证券交易系统架构设计

—— 挑战与实践

上海证券交易所　技术开发部

陈晨

cchen@sse.com.cn　　+86 138-0199-1611

目录

- 上交所交易系统介绍
- 交易系统技术架构
- 挑战及解决之道
- 交易系统的未来

上交所交易系统介绍

发展历史

- 1990年11月26日成立，同年12月19日正式营业。

发展历史

上交所

1990.12.19
- 开业第一天即采用电子撮合系统
- 每秒处理3笔，月处理2万笔

1992.12
- 系统升级，采用UNIX小型机
- 每秒200笔，日处理200万笔

1993.1
- 采用卫星广播行情
- 双向卫星接收订单

1997，1999
- 系统两次升级，性能提升至每秒2万笔，日处理800万

❖ **开业的第一天就采用电子撮合系统进行交易撮合**

- 基于Novell服务器的局域网络
- 每秒处理3笔业务，月处理成交2万笔
- 市场的委托、行情、成交回报等环节仍需要手工完成

❖ **1992年12月，系统升级**

- Novell主机更换为基于惠普小型机UNIX操作系统
- 每秒200笔，日处理能力200万笔
- 1993年，采用单向卫星广播行情，双向卫星接收报单

❖ **1997年和1999年进行了两次设备和应用的重大升级**

- 系统处理能力提高到每秒2万笔，日处理能力800万笔
- 后随着不断的扩容和改造，性能和容量不断被刷新

发展历史

上交所

2009.11.23

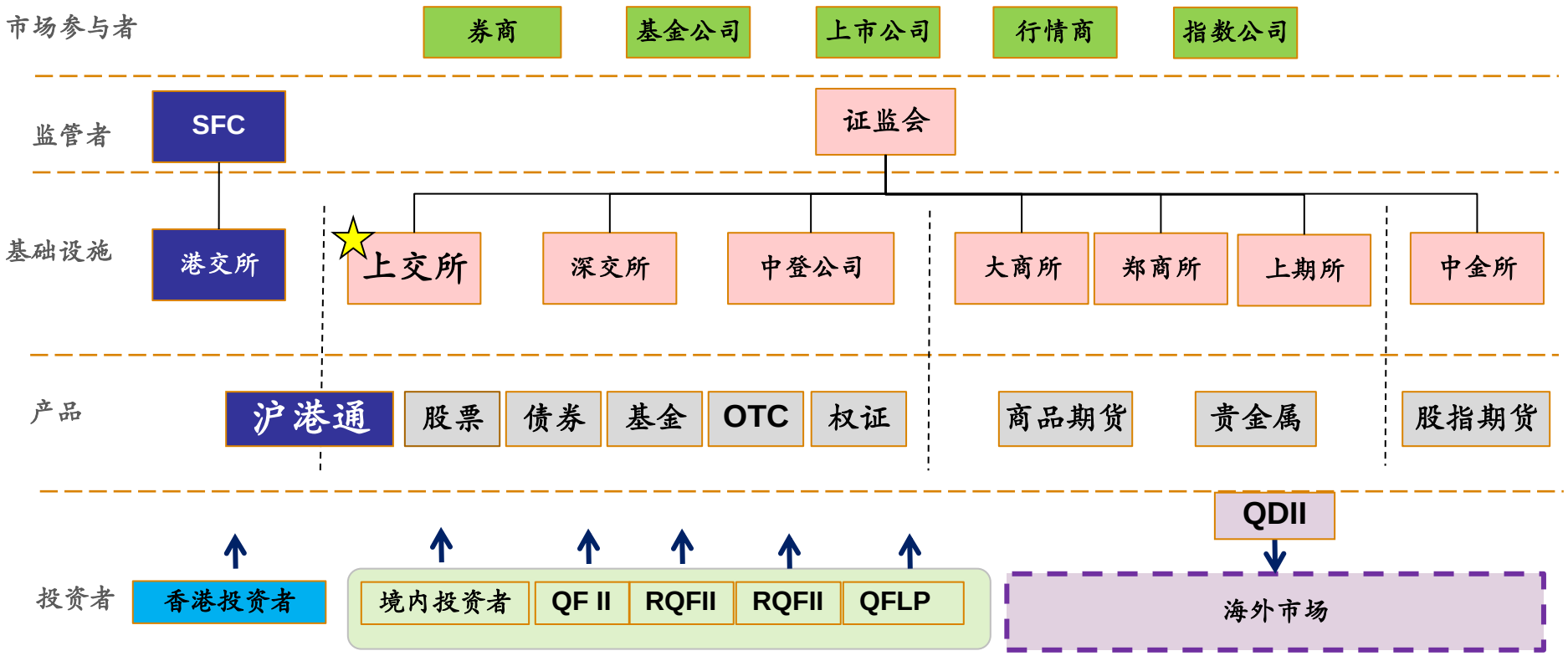
- 新一代交易系统上线
- 使用多主机并行撮合
- 最高支持10万笔每秒
- 全天容量1亿笔订单
- 账户容量1亿

