

可将电功率好的FPGA处理引进机器人符合ROS标准的组件

大川猛 (宇都宫大学 研究生院工学研究科信息系统科学专业 助理教授)



研究的背景与目的



电功率高的FPGA (Field Programmable Gate Array)

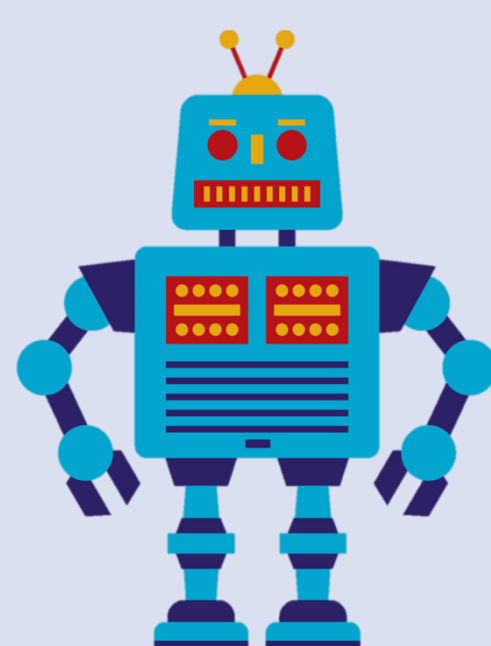
展现广阔的应用前景

- 图像识别处理 (神经网络)
- 安全 (加密、网络数据包)
- 大数据处理 (数据压缩、挖掘)

将FPGA引进机器人的课题

设计生产效率低 = 开发FPGA困难

- HDL或者回路化前提的C语言
- 编译时间长
- 软件协调、网络连接



ROS (Robot Operating System)

在Linux运行的机器人软件开发环境

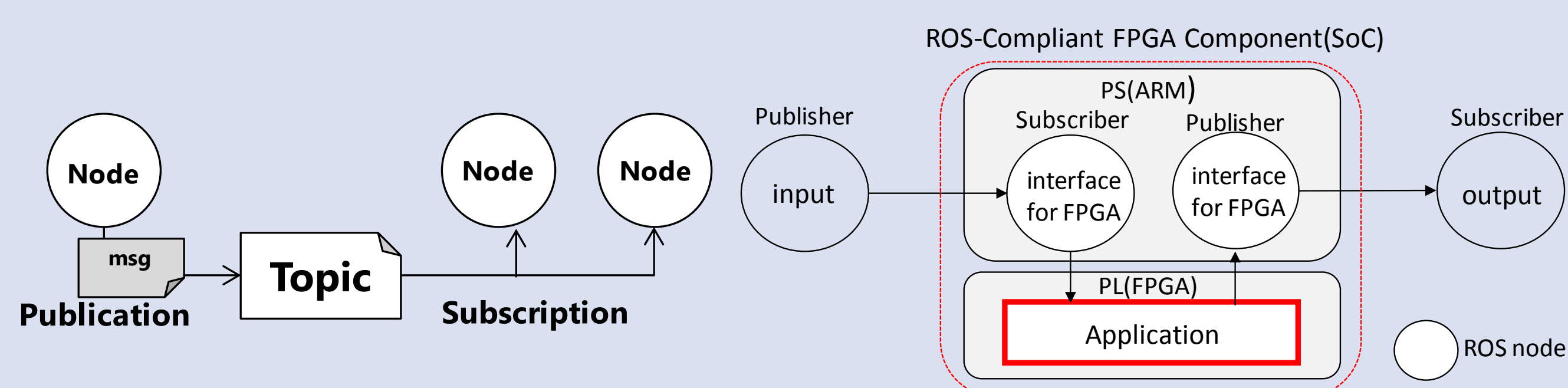
- 多个部件 (节点) 进行分散处理
 - 以开放源代码提供众多部件
- 智能机器人的世界开发标准

开发将FPGA作为符合ROS标准的组件使用的技术

提案1: 使用了可编程SoC (ARM+FPGA) 的ROS组件

原理:

包括FPGA在内, 实现与软件功能相同 (输入、输出) 的ROS节点



ROS的通信模型

组件构成

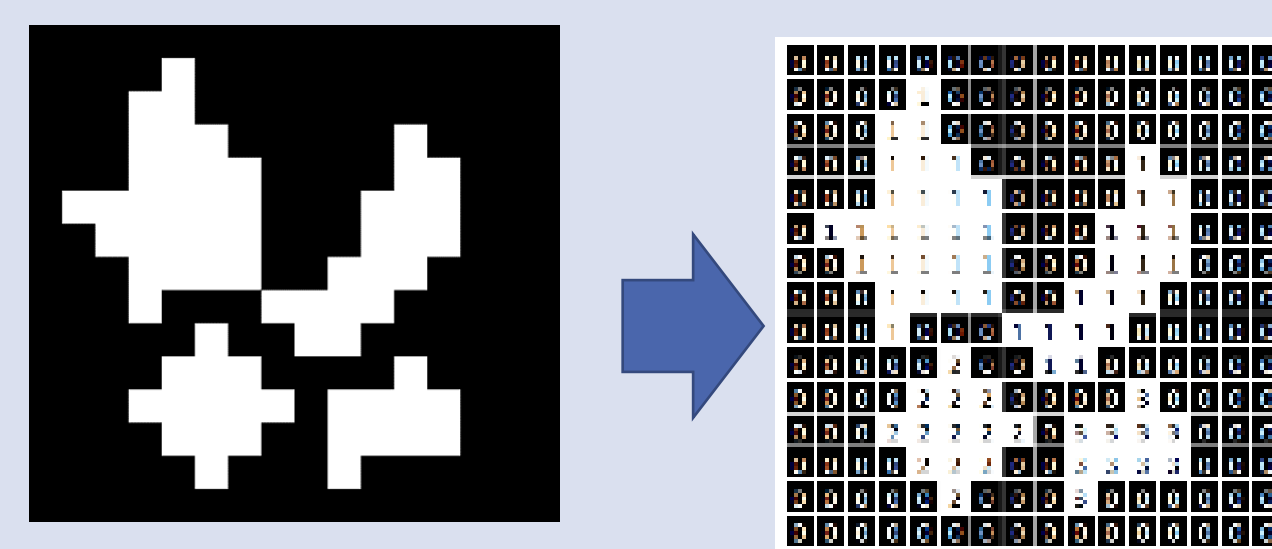
组件事例:

