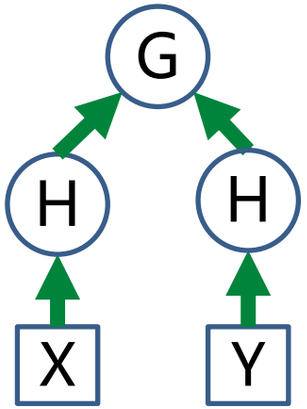
图执行引擎与代码组织

Kevin Li(oathdruid@live.cn)

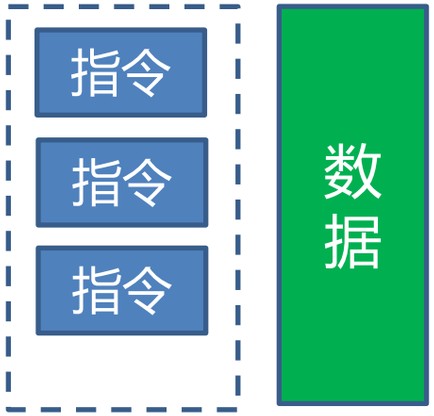
图执行引擎：先来谈一谈函数编程

- 通过组装和应用函数来构建应用的编程方法
  - 树状组装：通过将子函数组织成树，来组装定义一个新函数
  - 无副作用：函数应用在同样的输入上，恒定产出同样的结果

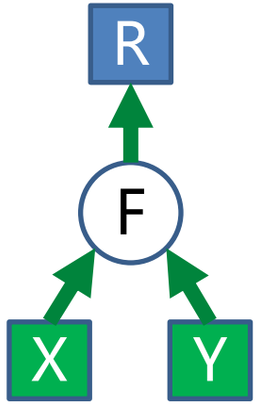
F(X, Y) = G(H(X), H(Y))



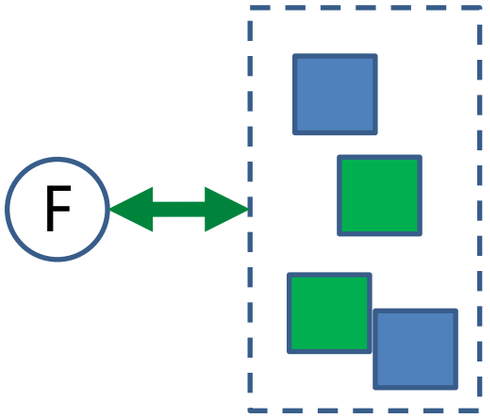
F(X, Y) = {...}



无副作用



有副作用

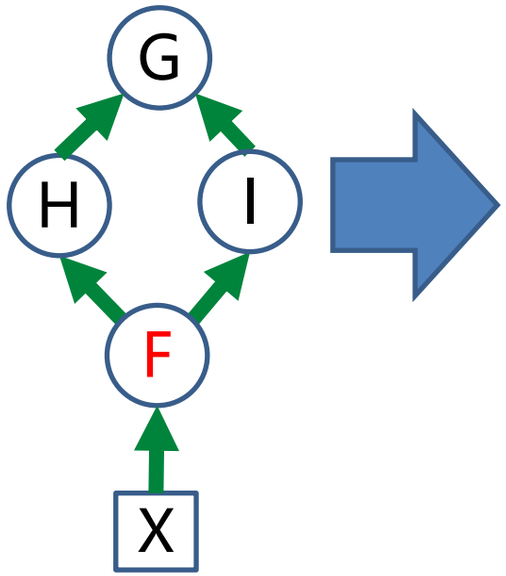


图执行引擎：函数编程又有什么优势？

- 天然可并发
  - 并发的难点在竞争
  - 纯函数编程是无竞争的

T = F(X)

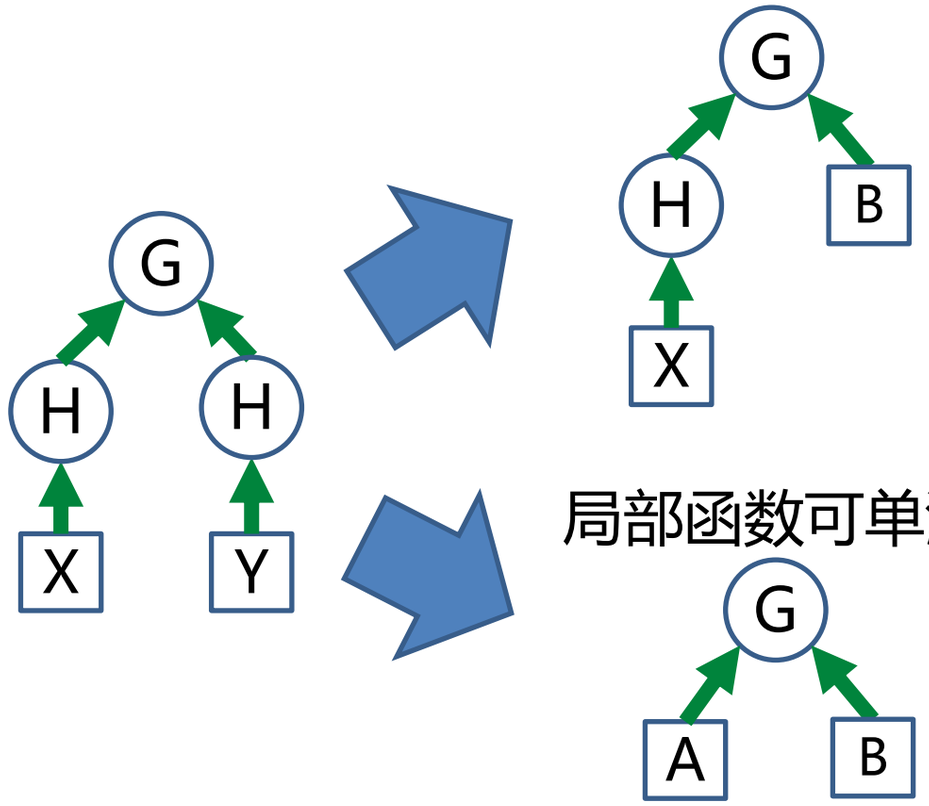
G(H(T), I(T))




```
INVOKE F, X -> T
WAIT T
INVOKE H, T -> _T1
INVOKE I, T -> _T2
WAIT _T1, _T2
INVOKE G, _T1, _T2 -> R
WAIT R
```