2014.11.17

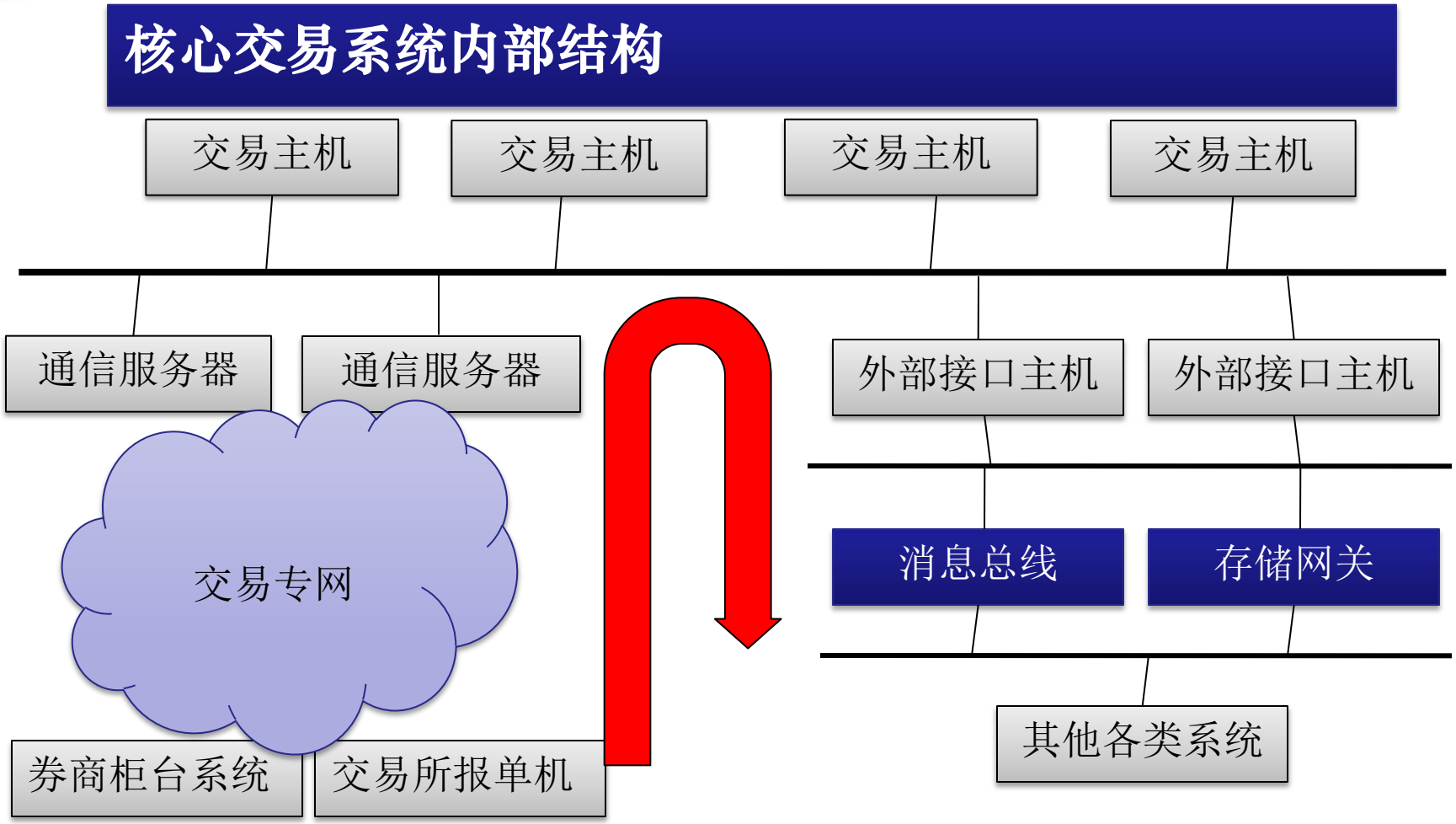
- 沪港通业务上线

- **新一代交易系统的上线**
  - 2009年11月23日，新一代交易系统上线
  - 使用多主机并行撮合
  - 最高支持10万笔每秒
  - 全天容量1亿笔订单
  - 帐户容量1亿
- **基于新一代交易系统，2014年11月17日沪港通业务上线**

市场结构图


市场参与者
券商
基金公司
上市公司
行情商
指数公司
监管者
SFC
证监会
基础设施
港交所
上交所
深交所
中登公司
大商所
郑商所
上期所
中金所
产品
沪港通
股票
债券
基金
OTC
权证
商品期货
贵金属
股指期货
QDII
投资者
香港投资者
境内投资者
QF II
RQFII
RQFII
QFLP
海外市场

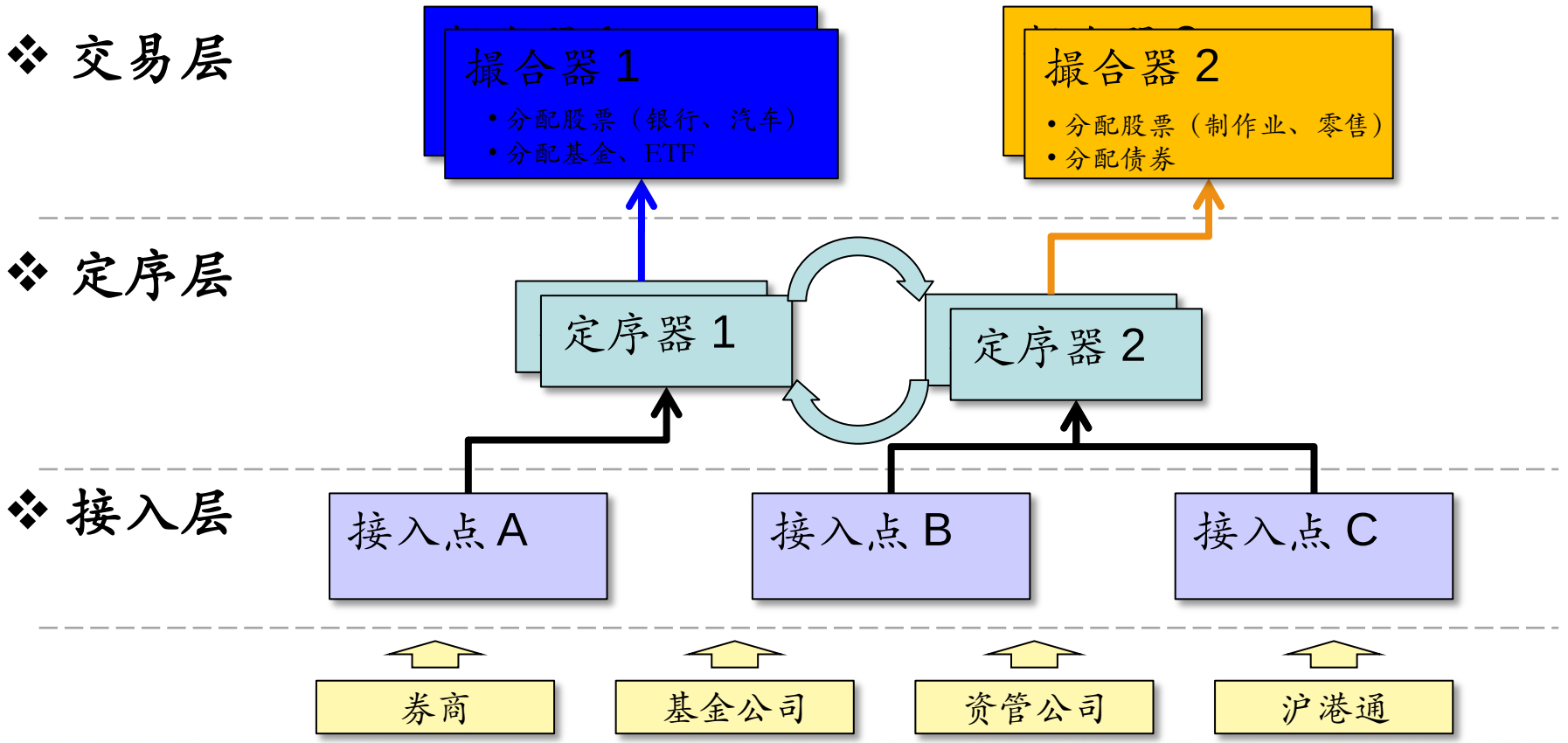
系统结构图


核心交易系统内部结构
交易主机
交易主机
交易主机
交易主机
通信服务器
通信服务器
外部接口主机
外部接口主机
交易专网
消息总线
存储网关
券商柜台系统
交易所报单机
其他各类系统

