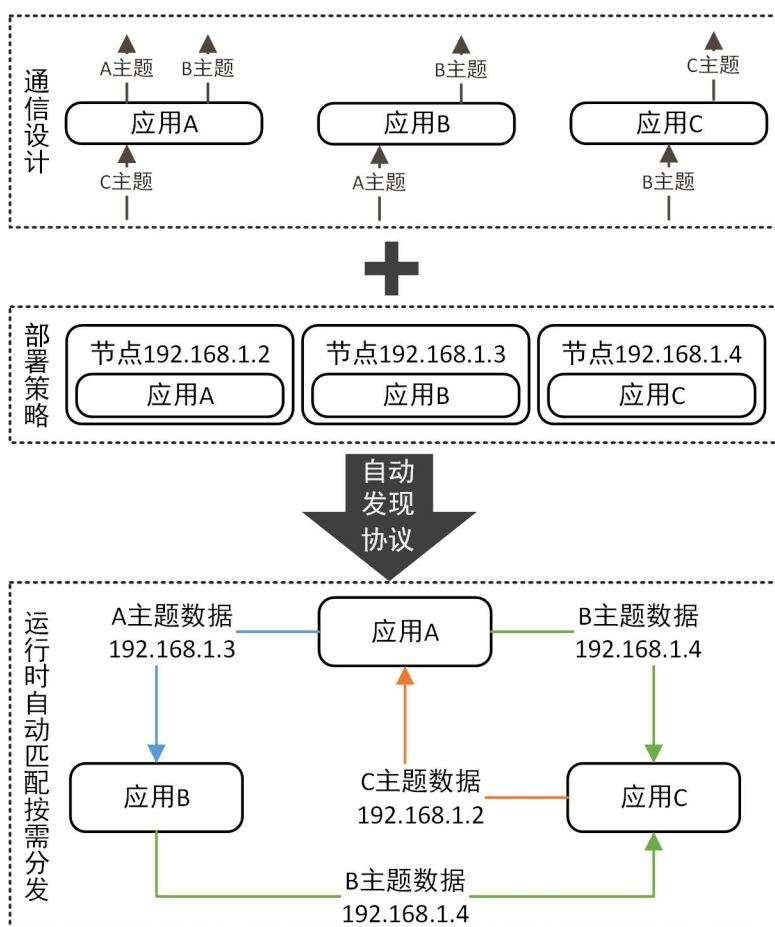


图 3. 运行时自动匹配并按需分发

2.2.1.3. 实现 DDS-XTypes 规范

核心开发库提供 OMG DDS-XTypes V1.2 规范，使用接口定义语言（Interface Definition Language, IDL）提供统一的数据描述模型，支持复杂数据类型的建模能力，支持数据类型的迭代演进，对主

题数据进行前向兼容，如图 4 所示，配合 IDL 编译器工具自动映射成不同语言的实现，提供类型安全的开发接口；此外 ZRDDS 采用高效的二进制编码方式 CDR 进行用户数据封装。