- 执行可分拆
  - 输出一样，那么就是一样的

SPARK RDD快速恢复



图执行引擎：近在身边的函数编程

- 并行编译
  - 使用者描述依赖关系（a.o: a.cc common.h）
  - 使用者实现函数功能（g++ -c a.cc -o a.o）
  - 使用make exe –jn运行，自然完成无依赖并发
- 增量编译
  - 进行部分修改（a.cc）
  - 使用make，基于不可变性跳过部分执行（b.o）

```
exe: a.o
    g++ a.o b.o -o exe

a.o: a.cc common.h
    g++ -c a.cc -o a.o

b.o: b.cc common.h
    g++ -c b.cc -o b.o
```

图执行引擎：一个C++函数编程框架

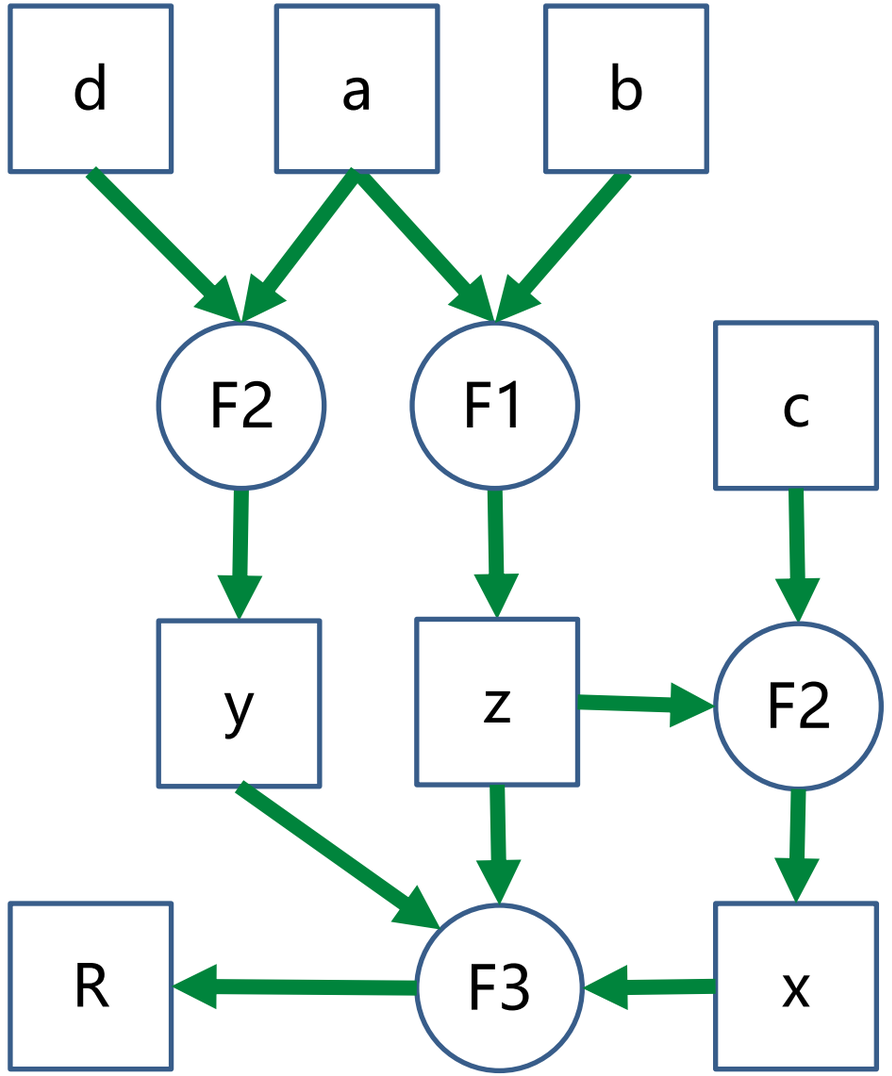
- 整体思路：
  - 使用C++原生指令编程开发基础函数，控制函数间无副作用影响
  - 框架通过组图API的方式采用函数编程语义完成函数组装
  - 采用多种优化手段规避函数编程地不可变性带来地性能损耗
- 预期：
  - IO和复杂计算逻辑交给指令编程模式开发，保证实现效率
  - 函数间组装和应用关系按照函数编程实现，保证并发和隔离

图执行引擎：用一张图来表达函数编程

- F(a, b, c, d) =

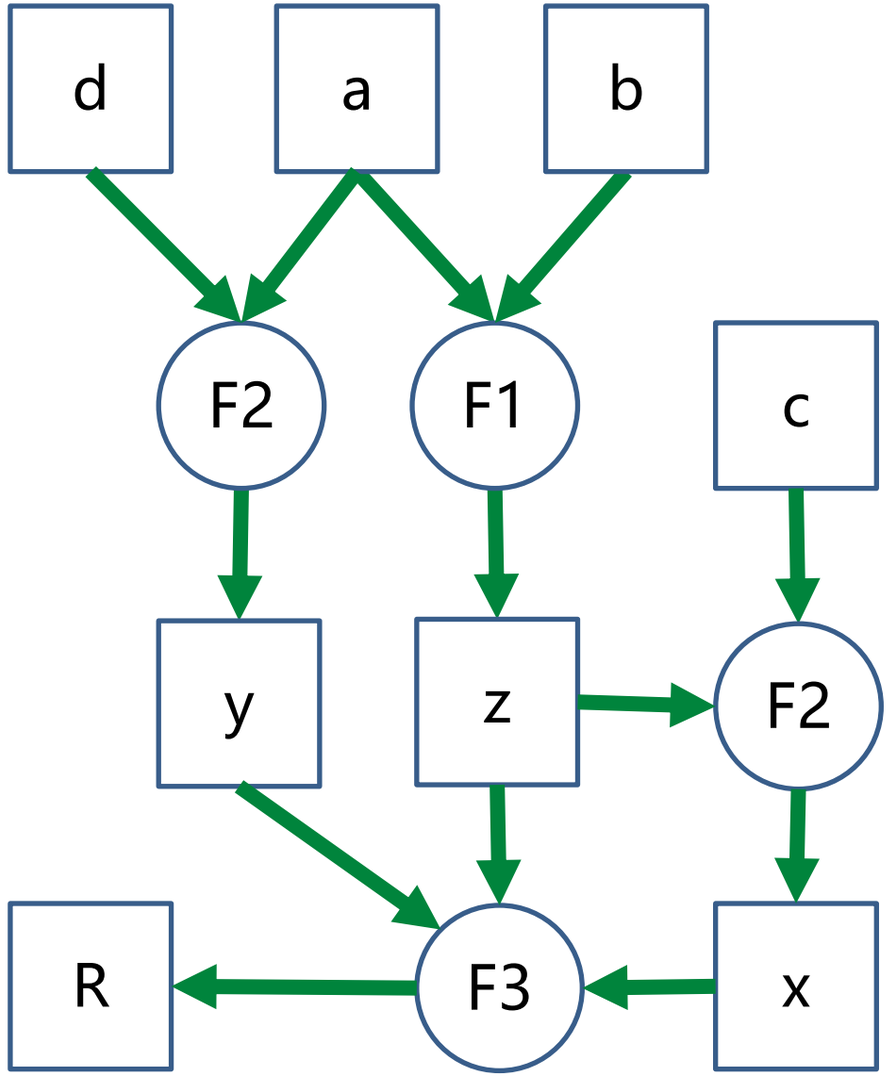
  F3(F2(F1(a,b),c),F1(a,b), F2(a, d))