图像处理标签ROS组件



目标: Xilinx公司Zynq ARM处理器+FPGA单芯片化

→ 图像标签处理将FPGA回路作为ROS节点封装



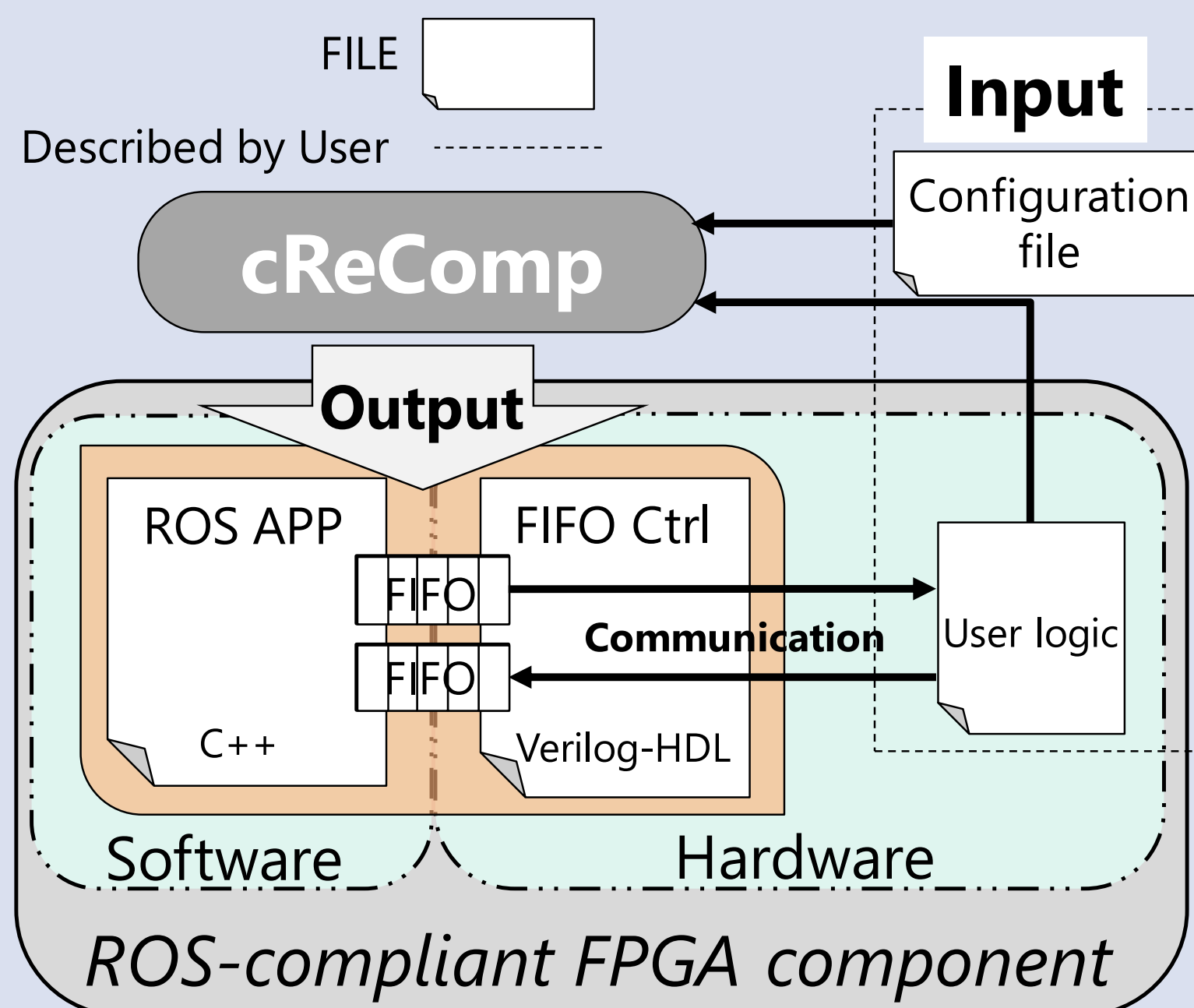
标签的FPGA处理

1个像素1个时钟处理
→ 比ARM约26倍高速化

分辨率: 1920 × 1080
ARM: Cortex-A9 666Mhz
FPGA: Zynq-7020
PC: Core i7 870 2.93GHz

提高设计生产效率:

自动生成符合ROS标准的FPGA组件
在GitHub上公开工具 (cReComp)