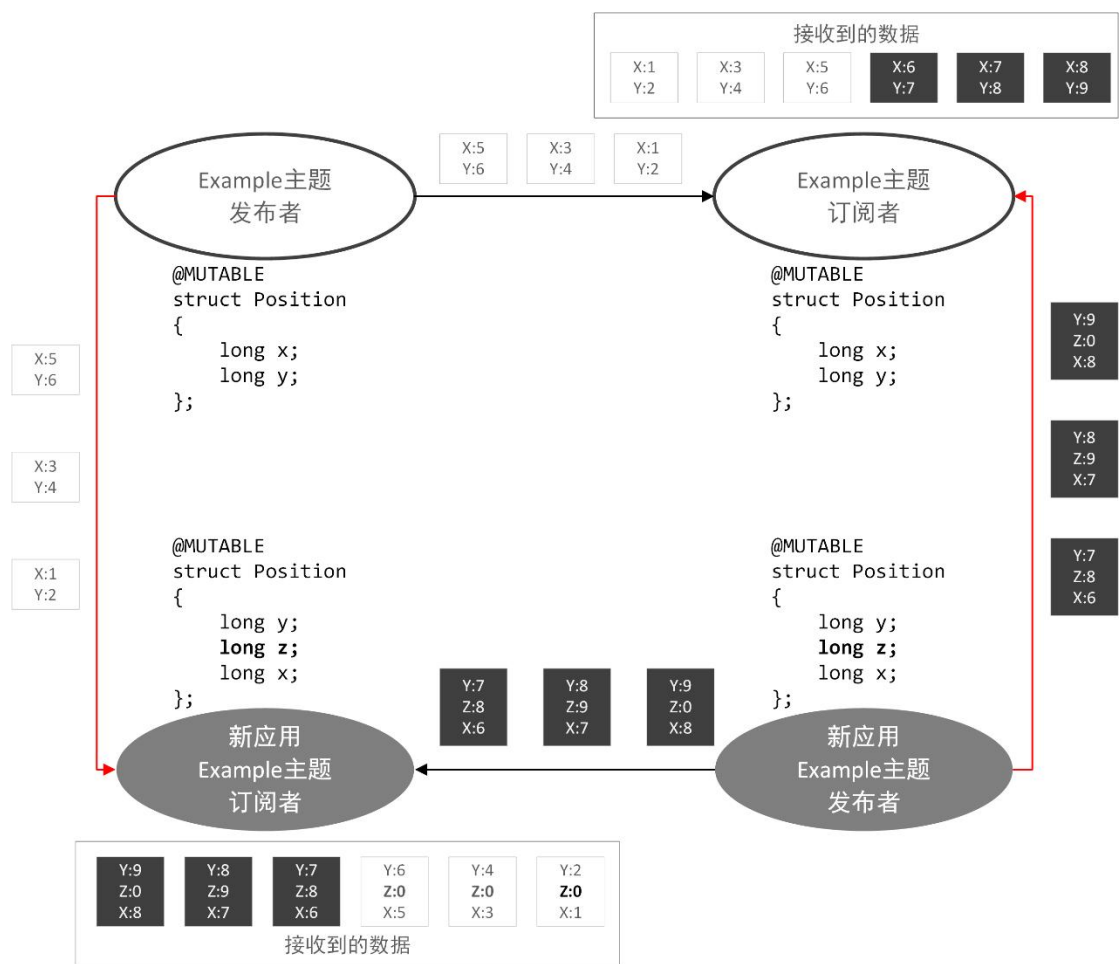


图 4. IDL 数据的前向兼容示意图

2.2.1.4. 异构平台适配

ZRDDS 当前适配多种处理器、操作系统、编译器，在适配过的平台上可使用统一的 DDS 接口进行数据传输而无需关注底层操作系统和通信协议的细节，详细列表参见表 1。

表 1. ZRDDS 核心开发库适配的平台列表

CPU 架构	CPU 类型	操作系统	版本	编译器
X86_64	Intel/AMD	Windows	WindowsXP 及以上	Visual Studio 2008+ MinGW4.4 及以上
			Windows Server 2008 及以上	Visual Studio 2008+ MinGW4.4 及以上
		Linux	Ubuntu12.04 及以上	GCC4.8.4 及以上
			CentOS7 及以上	
			湖南麒麟	GCC4.8.5
			银河麒麟 4.0.2	GCC5.4.0
		VxWorks	6.6/6.8	PENTIUM3/4gnu
			6.9	NEHALEMdiab
		SylixOS	3.9.10	x86_64-sylixos-elf-gcc-4.9.3
ARM	FT1500	Linux	4.0.2	GCC5.4.0
	FT2000+		银河麒麟 V10	GCC9.3.0

	FT	DAO	6.1.4	armGnu4.3.3le
			6.2	llvm-12.0.1
	Cortex-A72	Linux	定制版本	GCC10.2.0
	鲲鹏 920	Linux	Ubuntu18.04	GCC7.3.0
	FT6678	ReWorks	2.1	C6000
MIPS64	Loongson-3A	Linux	中标麒麟 7.0	GCC4.9.3
	华睿 2 号	VxWorks	6.8	MIPS64diablib_SMP
		翼辉	3.9.10	mips64-hrsylixos-toolchain
PowerPC		VxWorks	6.8	PPC32gnu_SMP
Alpha	SW64	Linux		sw_64sw6b-sunway-linux-gnu

ZRDDS 适配多种通信协议，详细参见表 2。

表 2. ZRDDS 适配的通信协议

CPU 类型	操作系统	通信协议
Intel/AMD	Windows	以太网(0.1/1/10/40/100G)、共享内存
	Linux	以太网、共享内存、RapidIO、RDMA

	VxWorks	以太网、共享内存、RapidIO
	SylixOS	以太网、共享内存、RapidIO
FT1500	Linux	以太网、共享内存、RapidIO
FT2000+		
FT	DAO	以太网、共享内存
Cortex-A72	Linux	以太网、共享内存
鲲鹏 920	Linux	以太网、共享内存、RDMA
FT6678	ReWorks	以太网、RapidIO
Loongson-3A	Linux	以太网、共享内存
华睿 2 号	VxWorks	以太网、共享内存、RapidIO
	翼辉	
PowerPC	VxWorks	以太网、共享内存、RapidIO
SW64	Linux	以太网、共享内存