  – z = F1(a, b)
  – y = F2(a, d)
  – x = F2(z, c)
  – R = F3(x, z, y)



图执行引擎：用一张图来表达函数编程

- 函数
  - -> 计算节点
- 不可变输入&计算结果
  - -> 数据节点
- 高阶函数定义
  - -> 组图
- 函数输入输出
  - -> 节点间依赖
- 函数应用
  - -> DAG求解



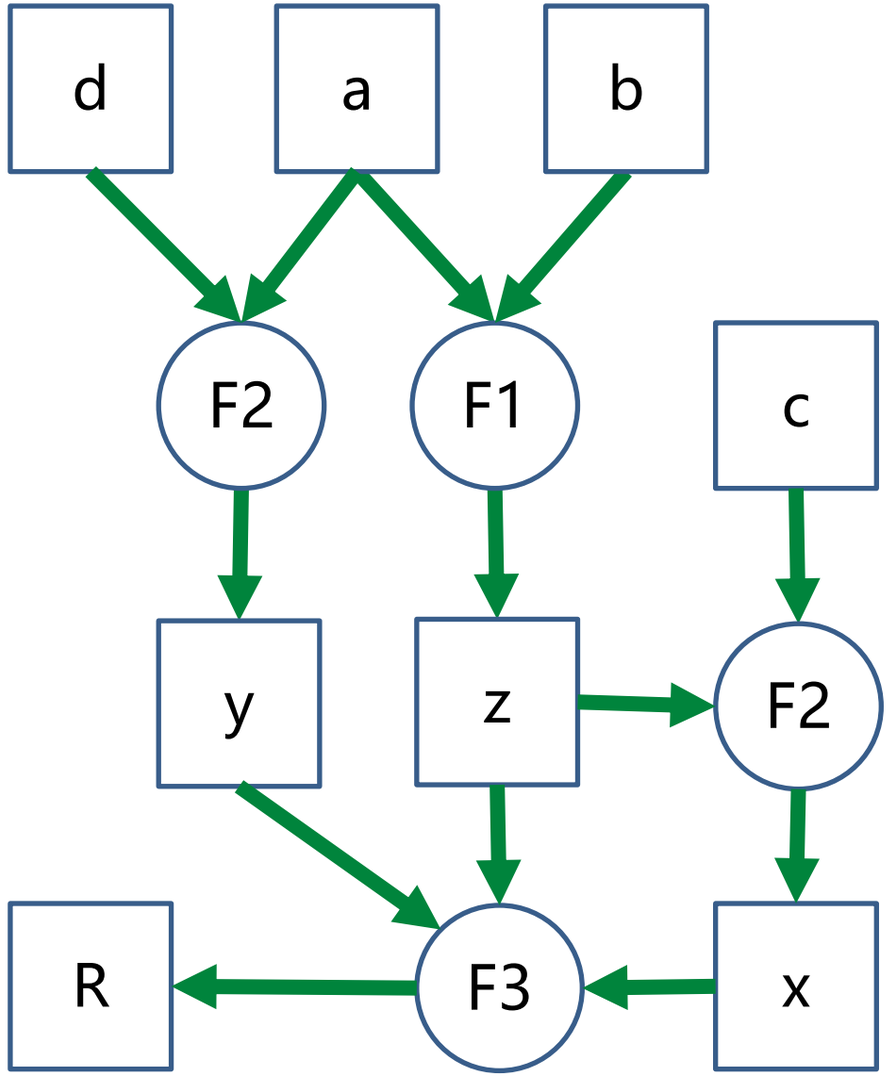
图执行引擎：用一张图来表达函数编程

- 构建

```
vertex = builder.add_vertex(F1)
vertex.depend(a);
vertex.depend(b);
vertex.emit(z);
……
graph = builder.build();
```

- 运行

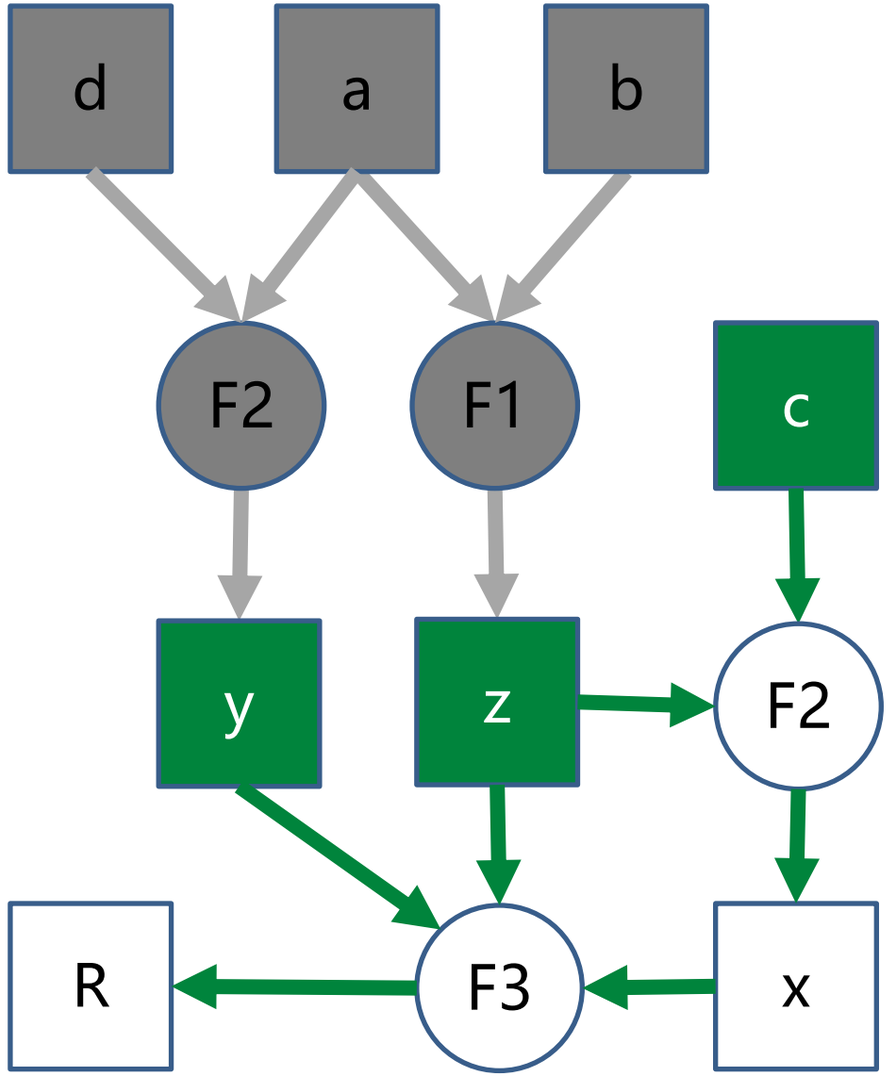
```
graph.find_data(a).set_value(…)
……
graph.run(R)
```