交易系统技术架构

交易系统技术架构

交易系统的三层式划分



交易层

功能

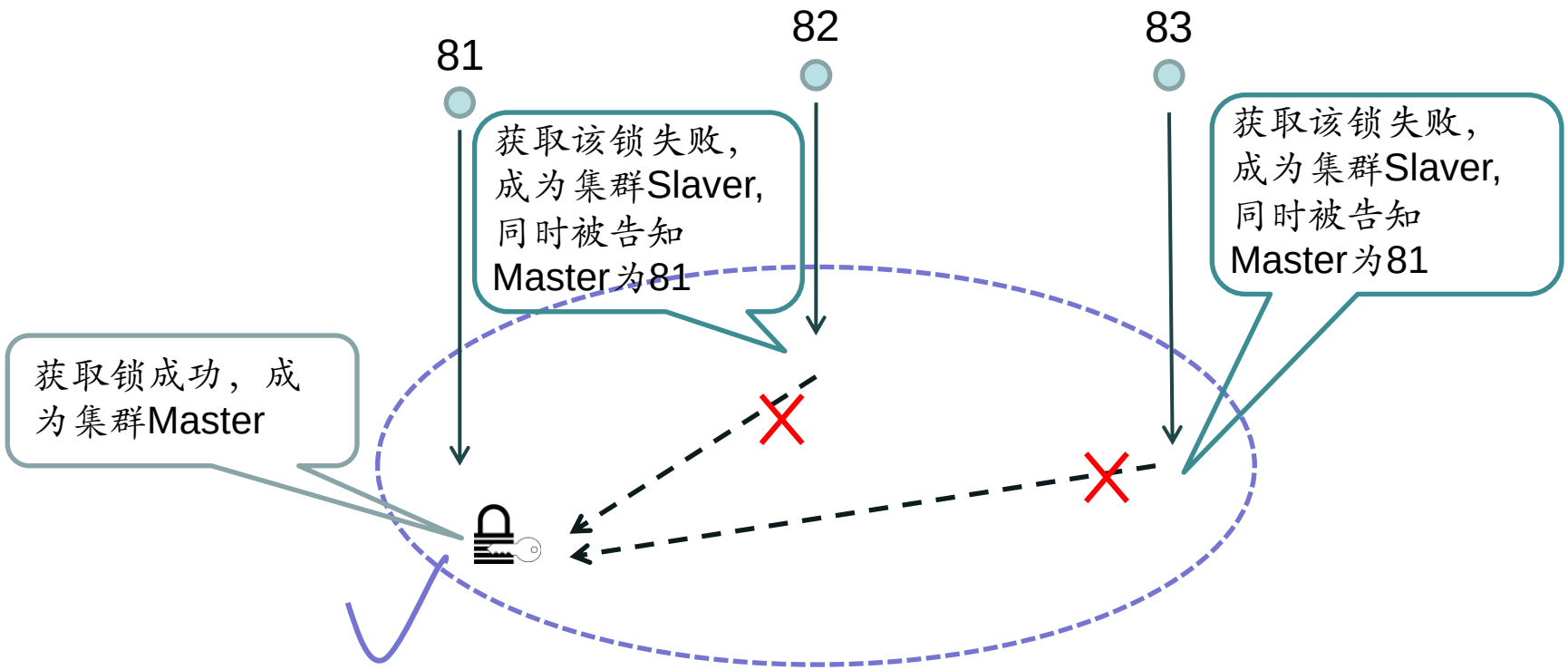
- 执行交易业务逻辑

实现模式

- 同组交易主机为接收单一输入序列的状态机
- 从一系列独立运作的交易主机节点中自动选举产生主节点
- 可利用集群锁服务来选举主节点
- 备机可选择“重演”或者“重放”模式