2.2.1.5. 优势

2.2.1.5.1. 标准、灵活、简洁的开发接口

ZRDDS 针对不同场景提供不同的接口模式，包括：

- (1) 标准模式，实现 DDS 规范标准接口，可零代码替换不同厂商的 DDS 产品；

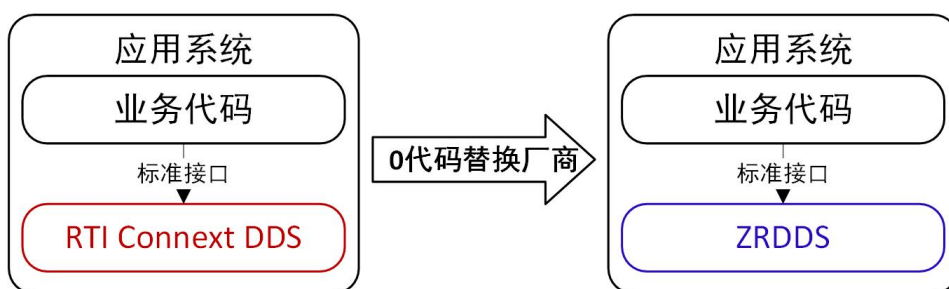


图 5. 标准模式接口

- (2) 扩展模式，基于 XML 配置文件配置 QoS，增加程序的灵活性；

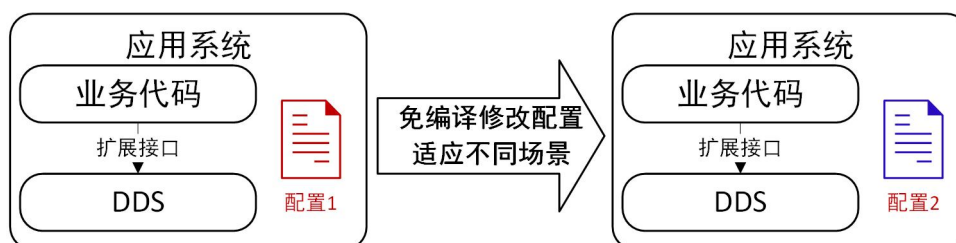


图 6. 扩展模式接口

- (3) 极简模式，简化标准接口，降低 DDS 使用曲线，通过 10 个接口完成 80%场景的覆盖；

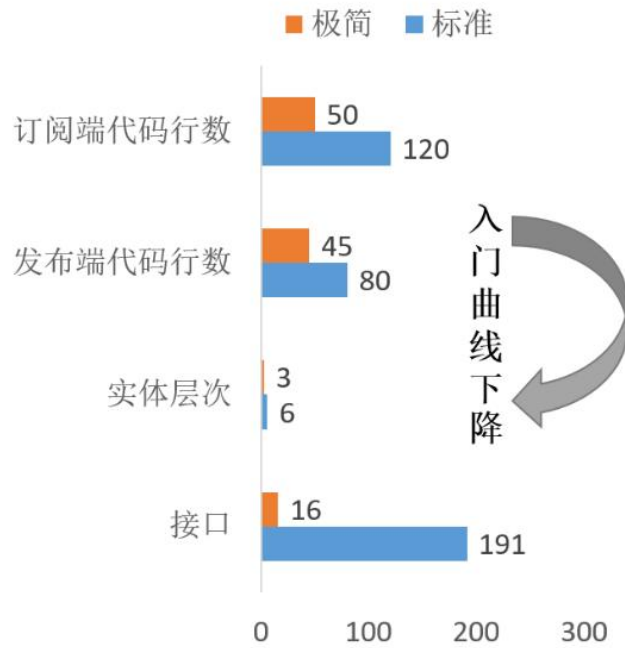


图 7. 极简模式接口

2.2.1.5.2. 实用的 QoS 扩展

ZRDDS 除了标准的 22 种 QoS 以外，还基于应用实际需求扩展了 15+种 QoS 配置，以适应实际应用的需求，例如：

- (1) 传输地址配置，用于配置底层使用何种通信协议进行数据传输；
- (2) 线程依附性策略，用于高性能场景下内部线程绑核以降低抖动；
- (3) 报文统计策略，用于发布自身的统计信息以便其他子系统（例如：管理监控器）订阅这些信息进行故障排查；



图 8. ZRDDS 的 QoS 扩展

2.2.1.5.3. 轻量的资源占用

针对动态运行库大小、1 对 1 场景内存占用、1 对 1 CPU 占用以及 1 对多内存占用等典型场景资源占用的性能表现, 经测试评估表明 ZRDDS 产品对比于开源产品 OpenDDS、FastDDS 以及商用的 RTI Connexx DDS 均有明显的优势。

2.2.1.5.4. 优化的传输性能

通过国内权威测评机构 DDS 产品性能比测, ZRDDS 的综合性能处于国内领先水平。

2.2.2. RPC 开发库

为更好的支持业务应用, ZRDDS 在核心开发库 (提供发布/订阅模式, 适用于单向通信, 即发送方仅发送数据不关注接收方的响应) 的基础上参考 OMG DDS-RPC 规范, 扩展了远程过程调用模式

(Remote Procedure Call, RPC)。RPC 适用于双向通信的场景，即通信双方均需要发送和接口数据，且通常为一来一回的模式，ZRRDS 产品的 RPC 开发库提供两种 RPC 模式。