图执行引擎：局部运行

- 运行

  graph.find_data(z).set_value(...)
  graph.find_data(y).set_value(...)
  graph.find_data(c).set_value(...)
  graph.run(R)



图执行引擎：函数闭包&工作区

- 构建

```
vertex.option(...) // 将任意数据注入函数作为闭包携带
```

- 初始化

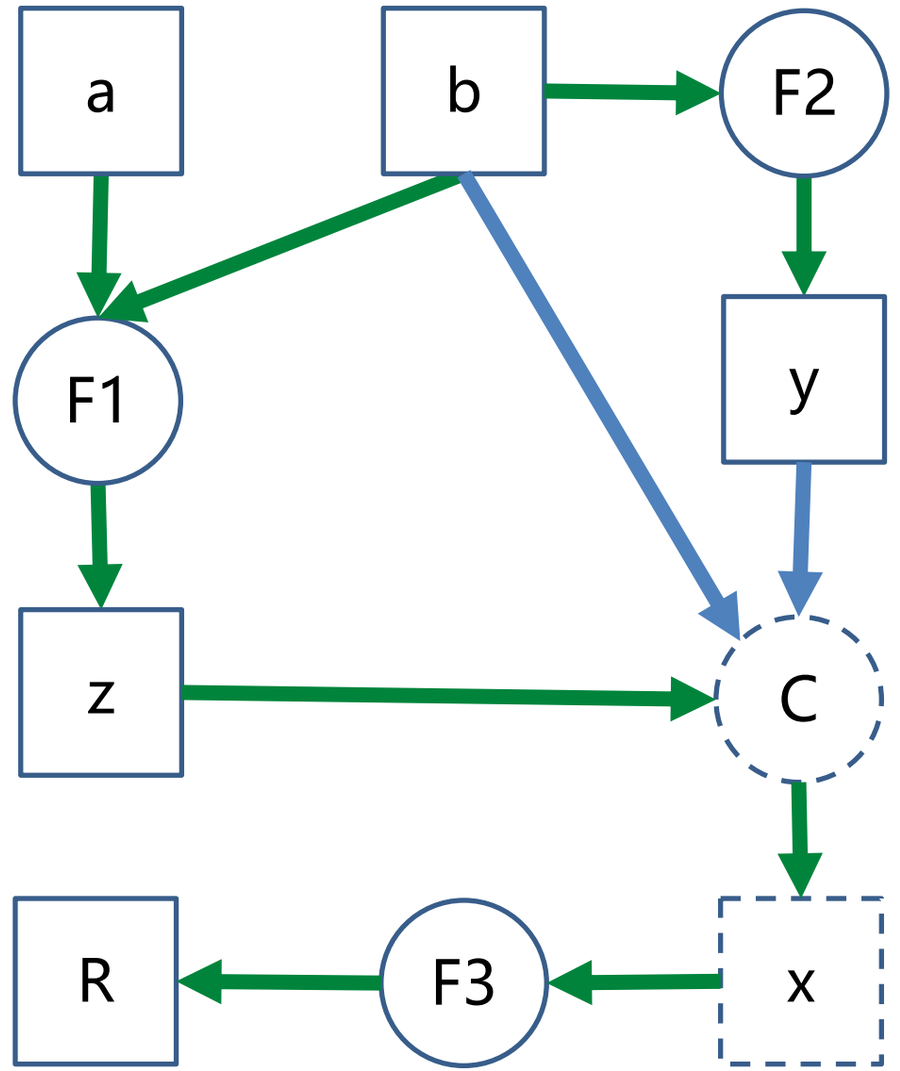
```
int Function::setup(const Any& o) {
    ... option = o.get<...>()
    // 依据option初始化，运行时表现不同的行为
    ......
    // 初始化一些运行时缓冲区等工作环境，多次运行可复用
}
```

图执行引擎：惰性求值 -> 条件依赖

- F(a, b) =

  F3(F1(a, b) ? F2(b) : b)