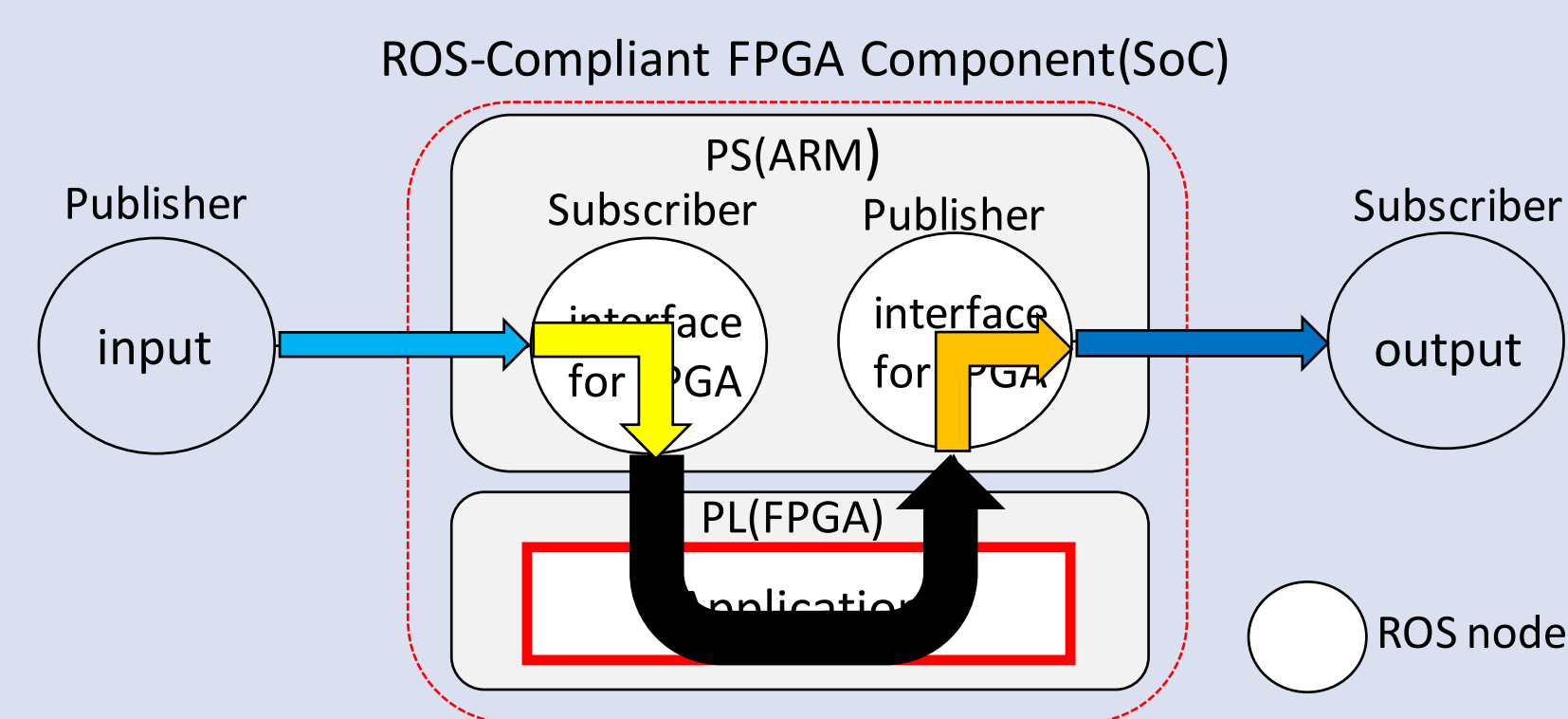
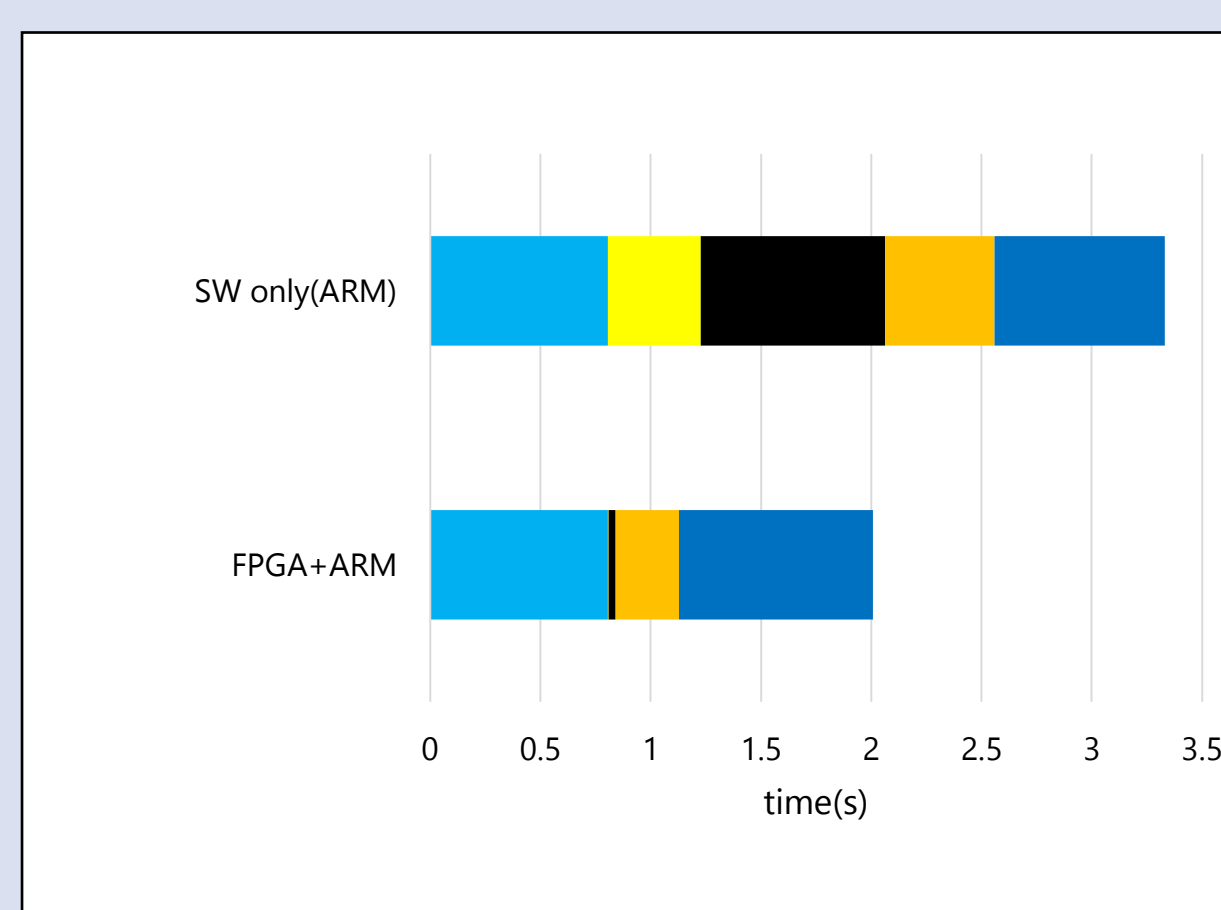
输入