交易层
集群锁管理模式

基于OpenVMS的Lock机制，实现了一套用于集群(Group)管理，集群内各主机同步、通信的工具库



接入层

功能

- 点对点的路由转发
- 将券商端的订单提交给定序层实例

实现模式

- 提供一组彼此对等的实例同时提供对外服务
- 不需要考虑主从划分和失效接管

定序层

功能

- 高可用设计的关键、确定全序
- 持久化及保持动态一致性

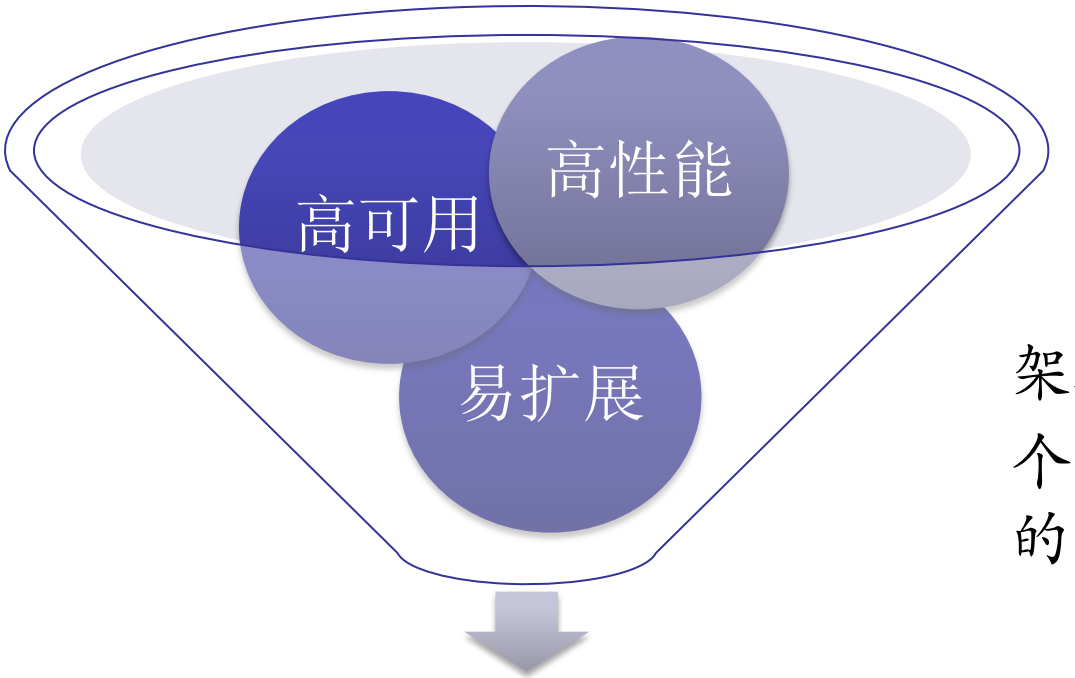
实现模式

- 多播通信机制
- Paxos算法、虚同步
- 自主研发、商业软件、开源软件
- 逻辑概念，可采用单独排队机定序或者主撮合定序

挑战及解决之道

交易系统面临的挑战

交易系统在设计之初就要考虑到如何满足和平衡各方面的技术需求



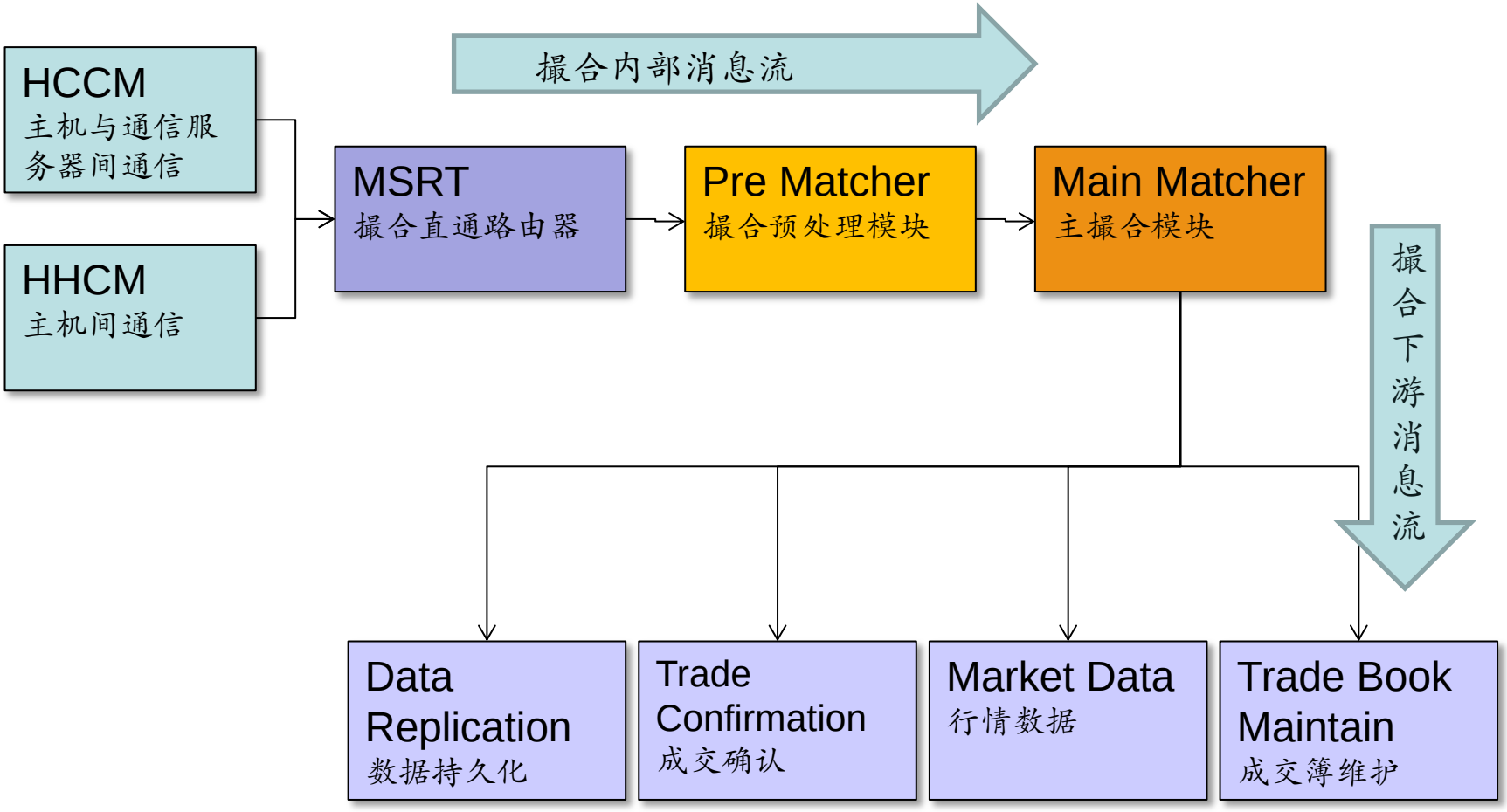
架构设计是一个**平衡**和**抉择**的艺术

高性能

- 衡量交易系统性能主要指标
  - 吞吐量
  - 订单时延
  - 系统容量

高性能

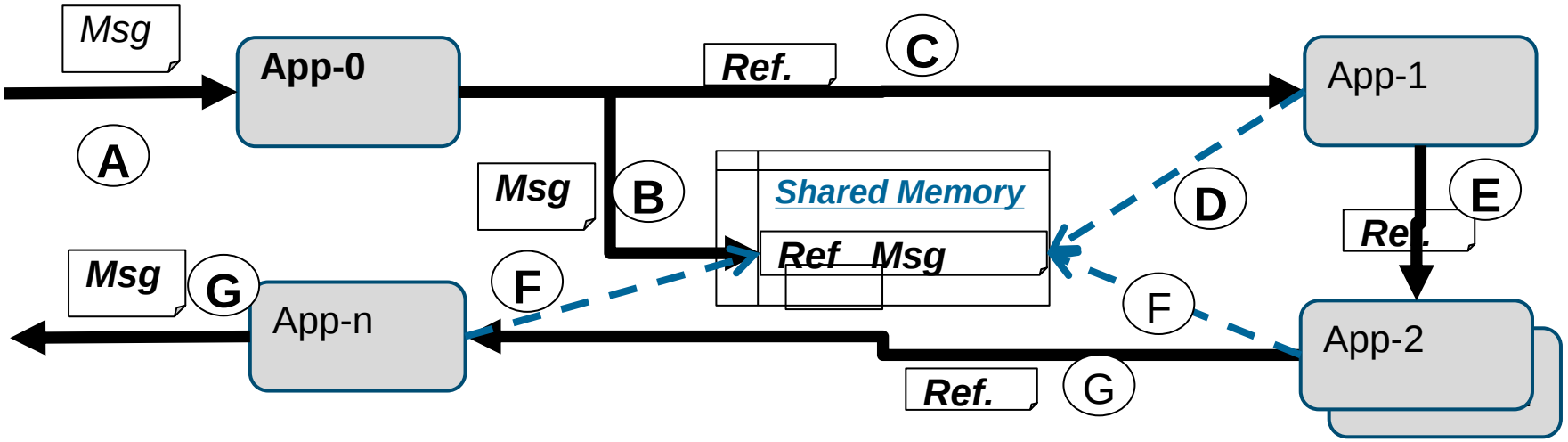
1. 流水线化内存撮合



高性能

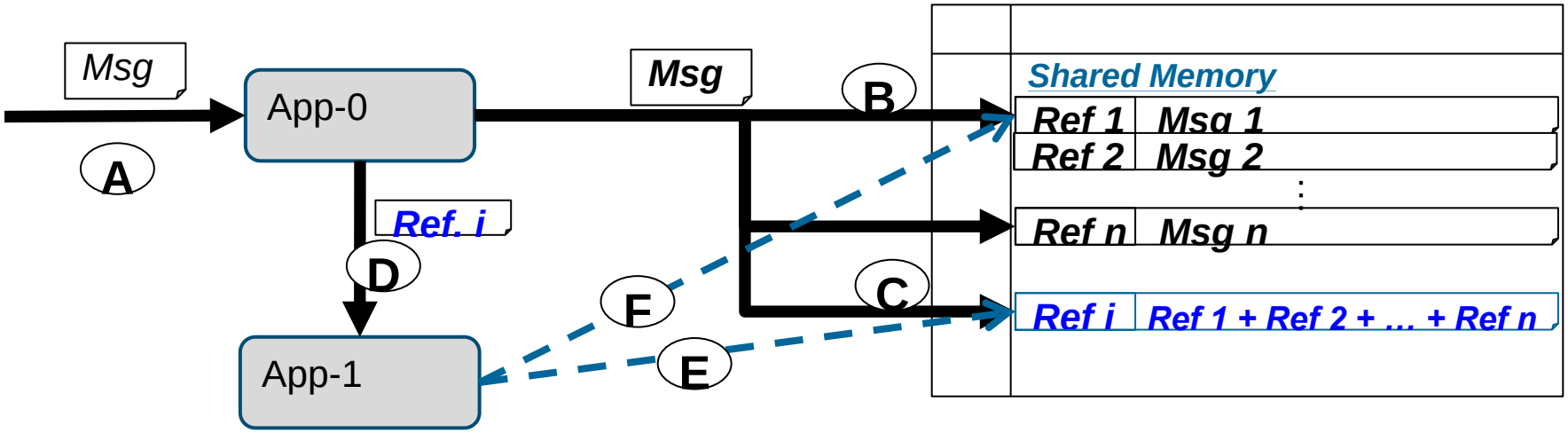
2. 内容和键值分离

- 精简的进程间通信消息
  - 消息body通过内存缓存；
  - 进程间传递短小的消息header；
  - 进程通过header信息，访问内存获取消息实体；

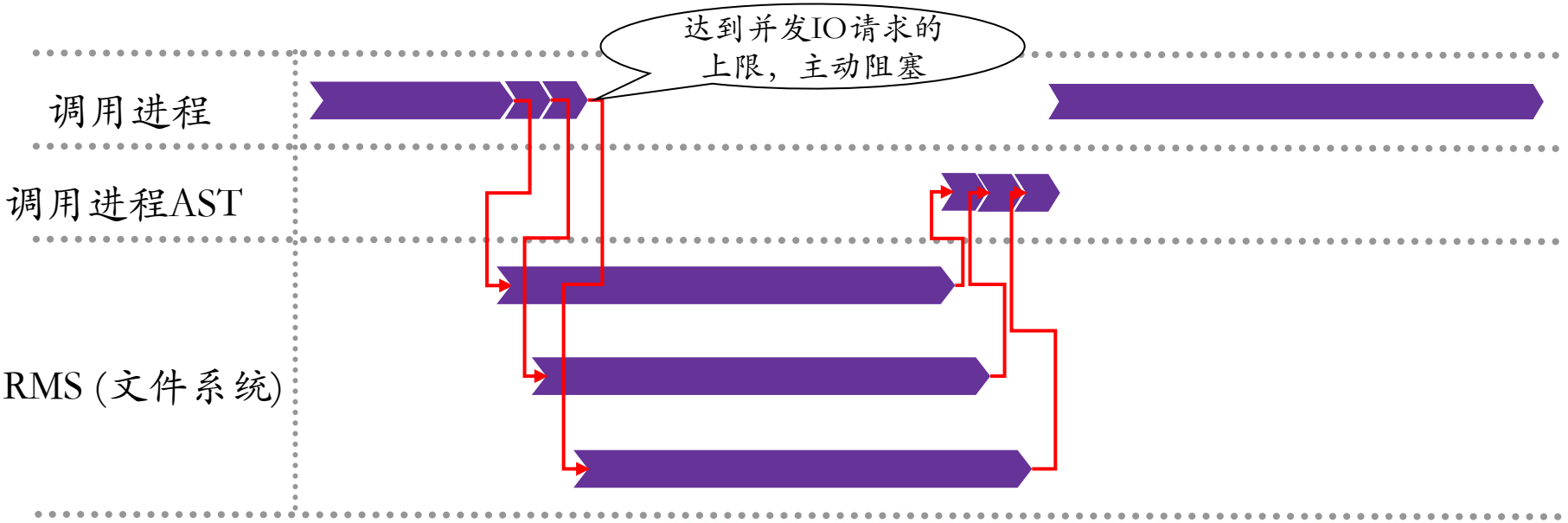


■ 消息的打包处理

- ■ 请求消息通过用header表示后很短小，支持多条打包模式；
- ■ 申请新的共享内存消息，消息体中包含多个请求实体的header；
- ■ 实际消息通信中传递打包消息的消息header即可；
- ■ 进程接收消息后，根据打包消息body中的多个实际消息header，逐一处理。