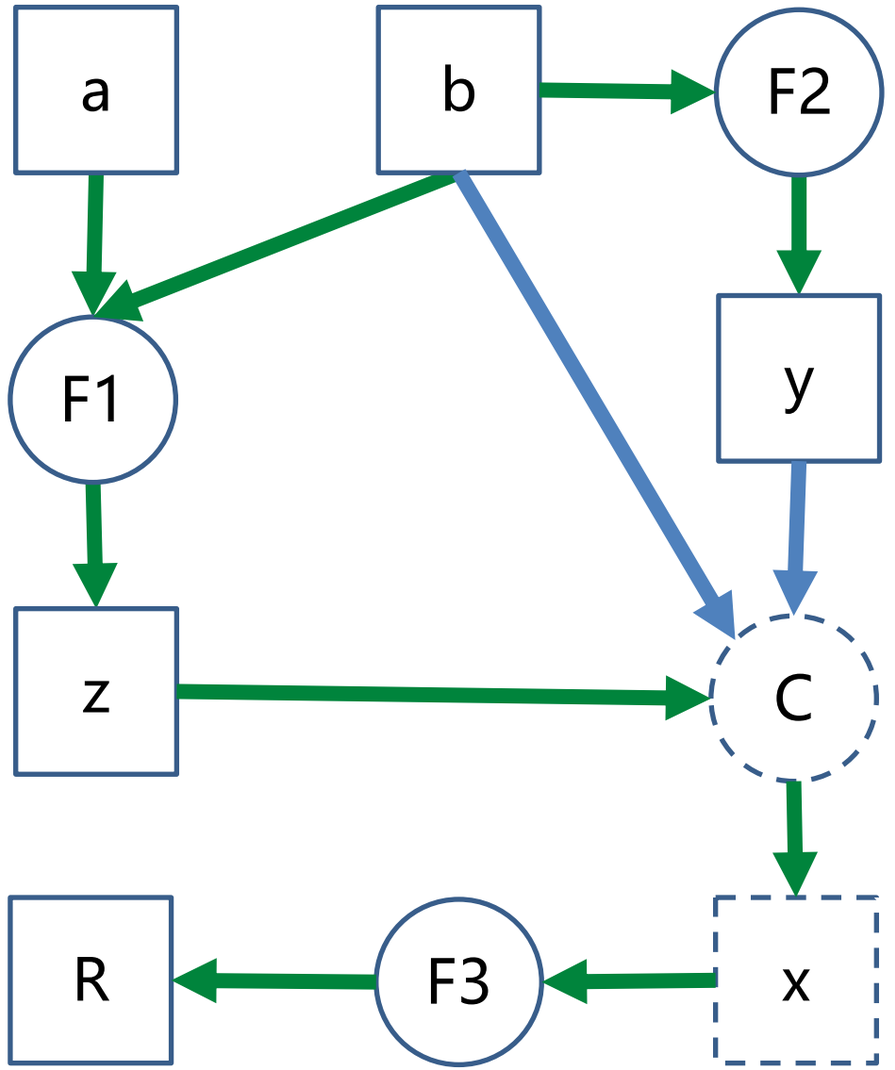
  – z = F1(a, b)
  – y = F2(b)
  – x = C(z, y, b)
  – R = F3(x)



图执行引擎：惰性求值 -> 条件依赖

- 构建

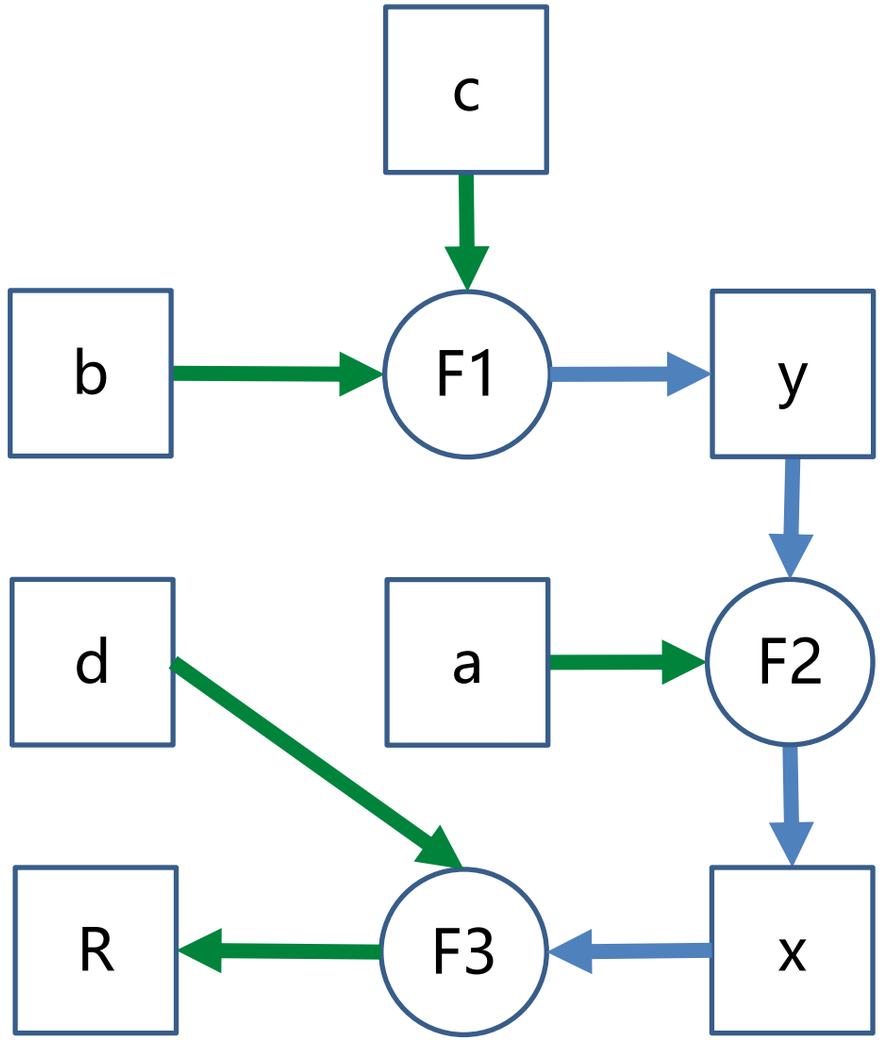
```
builder.add_vertex(F1)
...
builder.add_vertex(F2)
...
vertex = builder.add_vertex(F3)
vertex.depend(z ? y : b)
......
```



图执行引擎：局部流水线

- F(a, b, c, d) =
  F3(F2(a, F1(b, c)), d)

  - channel y = F1(b, c)
  - channel x = F2(a, y)
  - R = F3(d, x)