- HDL记述
- 设置文件

输出

- 可构建的ROS节点源文件

整体性能: 约1.7倍高速化 (与ARM相比)



- 通过Linux上的软件实现ROS通信
- 自动生成开发时间长的HW/SW通信
→ 可轻松建立FPGA回路的ROS节点

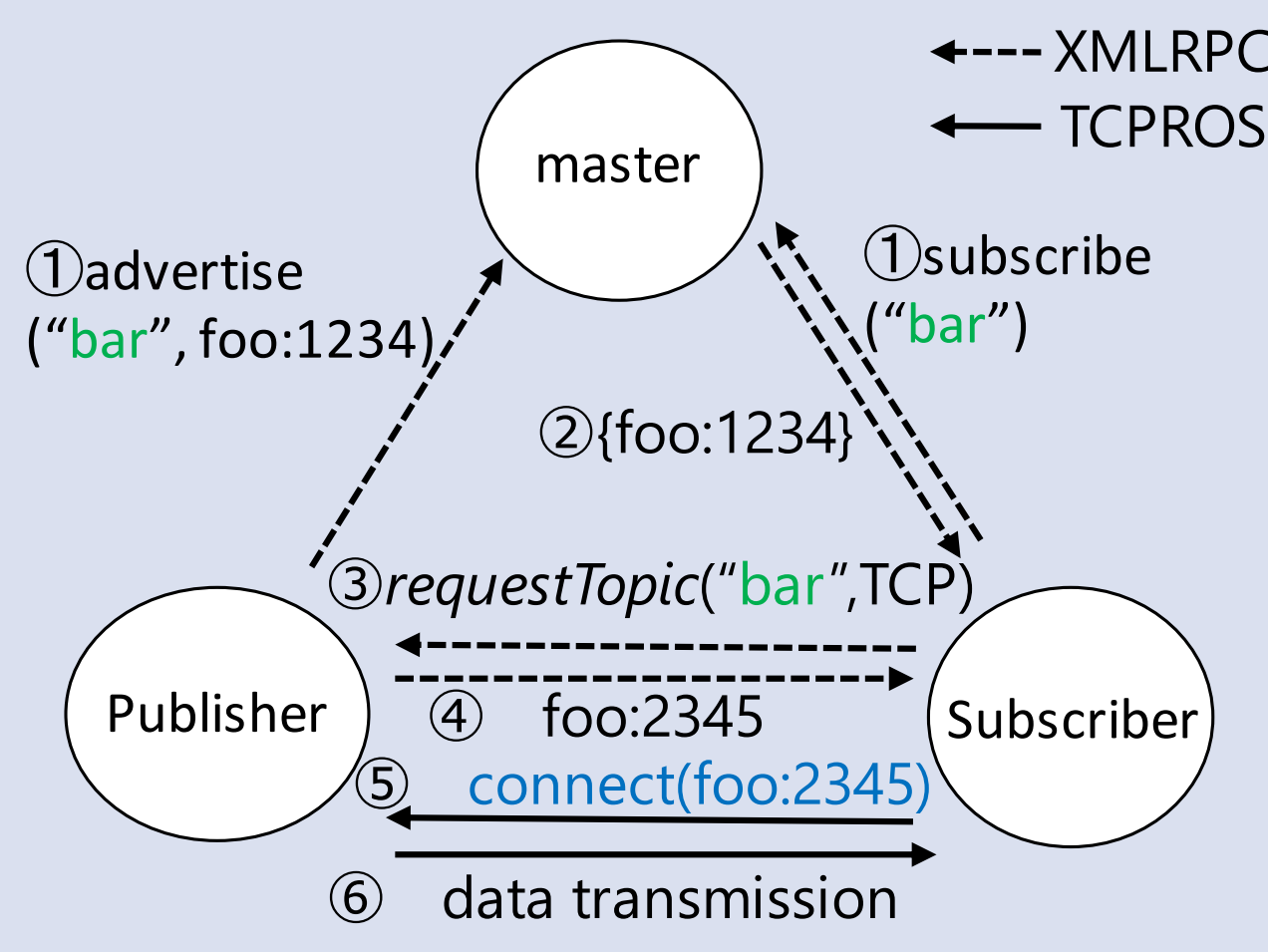
课题: 大的通信开销

ARM处理器的ROS协议通信
(利用TCP/IP的Publish/Subscribe)

致谢: 本研究开发是日本总务省SCOPE (受理号: 152103014) 委托的项目。

提案2: 利用硬件TCP/IP通信的高性能组件

探讨硬件化的方针: 分析ROS节点间的通信包内容



Publisher
topic name: "bar"
hostname: foo
XMLRPC port number: 1234
TCPROS port number: 2345

Subscriber
subscribe to "bar"