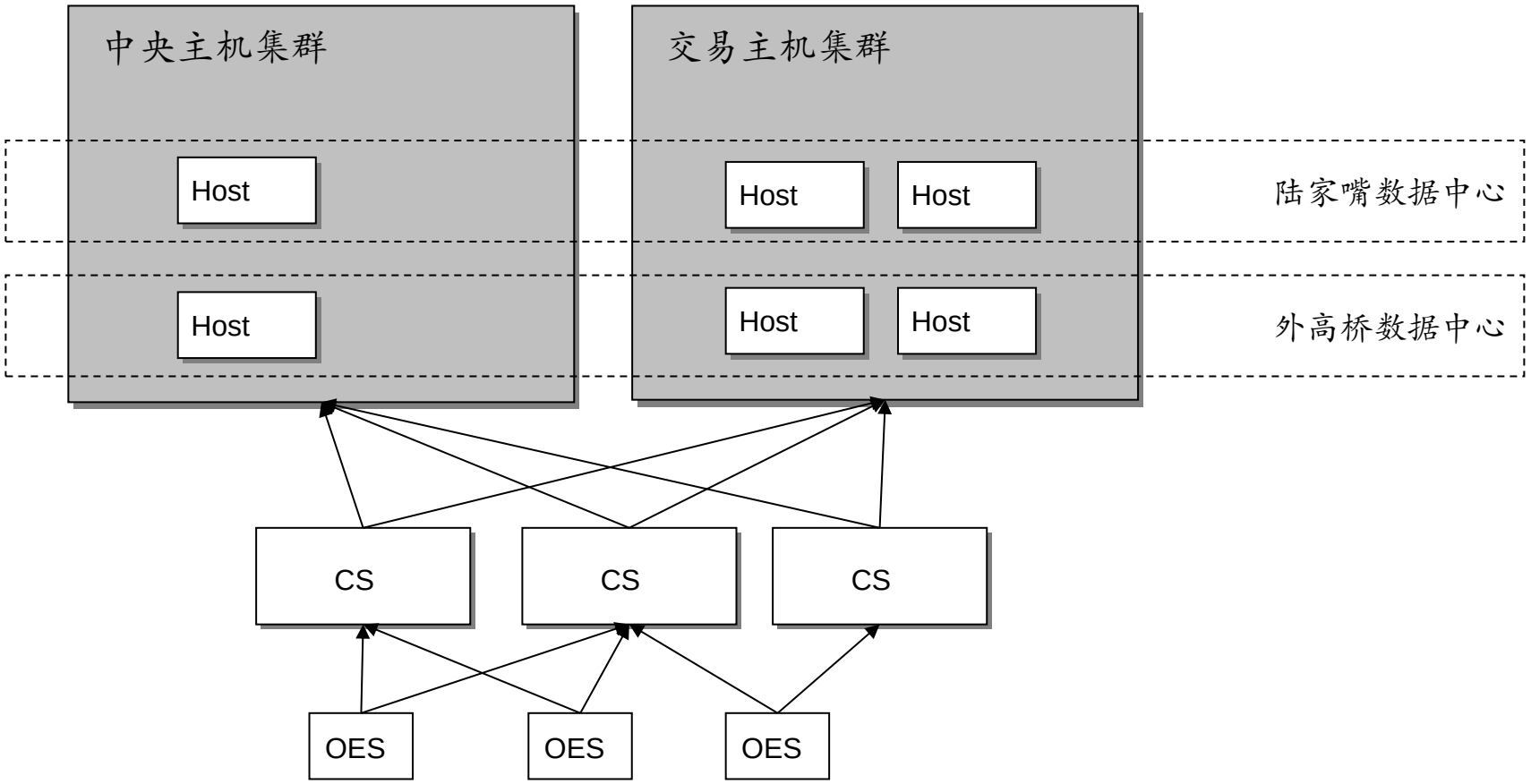


- 应用异步IO提升性能的典型案例
  - 调用进程通过异步IO连续的抛出一组IO请求，RMS可以并行地处理这些请求，成倍地提升IO吞吐量；
  - 连续发出的请求应当有一定限制，当未完成的请求数量达到限制时，调用进程可以主动将自己阻塞。



高性能

5. 多机并行


中央主机集群
交易主机集群
Host
Host
Host
Host
Host
陆家嘴数据中心
外高桥数据中心
CS
CS
CS
OES
OES
OES

高可用

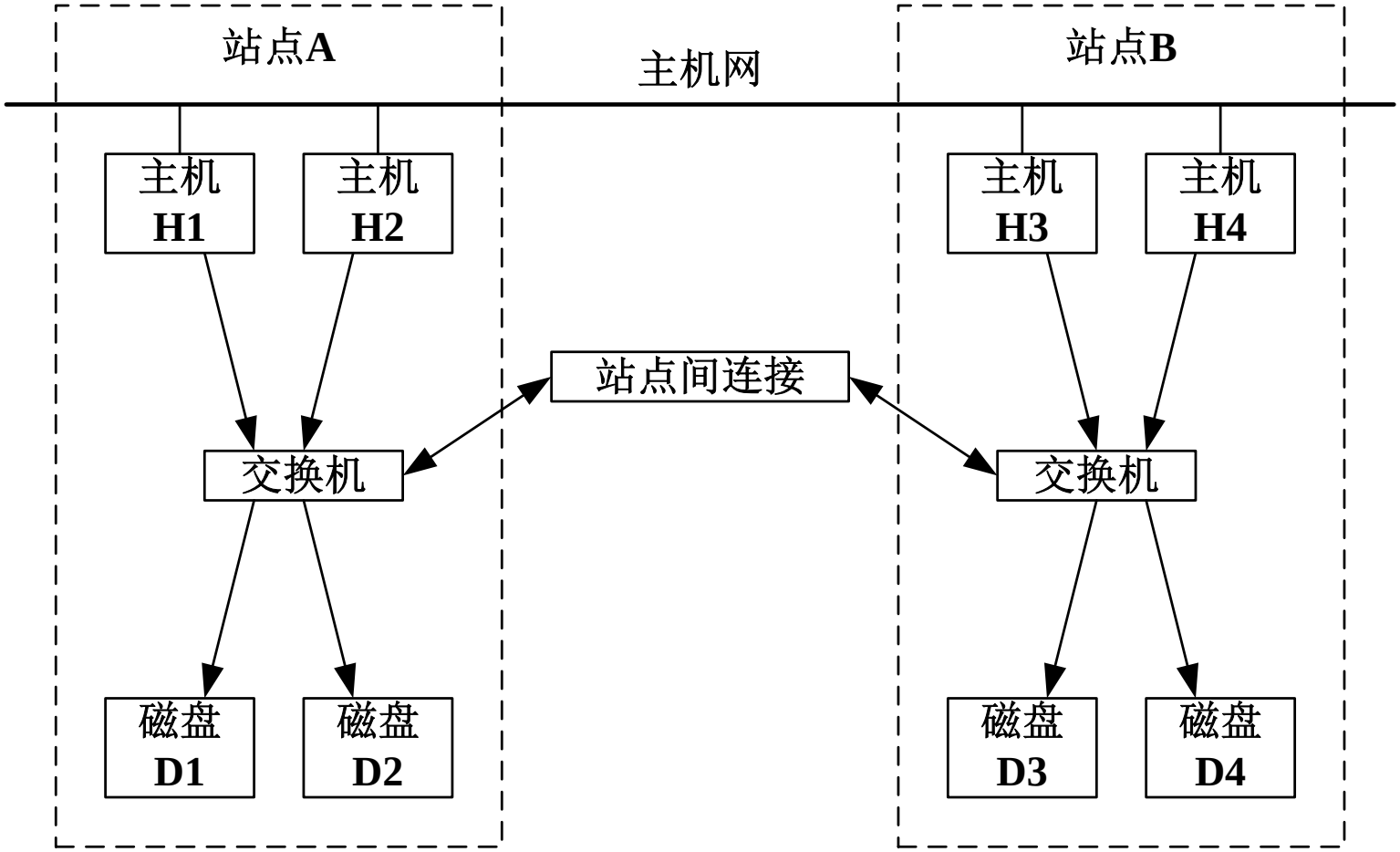
- 衡量交易系统可用性主要指标
  - 恢复时间目标RTO（Recovery Time Objectives）
  - 恢复点目标RPO（Recovery Point Objectives）