2.2.2.1. 请求响应模式

请求响应模式基于数据媒介，请求端发送请求数据、响应端发送响应数据。

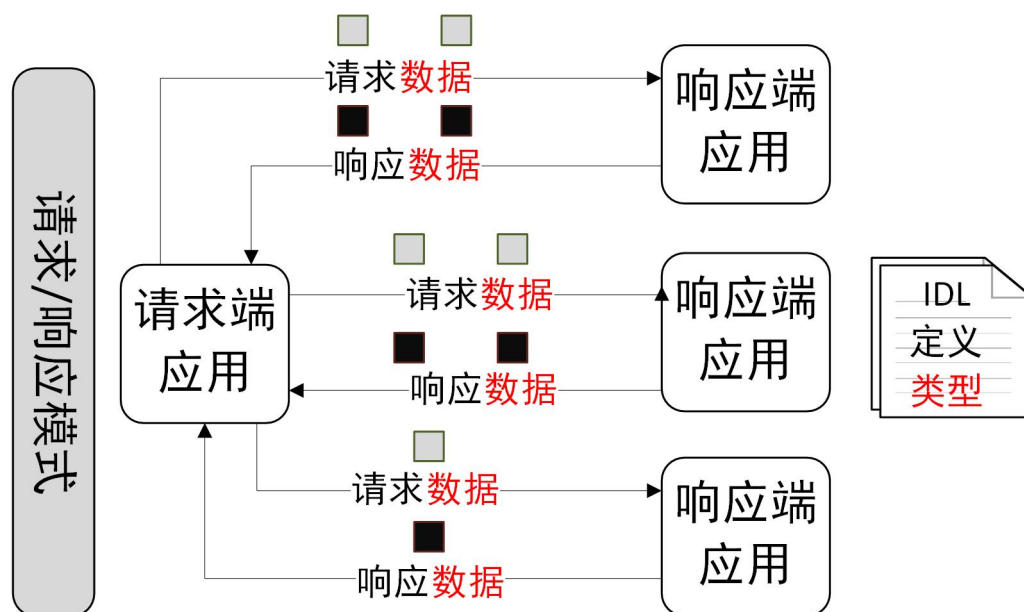


图 9. 请求响应模式

2.2.2.2. 函数调用模式

函数调用模式使用函数（功能、方法）的形式来描述服务，请求端调用某个函数（功能），响应端实现函数（功能）返回值。

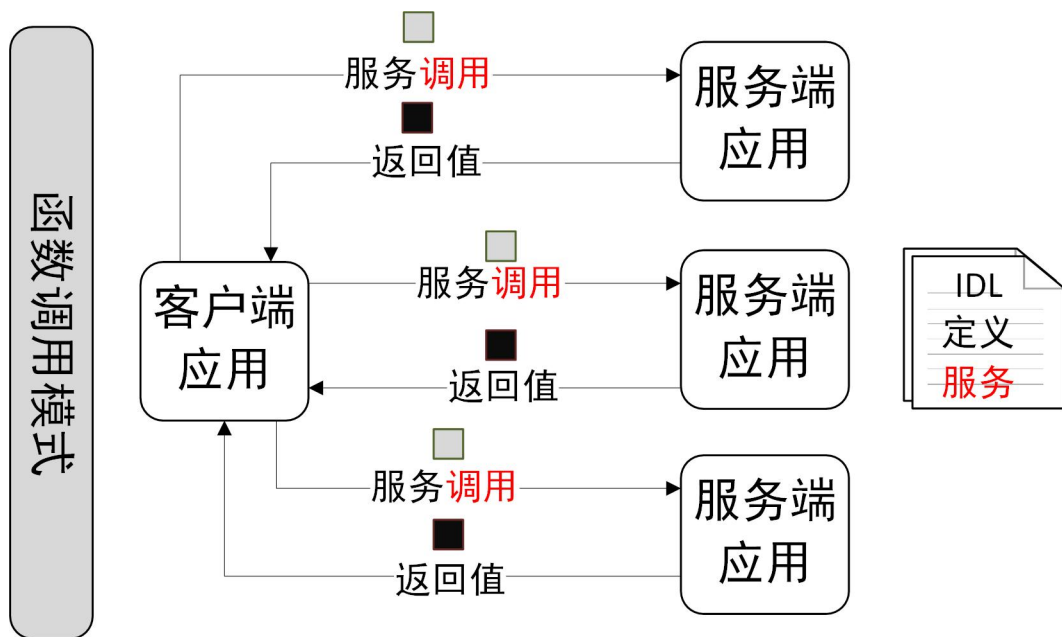


图 10. 函数调用模式

2.2.2.3. 优势

使用 DDS-RPC 对比于其他 RPC 技术有以下的好处：

- (1) DDS 的主题数据通过 IDL 来描述, 而 IDL 同样适合于需要平台无关的语言来描述服务 (接口、函数), 两者可以使用相同的建模语言;
- (2) DDS 本身已经将系统中的数据按照主题的方式逻辑化, 进行应用与硬件的解耦, 非常适合将系统功能“服务化”的需求, 并且 DDS 的自动发现机制可以轻易解决服务定位的需求;
- (3) 使用 DDS 实现 RPC 可以将 DDS 本身的优良的特性传递给 RPC 通信模式, 包括:

- a. 异构屏蔽，支持异构平台（操作系统、通信协议）以及异构编程语言的特性；
 - b. QoS 的配置，支持在 RPC 时配置各种不同的 QoS；
 - c. 安全性，可以复用底层 DDS 的安全策略进行：身份验证、访问控制以及数据加密等安全性功能；
 - d. 互操作性，由于标准规范的存在，替换不同厂家的 RPC 开发库或者 DDS 库的代价极低；
- (4) 实时性高，基于 DDS 通信的实时性得到保证；
- (5) 使用 DDS 实现 RPC 使得一个项目里面仅需要采用一种技术即可完成多种通信模式，降低项目依赖以及复杂度。

2.2.3. WEB 开发库

ZRDDS 参考 OMG DDS-WEB 规范，提供通过 RESTFUL 范式接入 DDS 实时系统，提供 Python、Node.js 等后端开发语言用于后端接入，提供 DDS 请求服务器使得可以通过前端 HTTP 接入实时系统，如图 11 所示。