图执行引擎：局部流水线

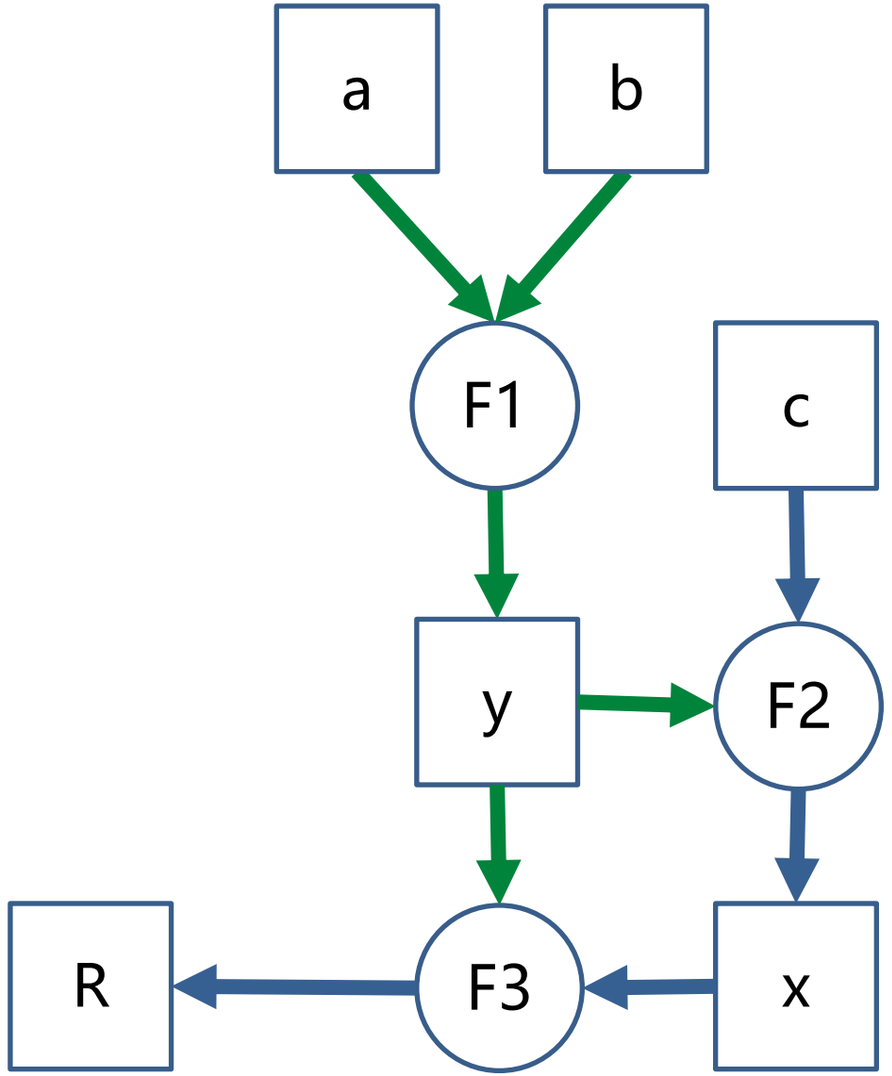
```
int F1::process() {
    .....
    {
        publisher = y.open()
        // F2被唤起
        publisher->publish(...)
    } // 通知F2关闭
    .....
}
```

```
int F2::process() {
    // a产出&y.open之后开始执行
    .....
    consumer = y.subscribe()
    ... = consumer.consume()
    // 阻塞等待一个发布
    // 消费完成&上游关闭后收到null
    .....
}
```

图执行引擎：引用输出和可变依赖优化

- 可变依赖

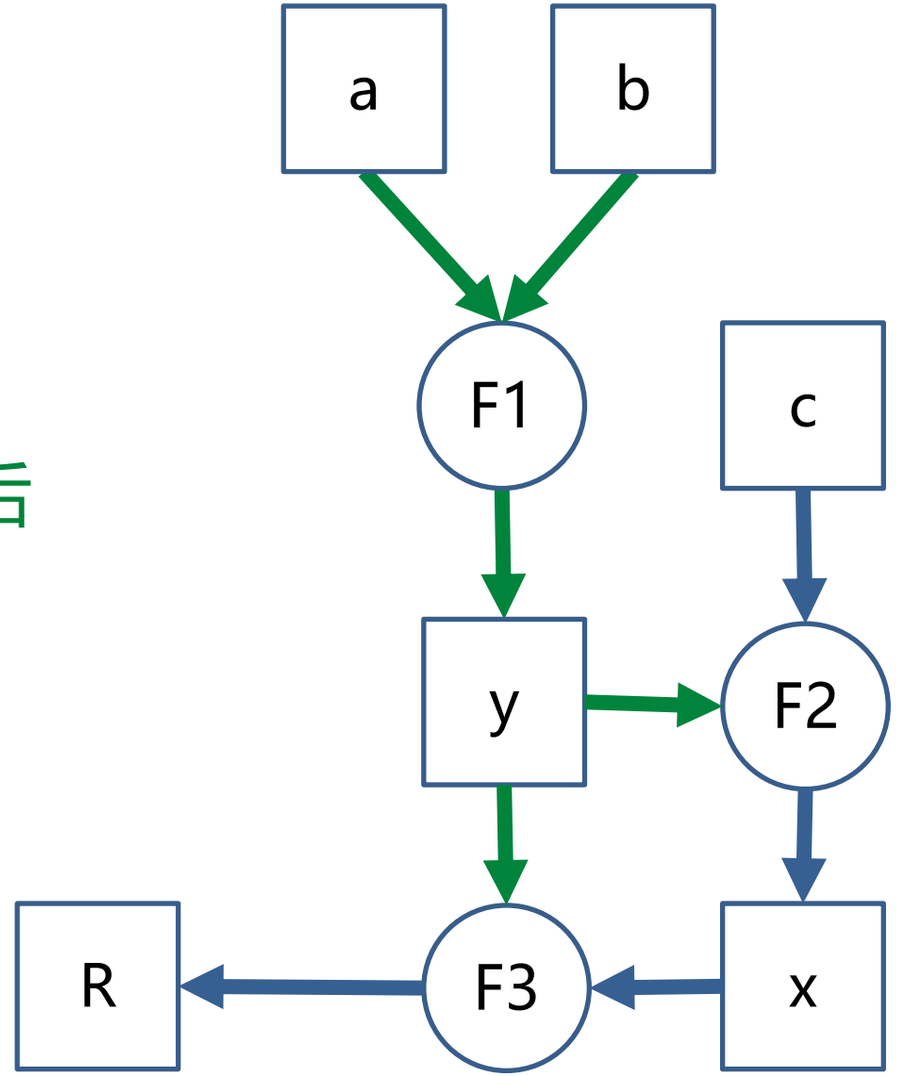
```
int F2::setup(const Any& o) {
        c.declare_mutable()
        // 声明需要可变输入
}
int F2::process() {
        ... = c.mutable_value()
        // 声明后可以取得可变指针
        // 如果框架发现多依赖，则报错
}
```