高可用
技术抉择的难题

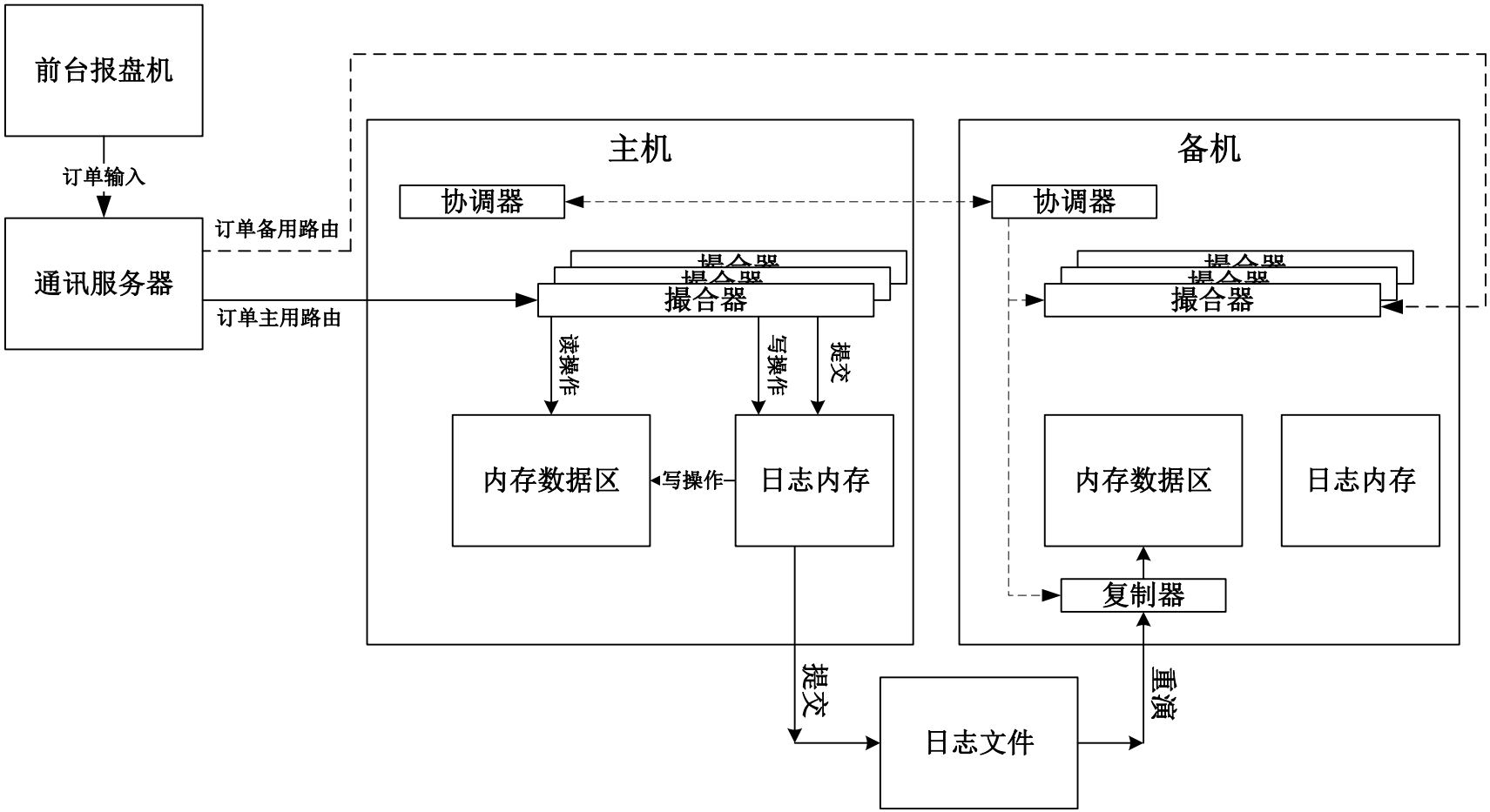
- 人工侦测故障　　OR　应用程序自动侦测故障?
- 应对单点故障　　OR　应对双点故障?
- 同城灾备同步复制　OR　异步复制?

高可用

1. 站点备份

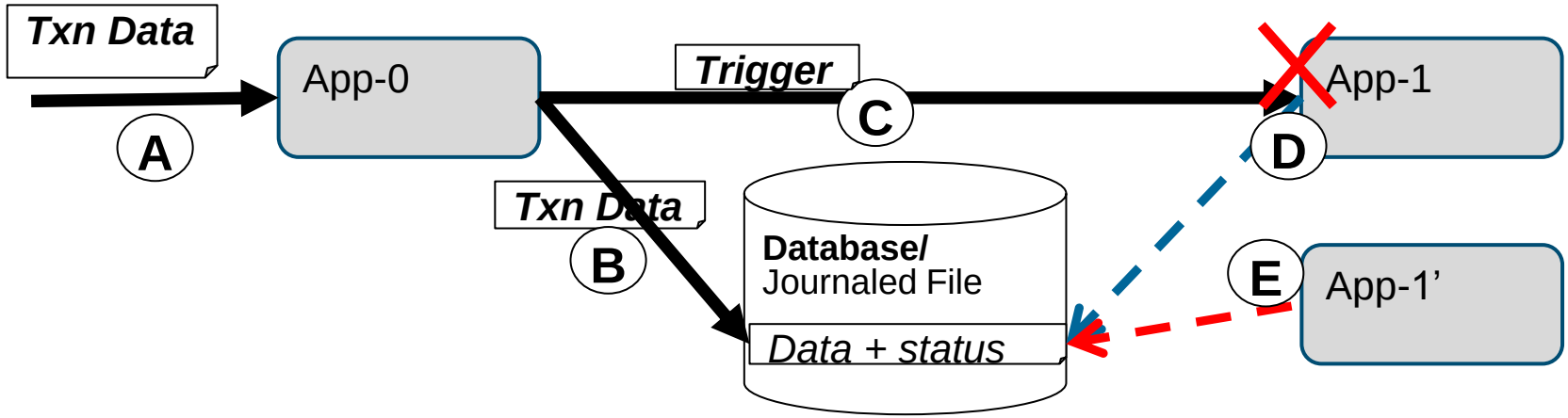

站点A
主机网
站点B
主机
H1
主机
H2
主机
H3
主机
H4
站点间连接
交换机
交换机
磁盘
D1
磁盘
D2
磁盘
D3
磁盘
D4

高可用
2. 主机备份


前台报盘机
订单输入
通讯服务器
订单备用路由
订单主用路由
主机
协调器
撮合器
读操作
写操作
提交
内存数据区
写操作
日志内存
备机
协调器
撮合器
内存数据区
日志内存
复制器
提交
日志文件
重演