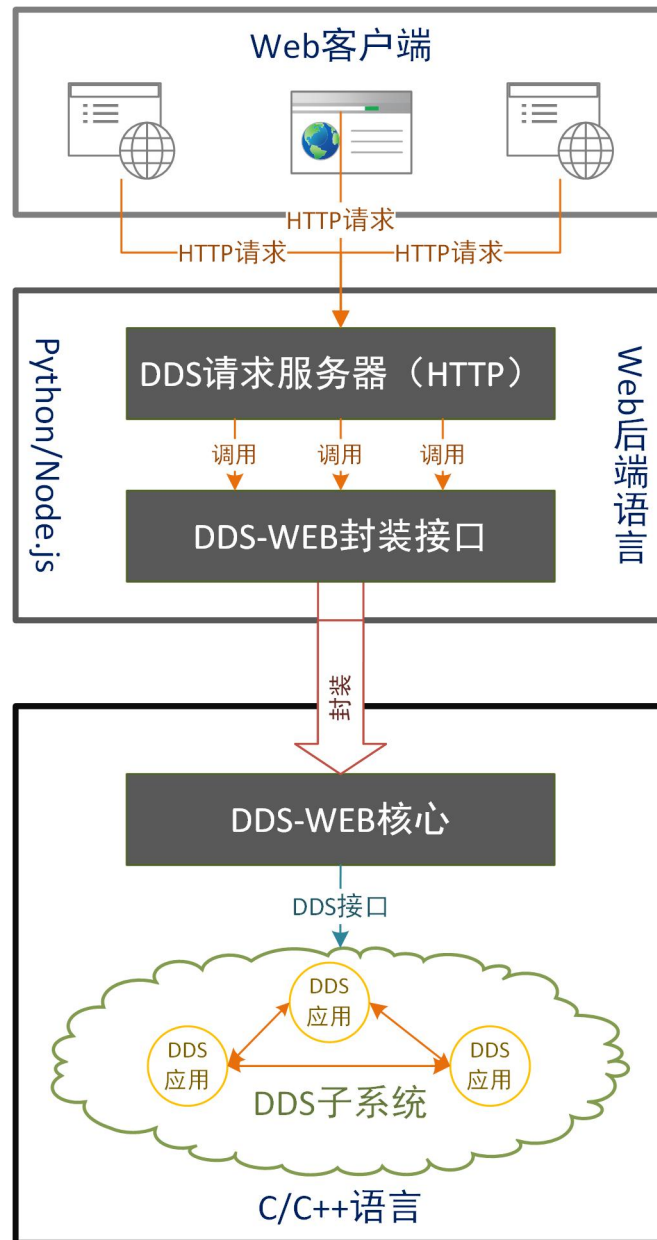


图 11. WEB 开发库架构

2.2.4. 资源受限开发库

DDS 本身具备了强大的接入和扩展能力，但是由于 DDS 是针对通用平台设计的通信解决方案，常规的 DDS 应用功能比较庞大，需要支持各类动态运行的特性，其在资源使用方面的考虑较少。在实践中，DDS 产品也通常不适合在资源受限的嵌入式、裸机环境下运行。

ZRDDS 实现 OMG 专门为资源极度受限的环境设计的 DDS 接入方案 DDS-XRCE。目标是使 DDS 能够在低功耗、低成本的单片机、物联网设备和其他低端设备上运行。XRCE 通过一个极小的客户端作为终端设备的接入接口, 通过 XRCE 协议与上级设备中运行的代理程序通信, 再经由代理执行 DDS 相关操作, 并将结果反馈到终端设备。

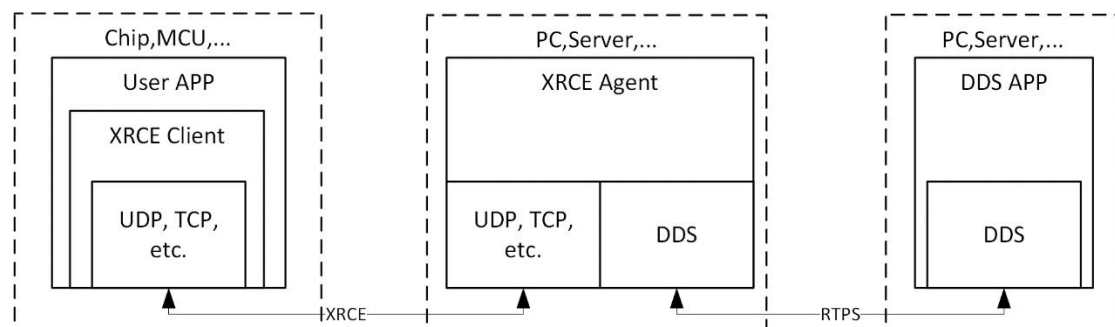


图 12. DDS-XRCE 架构

ZRDDS-XRCE 的客户端支持以下特性:

- (1) 极小体积的客户端 (<100KB);
- (2) 完全可控的内存分配, 客户端库不申请任何内存, 用户最低提供 20KB 即可;
- (3) 支持极窄网络带宽 (已测试 19.2Kbps);
- (4) 支持单任务环境运行 (FreeRTOS、无 OS);
- (5) 支持扩展传输接口 (CAN/LIN/FlexRay);
- (6) 支持发布/订阅任意自定义类型;
- (7) QoS 支持。