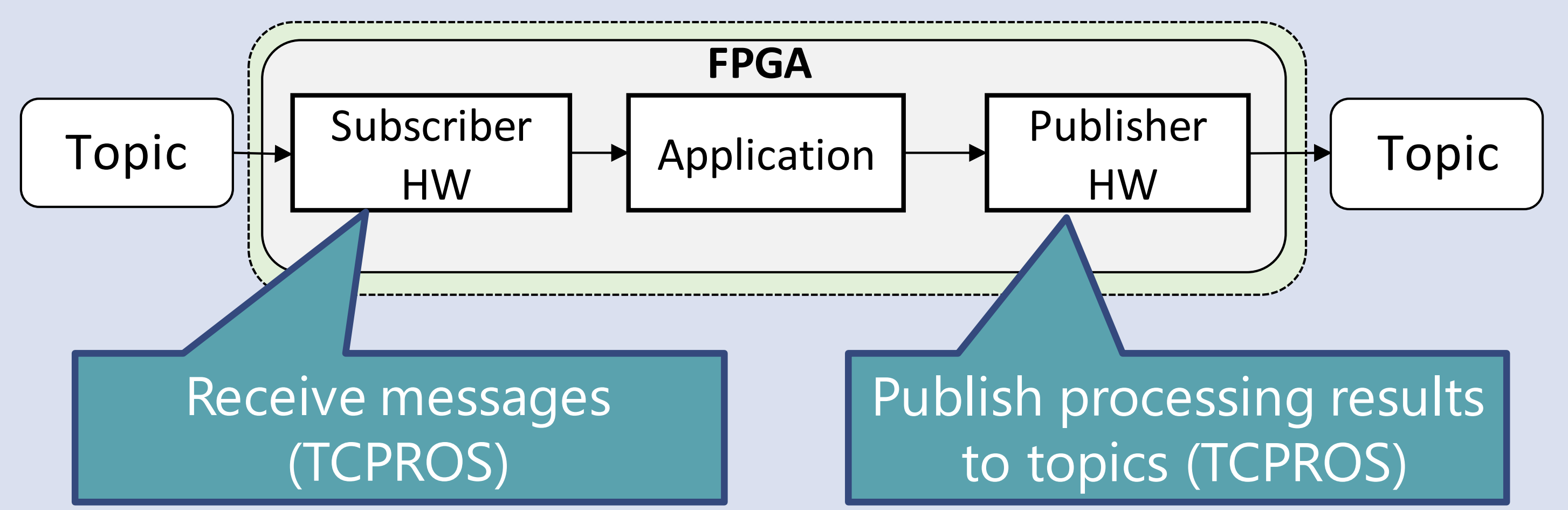
Pub/Sub通信分为2步

- 使用XMLRPC的**登记处理**
- 通过TCPROS的**数据通信**