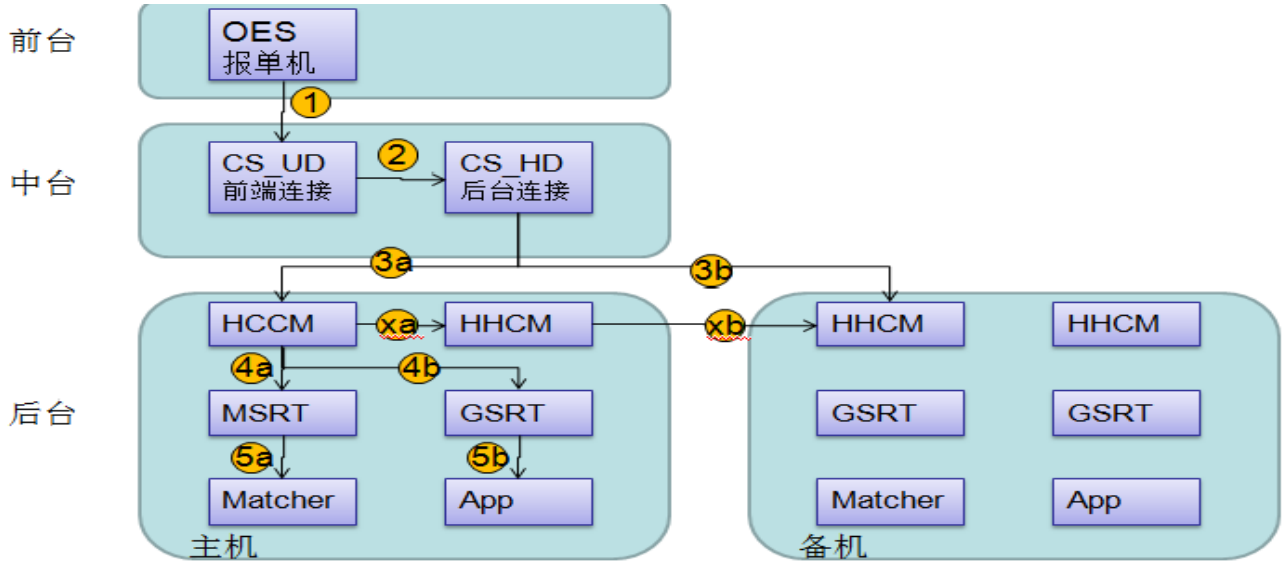
高可用
3. 进程恢复

- 进程的恢复机制
  - 事务/请求数据带事务的文件存储，包含相应的状态位；
  - 任何一个进程异常，根据事务文件中数据状态重演恢复；
  - 无法应对程序本身逻辑错误



高可用
4. 消息重发/防重处理

- 系统发生主备切换
  - 切换完成后的自动通知机制
  - 未响应消息重新路由机制
  - 消息防重复处理机制



高可用
5. 流控机制

- 流量/负载控制：
  - ✓ 系统必须提供自保护机制来处理异常的大量或者突发交易量
  - ✓ 包括主动控制和被动控制
- 主动控制：
  - ✓ 主动控制实现于前端(请求源端)会员，根据尚未响应的订单数量控制请求发送速度
  - ✓ 系统可配置成会员端总体的请求数量不超过后台的处理能力，因此从源端控制整个系统的负载
- 被动控制：
  - ✓ 路由架构内置的自我保护机制
  - ✓ 每个路由架构组件跟踪其输入/输出差异，并且根据监测的差异触发自我保护机制来或者阻塞消息流，或者弹回新的请求

易扩展

- 主要指标
  - 扩展性衡量系统适应业务发展与变更的能力，既包括业务容量的扩展又包括业务模式的扩展
- 应对方案
  - 高扩展性需要在内部核心数据结构和接口定义上预留足够的扩展空间。
  - 系统内部结构上，通过分层抽象服务使得某一个层次的升级更新不影响到全局架构，通过模块化设计使得某一个模块的变更不影响到整体稳定。