图执行引擎：引用输出和可变依赖优化

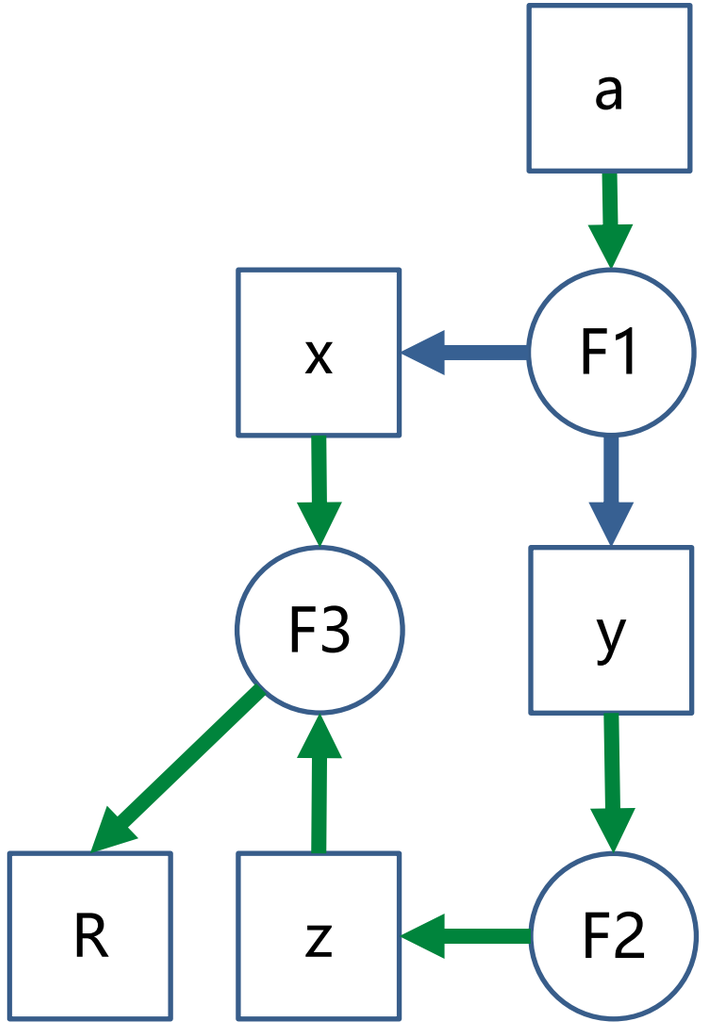
- 引用输出

```
int F2::process() {
    … = c.mutable_value()
    ……
    x.forward(c) // 直接转发输入，修改后
    x.emit().ref(…) // 引用输出任意值
}
```



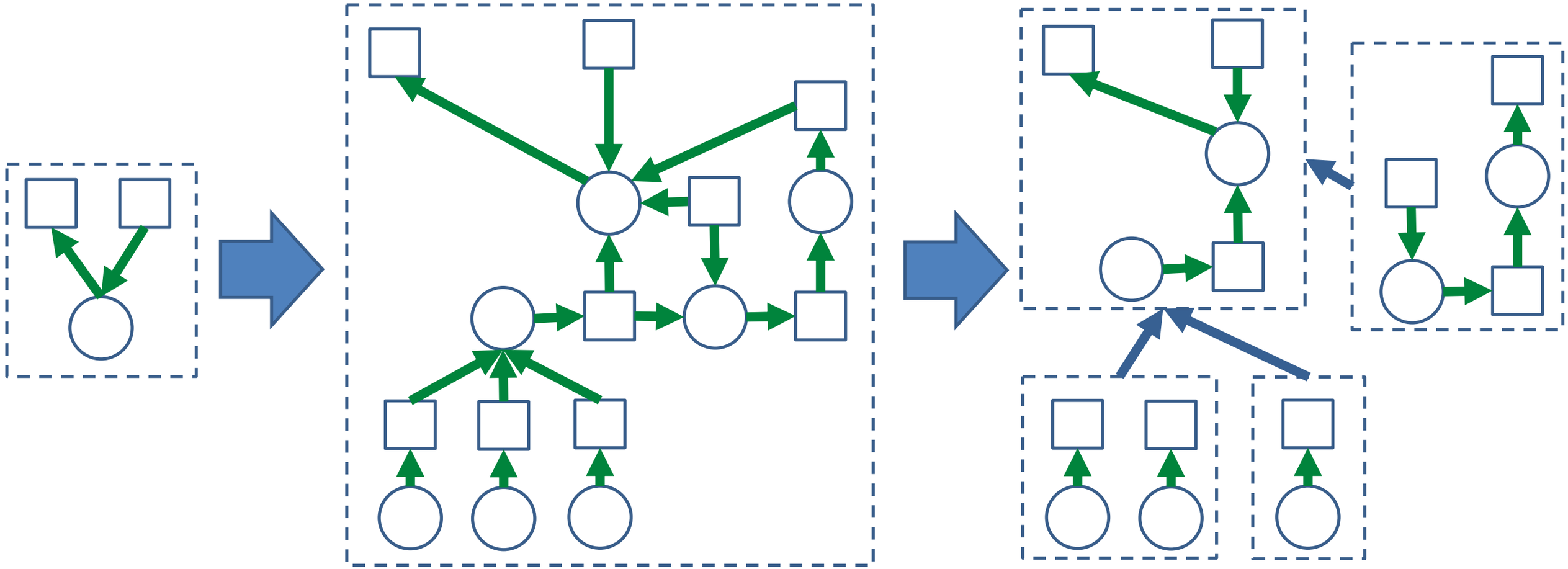
图执行引擎：分阶段多输出优化

```
int F1::process() {
    y.emit()
    // F2已经可以开始执行了
    ..... // 继续计算x，可能耗时较久
    x.emit()
    // F3可以开始执行了
    ..... // 可以继续做些打复杂日志等后置操作
}
```