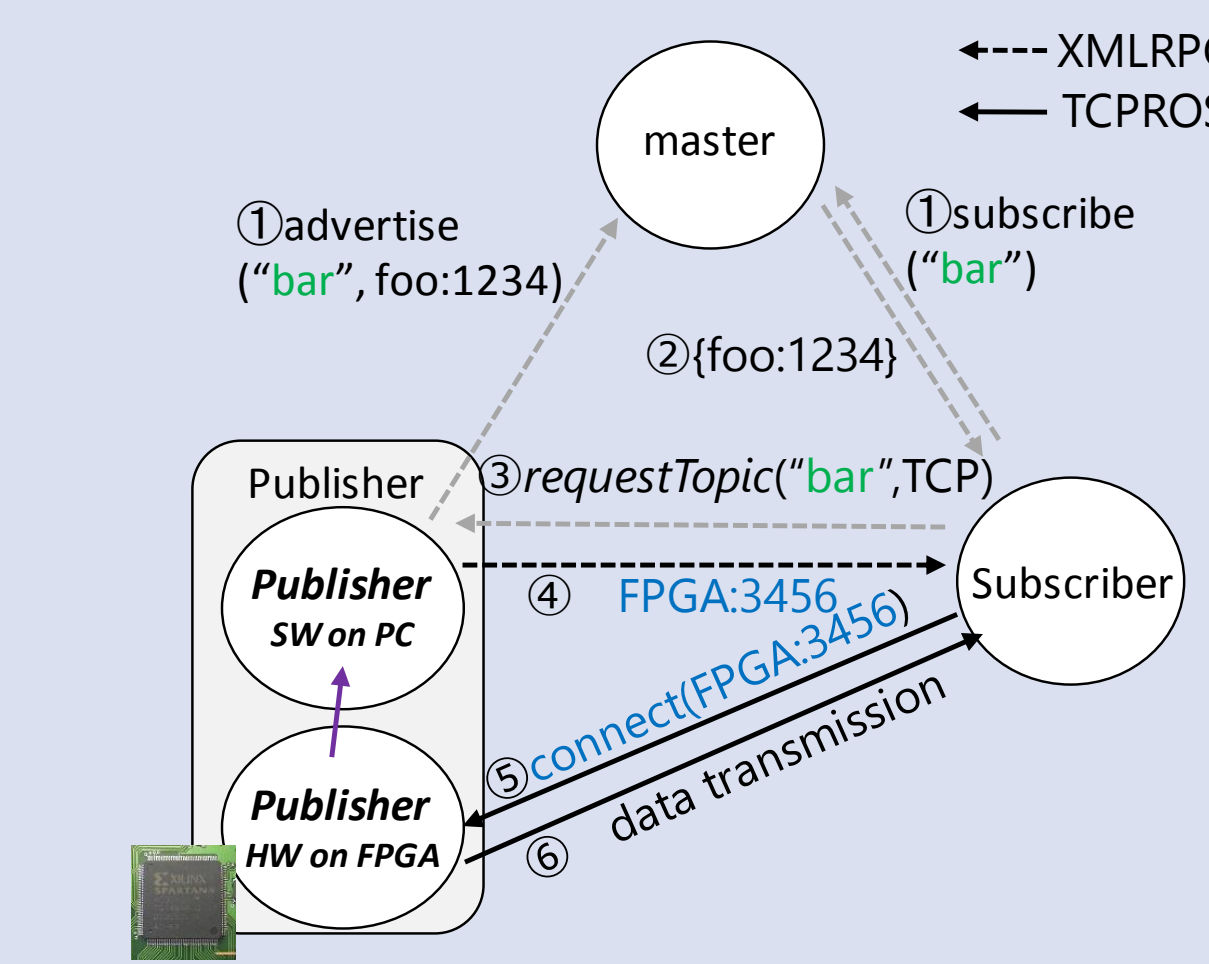
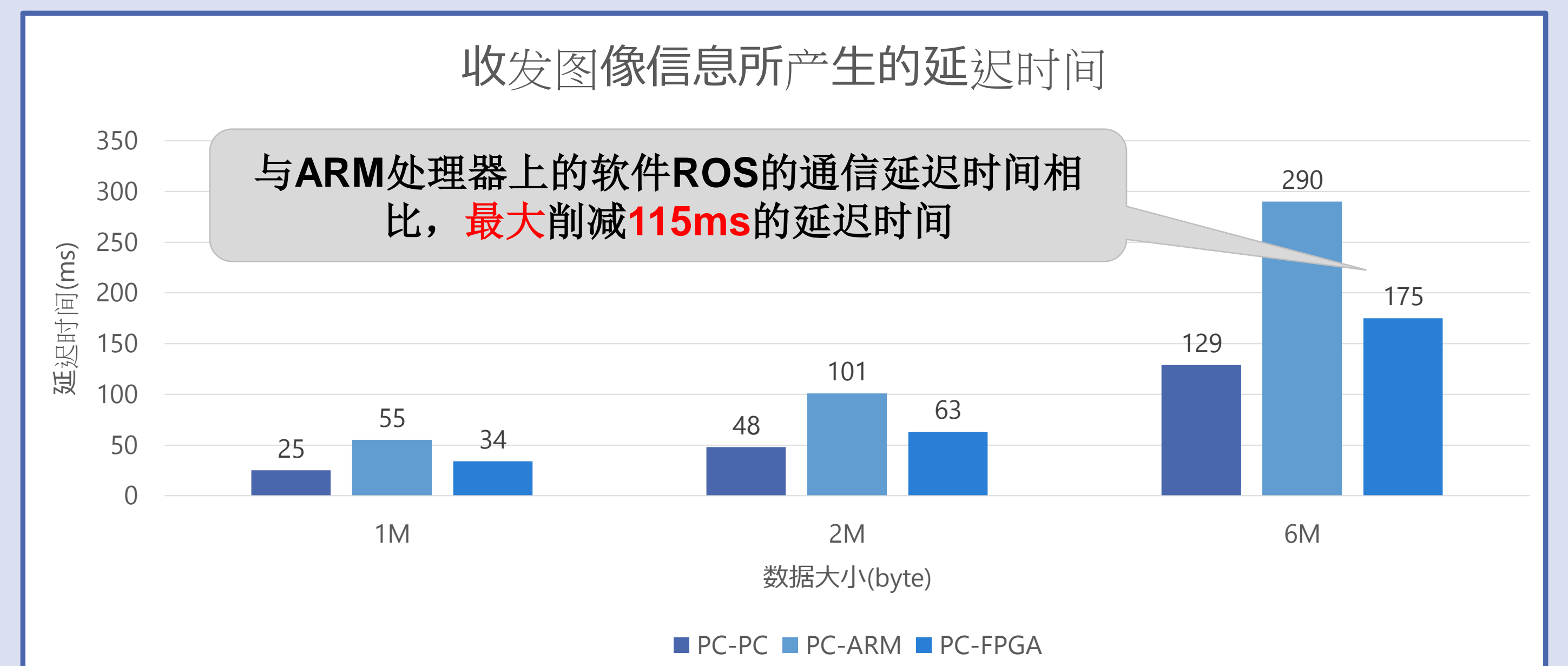
方针: 使用硬件TCP/IP(SiTCP), 仅对**TCPROS**协议的数据通信进行高性能化