易扩展

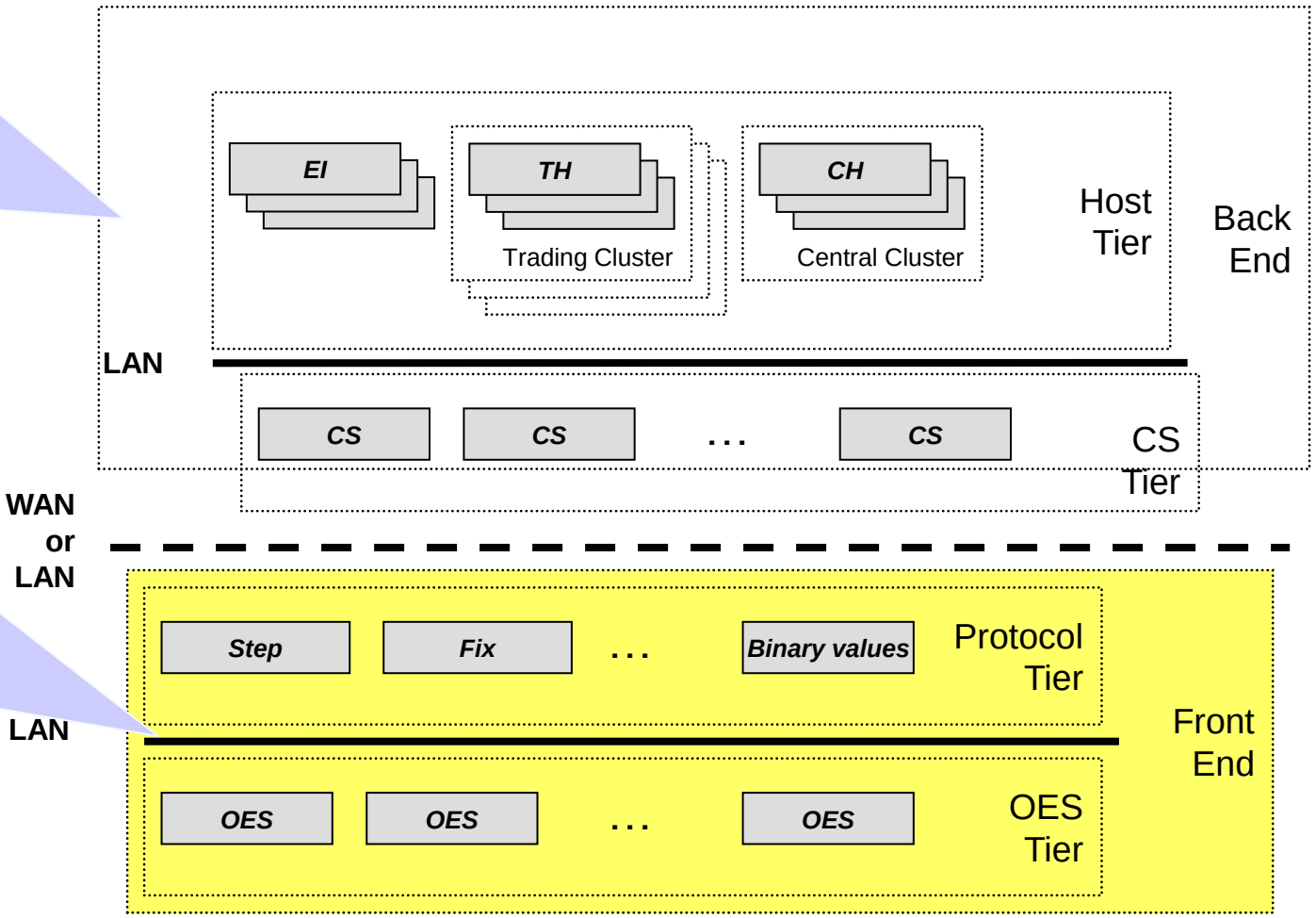
1. 系统架构的扩展

后台的扩展

- 交易层中的各个平台，可以平行扩展设备，支持业务的容量和品种的发展
- 接入层中，可以根据网段规模和接入点无缝第进行平行扩展；每个接入点属于无状态设备

前台的扩展

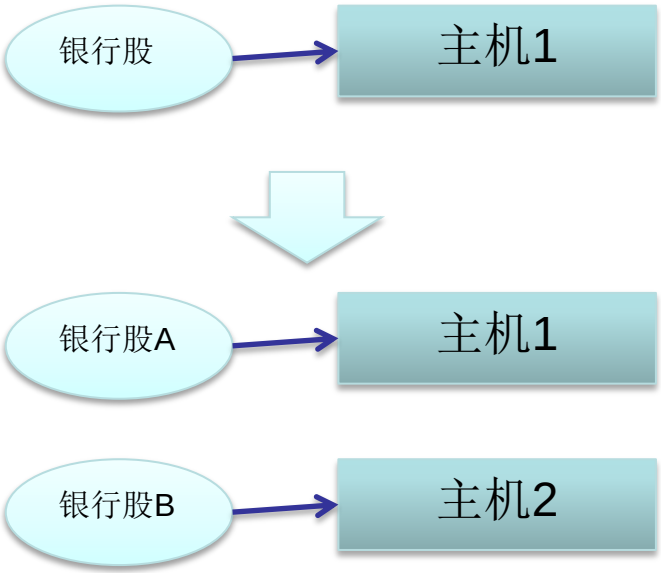
- 对于市场参与者的接入，既提供客户端的模式，也支持消息协议和API的模式扩展
- 交易所提供的接入端可以无差异的多地不少和彼此备份、分流业务数据等



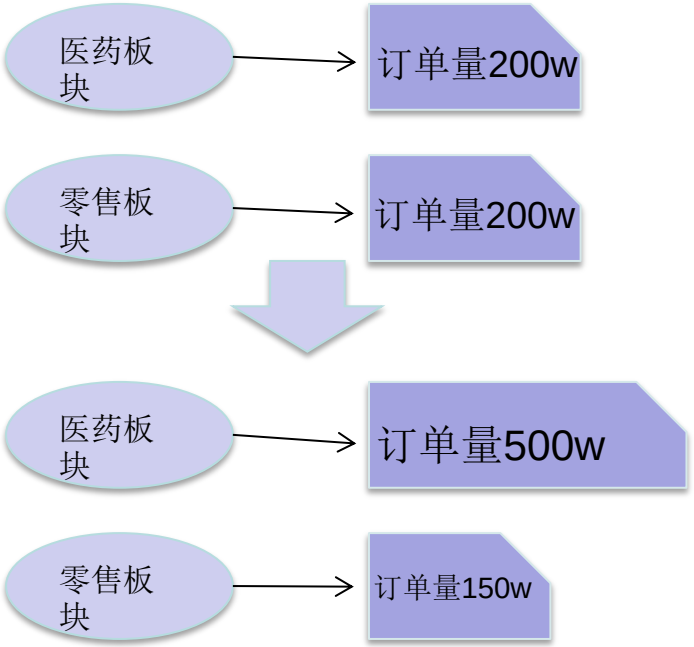
易扩展

2. 应用配置的扩展

- 基于产品的不同类别配置，可根据负载均衡的原则，重新进行划分或扩展

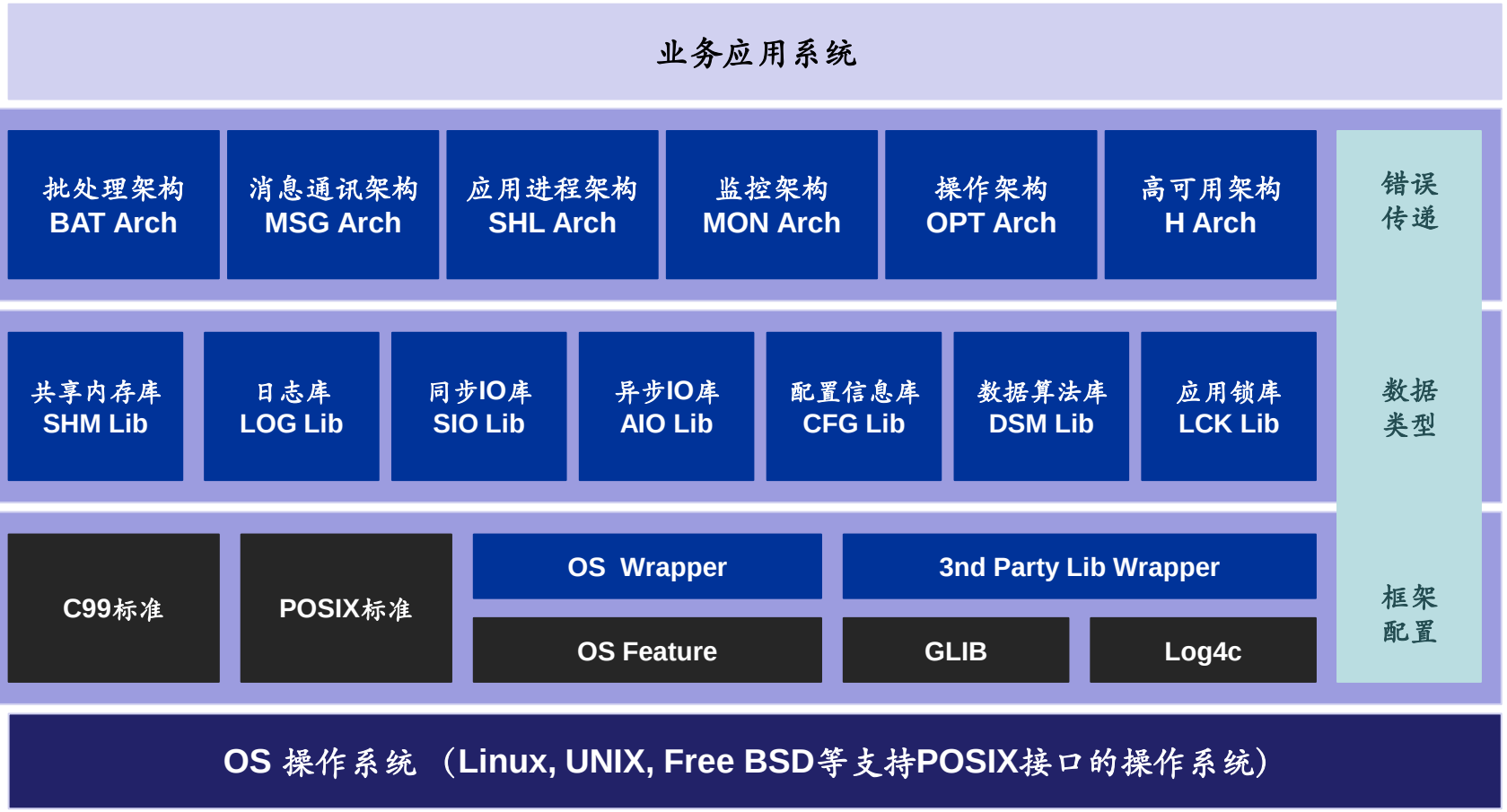


- 单一类别的处理容量可以通过配置参数进行调整。调整后的容量在系统重启后自动生效



易扩展

3. 设计模式的分层设计



交易系统的未来

交易系统的未来

- **轻量化的技术系统**
  - 小型机 -》PC服务器
- **开放性的转变**
  - 封闭操作系统 -》开源操作系统
  - 商业应用软件-》开源应用软件
- **形成企业级的基础库**
  - EzWEB
  - EzSOFT
  - HAP
- **新技术新算法的研究**
  - FPGA
  - Infiniband
  - 全内存备份

互联网格局下的交易系统

- 更多的外部攻击
- 更长的交易时间
- 更复杂的业务处理
- 更紧迫的竞争压力

THANKS!