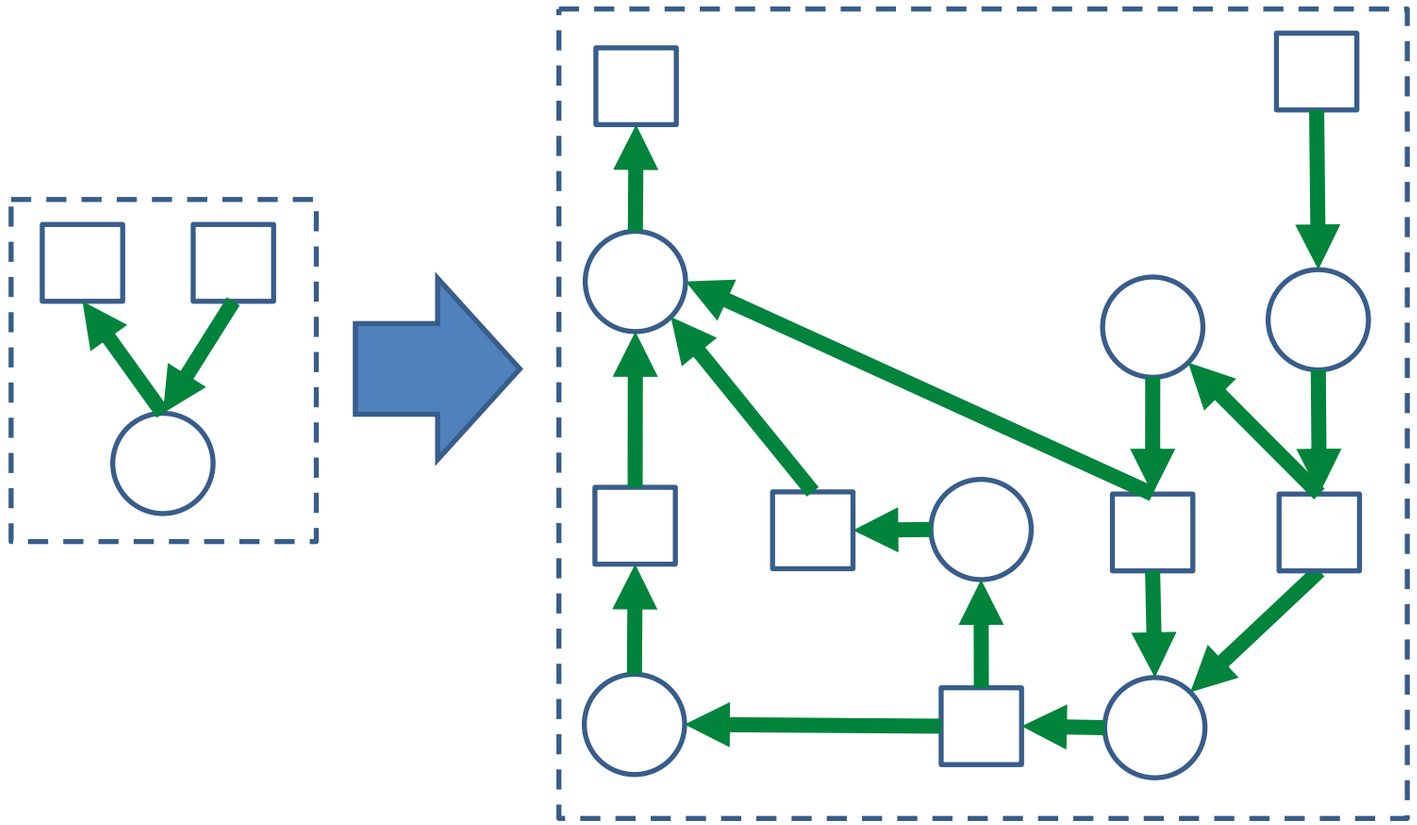
图执行引擎展望：搜索引擎是一个函数

- LIST = SEARCH（USER）
- 服务分割&RPC连接

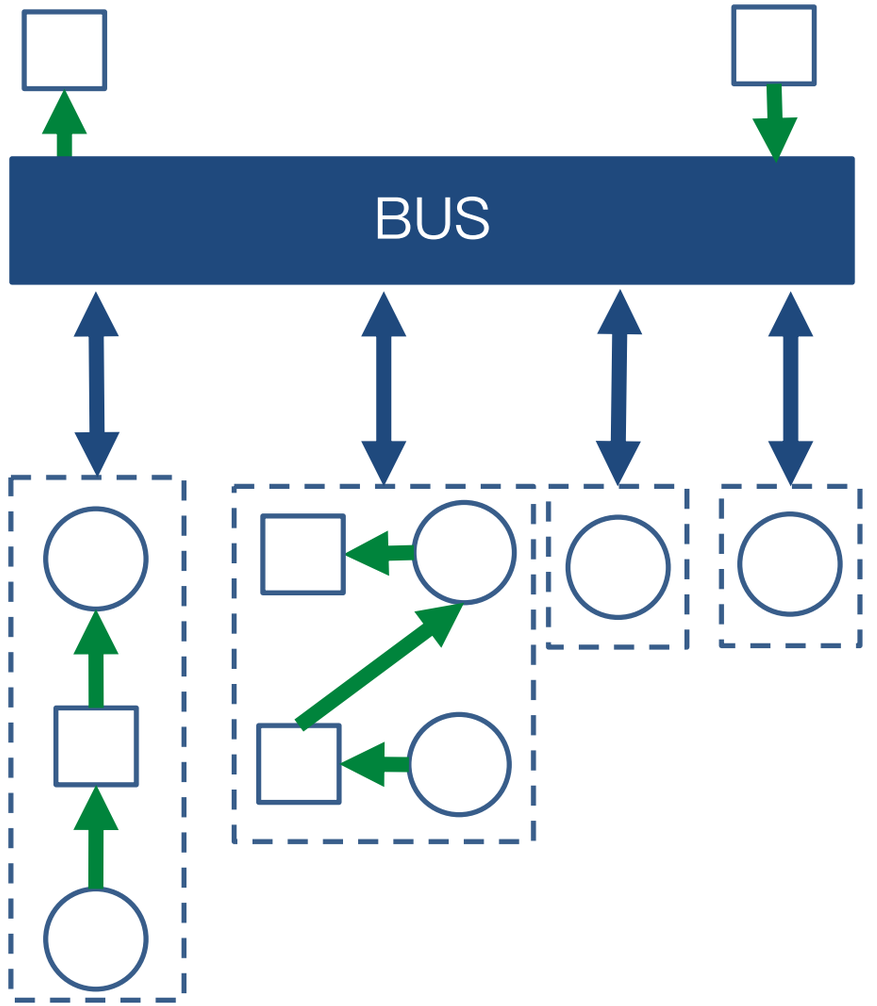


图执行引擎展望：SPIDER是一个函数

- DOC = SPIDER（URL）



- 服务分割&消息连接



图执行引擎展望：单进程推广到分布式