优点: 能够通过1个端口1个对话期的TCP/IP堆栈, 实现**ROS节点 (节约硬件成本)**

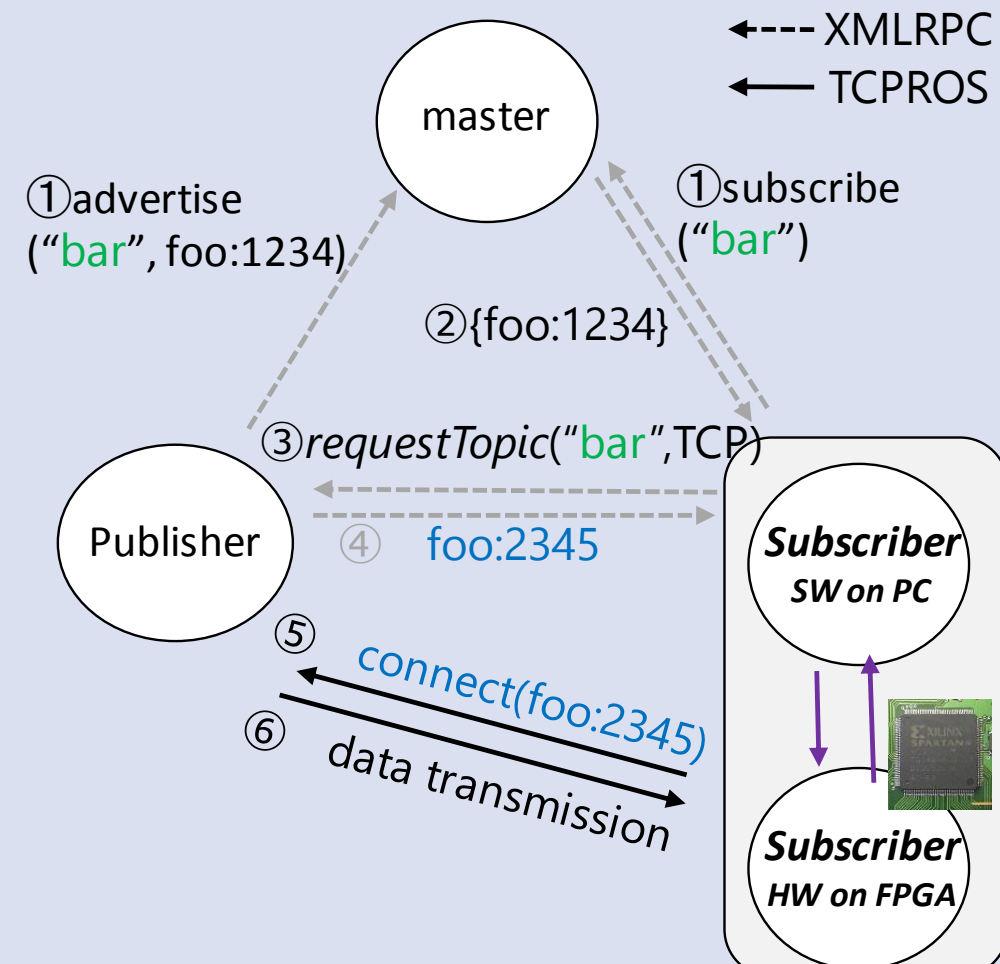
硬件构成例: 能够以ROS形式输出的高速图像滤波器



性能: 以ROS图像信息形式进行通信延迟评估



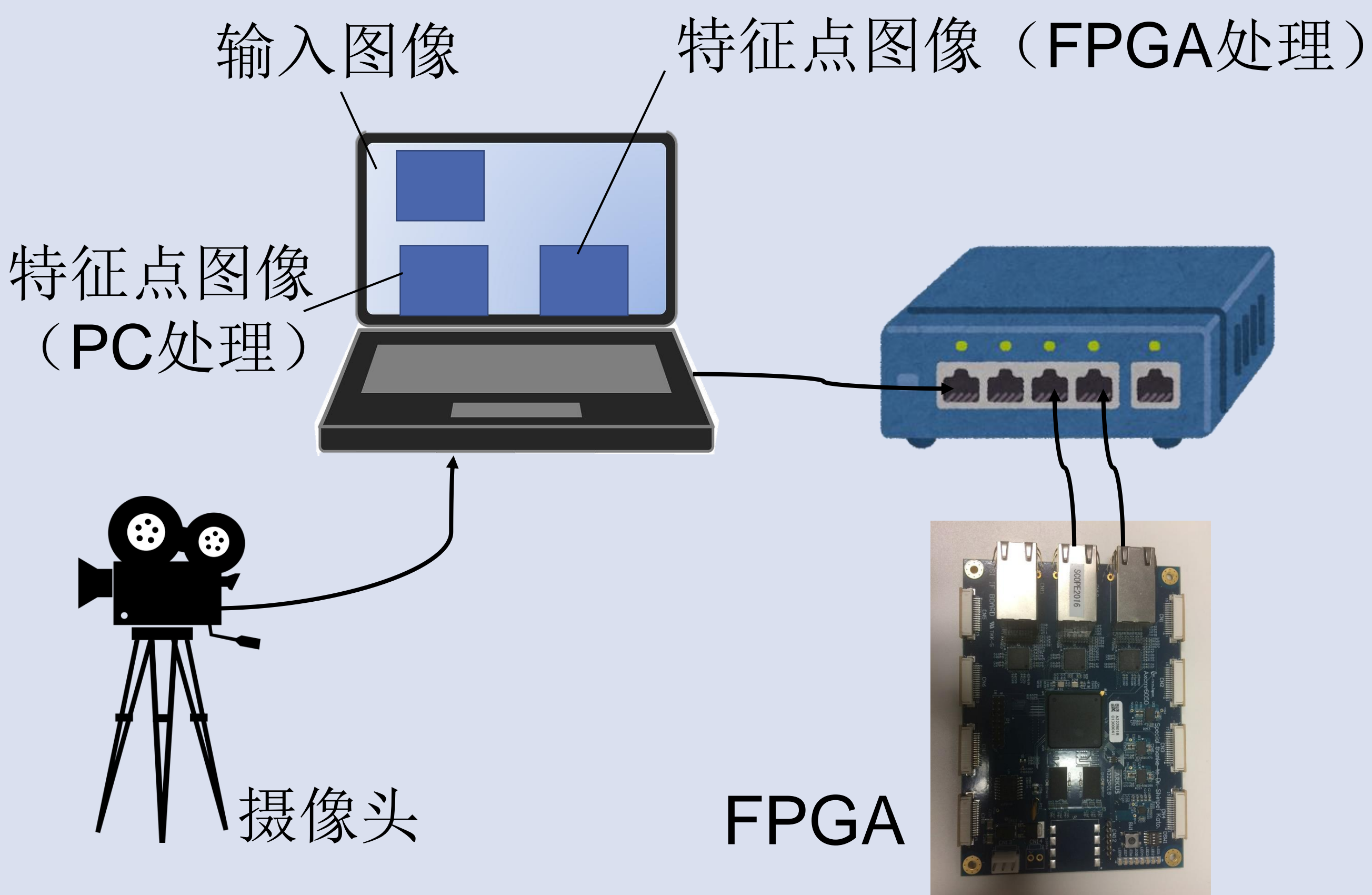
Publisher SW/HW构成



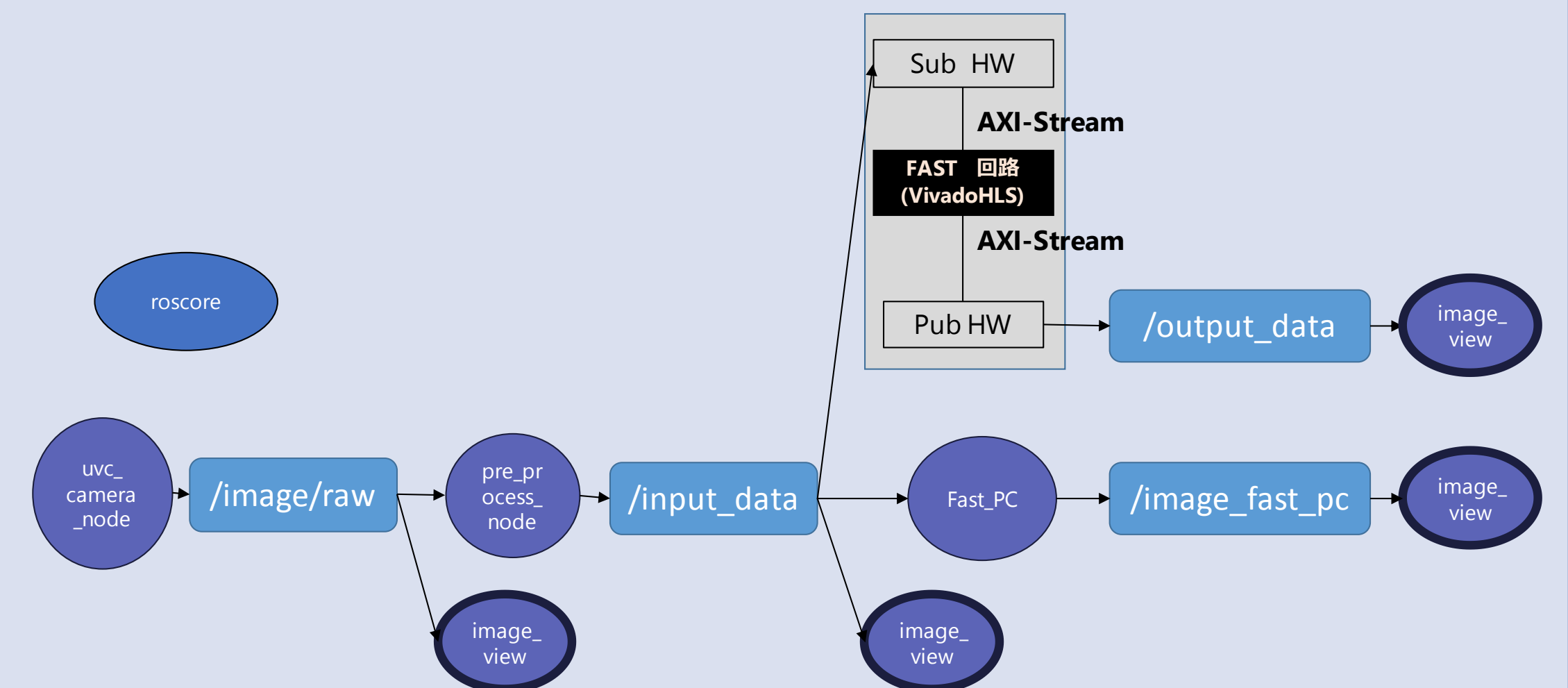
Subscriber SW/HW构成

事例: 符合硬件ROS标准的FPGA组件 (图像识别: FAST特征点检测)

配置图



ROS节点构成



性能与功率评估结果: **功率性能比=约10倍**

	PC (Intel Core i7)	FPGA (Spartan 6)
FAST corner detection (640x480) (ms)	19.1	18.8
Power (W)	50	5

今后的研究开发与参考文献

通过实现面向机器人的应用程序进行有用性实证

- 分散SLAM (自身位置推测映射处理)
- 图像处理在FPGA进行, 其他处理在云进行
- 评估机器人本体耗电量削减效果
- 生活支援与守护应用, 灾害救助应用

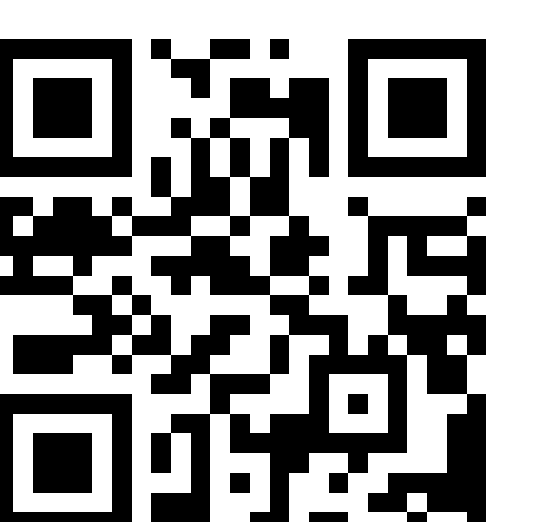
充实组件库

- 组合FPGA处理的图像传感器输入 (例: 特征点摄像头) 等
- 为ROS社区做贡献
- 通过ROS官方Wiki开放源代码

可扫码访问项目网站↓

参考文献

- Kazushi Yamashina, Takeshi Ohkawa, Kanemitsu Ootsu, Takashi Yokota, "Proposal of ROS-compliant FPGA Component for Low-Power Robotic Systems ---case study on image processing application---," Second International Workshop on FPGAs for Software Programmers (FSP 2015) September 1, 2015, London, United Kingdom, pp.62-6