2.2.5. MATLAB 接入库

2.2.5.1. ZRDDSMex

ZRDDS 提供 MATLAB 开发接口接入到 DDS 通信网络，辅助完成数字模型与实物模型的数据互通，具备低性能损耗的同时，支持自定义的数据类型。

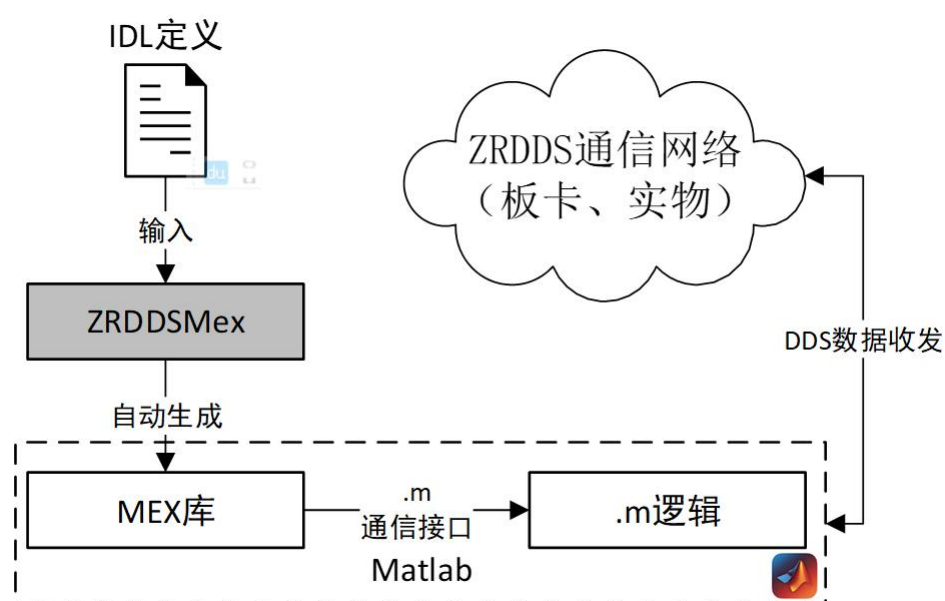


图 13. ZRDDSMex 示意图

2.2.5.2. ZRDDSBlock

ZRDDS 还提供 ZRDDSBlock 用于将 SIMULINK 模型接入到 DDS 网络，ZRDDSBlock 具备可配置性高、使用简便的特点。

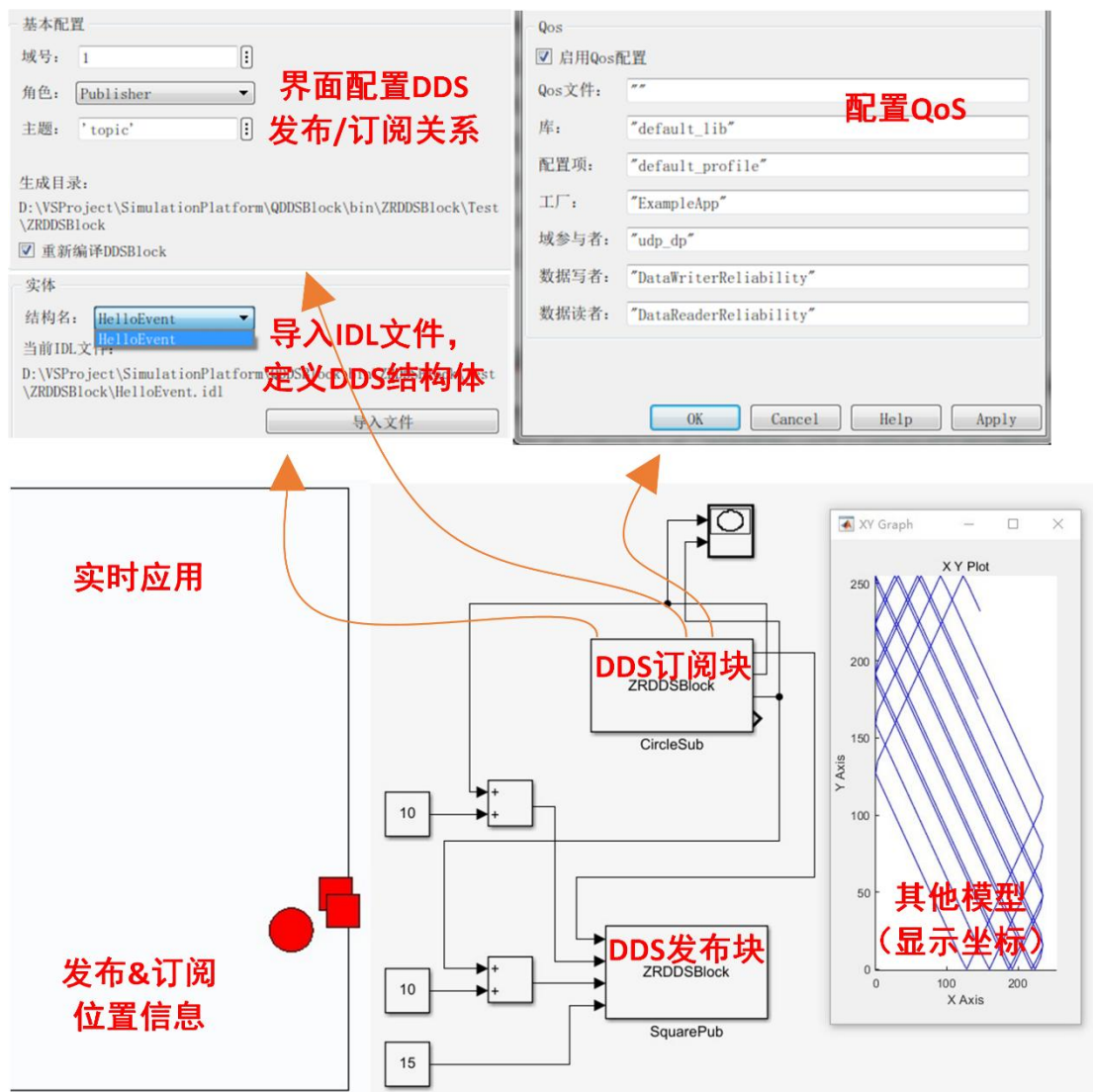


图 14. ZRDDSBlock 使用示意图

2.2.6. 安全服务

为了在开放式架构中从多维度保护业务数据, ZRDDS 参考 OMG DDS Security 规范, 实现安全框架并提供 3 个内置插件, 包括: 身份验证、访问控制以及数据加密, 其主要内容如图 15 所示。