- Kazushi Yamashina, Hitomi Kimura, Takeshi Ohkawa, Kanemitsu Ootsu, Takashi Yokota, "cReComp:Automated Design Tool for ROS-Compliant FPGA Component," IEEE 10th International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc-16), Lyon Congress Center, Lyon, France, September 21-23, 2016
- Yuhei Sugata, Takeshi Ohkawa, Kanemitsu Ootsu and Takashi Yokota, "Acceleration of publish/subscribe messaging in ROS-Compliant FPGA Component," The 8th International Symposium on Highly Efficient Accelerators and Reconfigurable Technologies (HEART2017), 7-9 June 2017.
- Takeshi Ohkawa, Yutaro Ishida, Yuhei Sugata, Hakan Tamukoh, "ROS-Compliant FPGA Component Technology - FPGA installation into ROS," RosCon2017 (co-located with IROS2017), Vancouver, September 21-22, 2017.
- 菅田 悠平、大川 猛、大津 金光、横田 隆史《使用硬件TCP/IP堆栈符合ROS标准的FPGA组件通信性能评估》, 嵌入系统专题研讨会2017, 2017/8/24-25
- 大川 猛、菅田 悠平、松本 拓也、大津 金光、横田 隆史《联合FPGA与云的Visual SLAM分散处理系统》, 第35届日本机器人学会学术演讲会, 2017/9/11-14



致谢:本研究开发是日本总务省SCOPE (受理号: 152103014) 委托的项目。