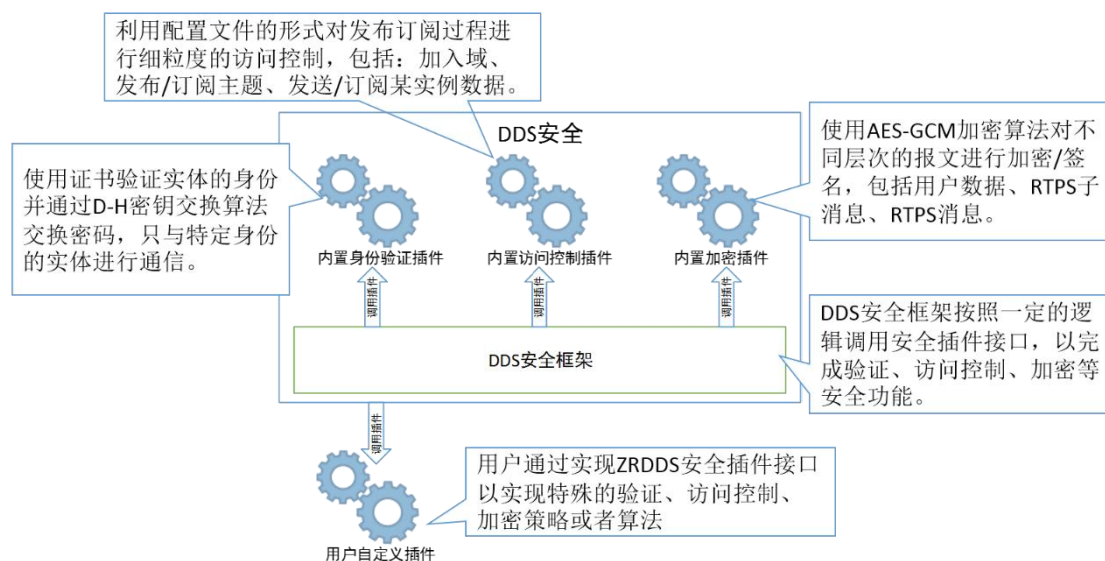


图 15. ZRDDS 安全服务

ZRDDS 提供的安全服务具备以下优势：

- (1) DDS 安全服务不依赖于底层传输协议的任何特性，例如：IPSec、TLS/SSL；
- (2) DDS 提供更细粒度的安全配置，在相同的信道上能够传输不同安全配置的主题数据；
- (3) 支持二次开发，用户可以基于安全框架提供的接口集成自身的验证、加密算法。

2.2.7. 网关服务

DDS 默认的传输场景是参与通信的端点之间点对点能够通信，且 SPDP 协议强依赖于 UDP 组播的能力，这对 DDS 的使用场景产生了比较大的限制，ZRDDS 为突破这些限制提供网关服务，用于：

- (1) 扩展无组播支持的网络环境，采用集中式主题发现的方式后再进行点对点的业务主题数据按需分发；
- (2) 扩展无法点对点通信的网络环境（例如：跨网段、广域网等场景），网关服务用于集中式的自动发现以及主题数据的按需转发；
- (3) 构建层次化网络，连接多个 DDS 子网络。

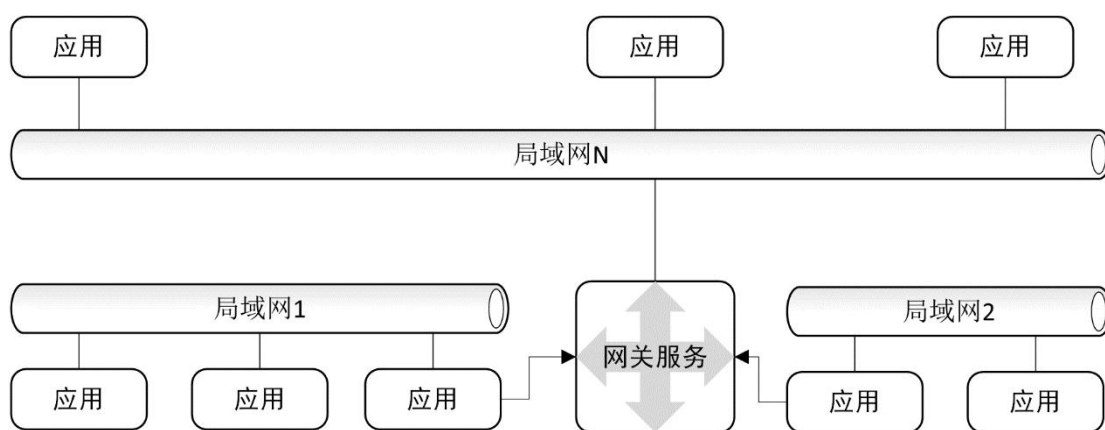


图 16. 网关服务功能示意

2.2.8. IDL 编译器

ZRDDS 产品提供 IDL 编译器，将平台无关的类型描述转化为不同编程语言的实现并生成代码示例、工程配置等，支持核心开发库以及 RPC 开发库多种模式。

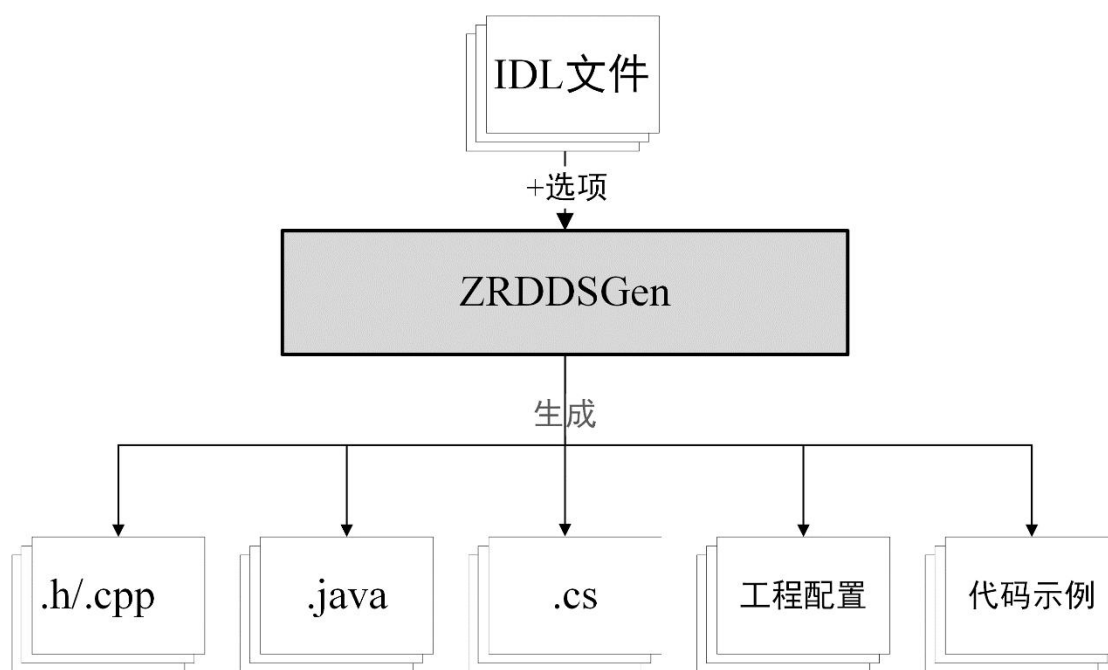


图 17. IDL 编译器功能示意图

2.3. 性能

ZRDDS 通过高效设计、多核/多径传输、零拷贝等性能优化机制，达到国内领先的传输性能，在多种平台上的详细性能数据表，可联系我们获取。

3. 适用场景

3.1. DDS 技术

考虑以下几个问题，如果有 3 个问题的答案为“是”时，可以考虑在系统中使用 DDS 技术。

- (1) 是否在寻找一种开放式的架构，能够使得系统中的应用与硬件解耦、应用与应用之间解耦？

- (2) 系统中是否存在多源实时数据的传输需求，并且能够实现按需分发？
- (3) 是否在寻找一种标准化的通信接口数据总线，能够简化系统集成且不被供应商绑定？
- (4) 是否在寻找一种纯分布式的点对点通信工具，能够达到最小理论传输延迟？
- (5) 是否在寻找一种支持多种通信协议、支持多种通信模式、支持多语言的通信工具？
- (6) 是否在寻找一种跨平台、多协议的通信工具？
- (7) 系统中的数据是否具备多种不同的传输需求，比如：可靠性、持久化等？
- (8) 是否在寻找一种提供数据安全并且对底层协议依赖不强的传输工具？
- (9) 是否在寻找一种在各个行业被验证过的数据传输技术？

3.2. ZRDDS 产品

在考虑采用 DDS 技术的前提下，有以下需求时可以考虑使用 ZRDDS 产品。

- (1) 能够提供遵循标准规范的产品；

- (2) 能够提供多样的 DDS 服务，以满足更多的应用场景；
- (3) 产品对国产化平台有全面的支持；
- (4) 拥有较强的可定制能力，能够针对实际场景对 DDS 进行裁剪定制；
- (5) 具备较高的传输性能以及较低的资源消耗；
- (6) 能够提供丰富的配套工具，辅助设计开发、联调；
- (7) 拥有在行业成功的经验，提供使用 DDS 的专业化方案；
- (8) 拥有完全自主知识产权；
- (9) 具备本土化服务能力，资质齐全。

4. 产品资质

序号	资质
1	发明专利 8 项
2	软件著作权 31 项
3	南京市新兴产业重点推广应用新产品
4	“腾云驾数”优秀软件产品
5	工业和信息化部电子第五研究所（中国赛宝实验室）自主安全可控测试结果为代码自主率 100%

5. 产品服务

5.1. 深层次的技术支持服务

我们拥有完全自主知识产权的实时分布式软总线，同时拥有一支能够独立开发中间件的技术队伍，我们能够根据用户的要求，对分布式软总线进行能力扩充或裁剪。

5.2. 面向领域的特色化定制服务

我们能够深入用户所在领域，针对领域特点，提供特色化定制服务。无论是行业通信方式的独特性还是行业系统架构的特殊性，我们都能够针对行业特点，进行适应领域的定制。

5.3. 安全可靠地本地化服务

我们能够响应顾客的要求，提供驻场人员进行本地化的开发与维护。立足顾客系统实际运行场景，提供安全可靠的技术服务。

5.4. 响应国内产业变化的及时服务

我们能够跟随国内产业的变化，顺应软件国有化趋势，针对国产设备、操作系统、通信介质、数据库等作出适配和适应性调整及优化，及时满足用户需要。

5.5. 同步国际发展的产品升级服务

伴随着技术的升级和进步，我们能够组织研发人员进行研发，紧

跟国际先进技术，对产品的功能和性能进行优化。用户能够随时通过产品的升级，保证使用的产品紧跟国际发展。

6. 重要应用案例

6.1. 雷达信号处理

在雷达信号处理中，适配多款国产化平台，在以太网、SRIO、40G 高速以太网等异构平台的环境下，提供低延迟、高通量的可靠数据传输服务。

客户评价：使用 DDS 能够在不同平台上通过统一的接口使用异构通信协议完成通信，使得雷达工程师能够专注于雷达业务。

6.2. 船舶指控系统

在船舶指控系统中，使用 DDS 进行大规模系统松耦合集成，最大规模包括：60+物理节点、1000+应用程序、数千个主题多对多分发。

客户评价：DDS 是我们系统的关键部件，用于不同子系统之间松耦合交互数据，使用 DDS 降低了系统集成的工作量和难度。

6.3. 航空仿真系统

采用 DDS 作为 LVC 仿真的底层通信中间件，使得组件之间具备松耦合、接口标准化等特性。

客户评价：使用 DDS 架构及工具使得我们组件间联调的时间从原来的月级缩减到周级。



南京臻融科技有限公司

地址：南京市江宁开发区将军大道迎翠路丽宁科研楼11层

电话：025-52106986

官网：<http://www.zrtechnology.com>