ArchSummit
全球架构师峰会 2017

主办方 Geekbang 极客邦科技 InfoQ

PaddlePaddle

Towards a Deep Learning Compiler

于洋
Baidu

PaddlePaddle历史

开源前

- 百度内部项目
- 四年前由徐伟老师发起
- 50+百度内部产品使用
- 获得两次百度百万美元最高奖

开源后

- 2016年9月开源
- 开源后TechLeader ----- 王益
- 新的PythonAPI
- 支持浏览器编程，云端运行
- 深度整合Kubernetes
- 发布PaddlePaddle Fluid

深度学习框架历史

基于层的深度学习框架

用Sequence Of Layer表示神经网络

四年前

基于Op的深度学习框架

用DAG表示神经网络

两年前

命令式编程的深度学习框架

使用编程语句表示神经网络

目前

深度学习框架历史

- 四年时间，发展出三代深度学习系统
- 深度学习系统表达能力越来越强
  - Sequence of Layer
    - 适应CNN
    - Symbolic Programming paradigm
  - DAG
    - 可以适应RNN，并减少框架核心的代码量
    - Symbolic Programming paradigm
  - Imperative programming
    - 不区分神经网络的配置和执行。
    - 神经网络边配置边执行。

Symbolic 神经网络框架的问题

- 缺乏像编程语言般的灵活性
- 举例:
  - RNN会按照展开成多份静态网络
  - 每份静态的网络只能处理同样形状(Shape)的数据。

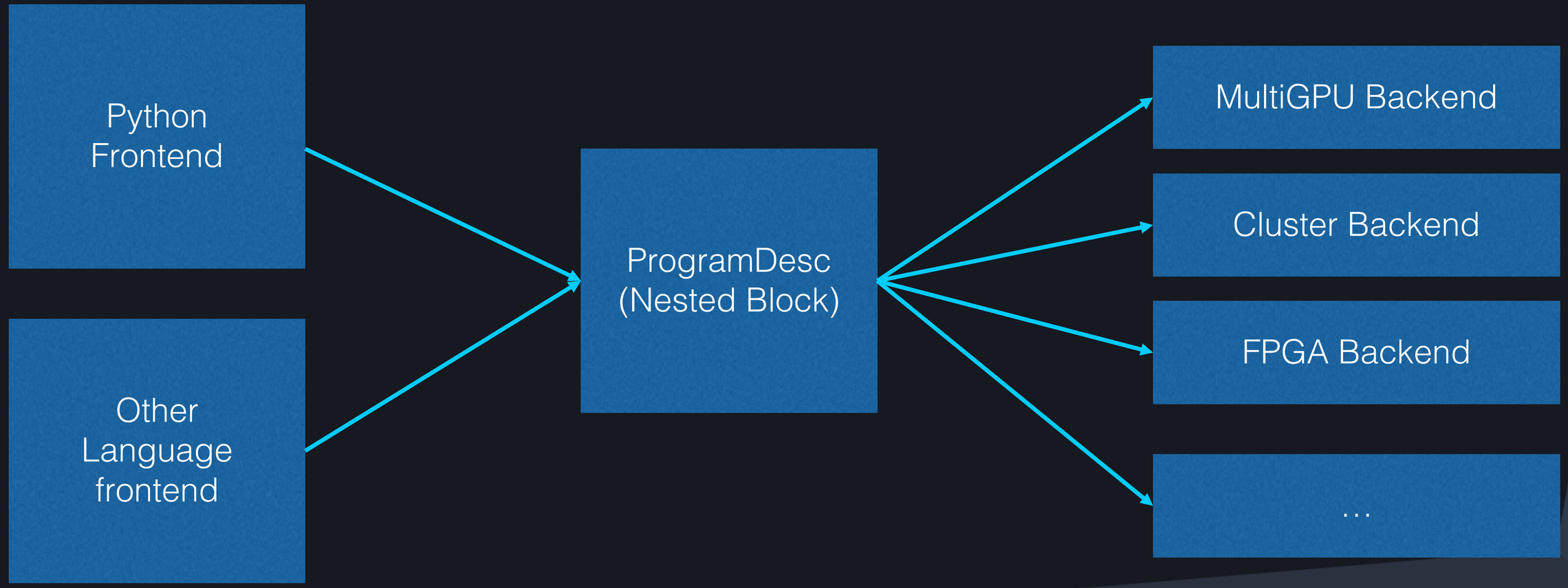
PyTorch的命令式编程范式

- 借用了其他编程语言的控制流
  - 好处：框架本身不用关心If/Else, While如何实现
- 问题：
  - 无法序列化网络。不能很好的部署、集群并行。
  - 性能优化空间小。

编译器的主要模块


Source Code
Frontend
Common Optimizer
Backend
Machine Code

PaddlePaddle-Fluid编译器设计思路



编译阶段与运行阶段分离

- 编译阶段描述计算流程
  - 编译结果是ProgramDesc
  - 类似编程语言中的AST(抽象语法树)
  - 设备无关优化在编译阶段完成
- 不同执行器后端根据设备特性对Program进行优化、运行

Block

- PaddlePaddle-Fluid将计算描述成嵌套的Block，而不是DAG。

编程语言	PaddlePaddle
For, while	WhileOp
If-Else, Switch	IfElseOp
顺序执行	指令(Op)序列

RNN / Loop

```
x = sequence([10, 20, 30]) # shape=[None, 1]
m = var(0) # shape=[1]
W = var(0.314, param=true) # shape=[1]
U = var(0.375, param=true) # shape=[1]

rnn = pd.rnn()
with rnn.step():
  x_ = rnn.step_input(x)
  h = rnn.memory(init = m)
  hh = rnn.previous_memory(h)
  a = layer.fc(W, x_)
  b = layer.fc(U, hh)
  s = pd.add(a, b)
  act = pd.sigmoid(s)
  rnn.update_memory(h, act)
  rnn.output(a, b)
o1, o2 = rnn()
```

```
int* x = {10, 20, 30};
int* m = {0};
int* W = {0.314};
int* U = {0.375};

int mem[sizeof(x) / sizeof(x[0]) + 1];
int o1[sizeof(x) / sizeof(x[0]) + 1];
int o2[sizeof(x) / sizeof(x[0]) + 1];
for (int i = 1; i <= sizeof(x)/sizeof(x[0]); ++i) {
  int x = x[i-1];
  if (i == 1) mem[0] = m;
  int a = W * x;
  int b = Y * mem[i-1];
  int s = fc_out + hidden_out;
  int act = sigmoid(sum);
  mem[i] = act;
  o1[i] = act;
  o2[i] = hidden_out;
}
```

If-else / IfElseOp

```python
import paddle as pd

x = minibatch([10, 20, 30]) # shape=[None, 1]
y = var(1) # shape=[1], value=1
z = minibatch([10, 20, 30]) # shape=[None, 1]
cond = larger_than(x, 15) # [false, true, true]

ie = pd.ifelse()
with ie.true_block():
    d = pd.layer.add_scalar(x, y)
    ie.output(d, pd.layer.softmax(d))
with ie.false_block():
    d = pd.layer.fc(z)
    ie.output(d, d+1)
o1, o2 = ie(cond)
```

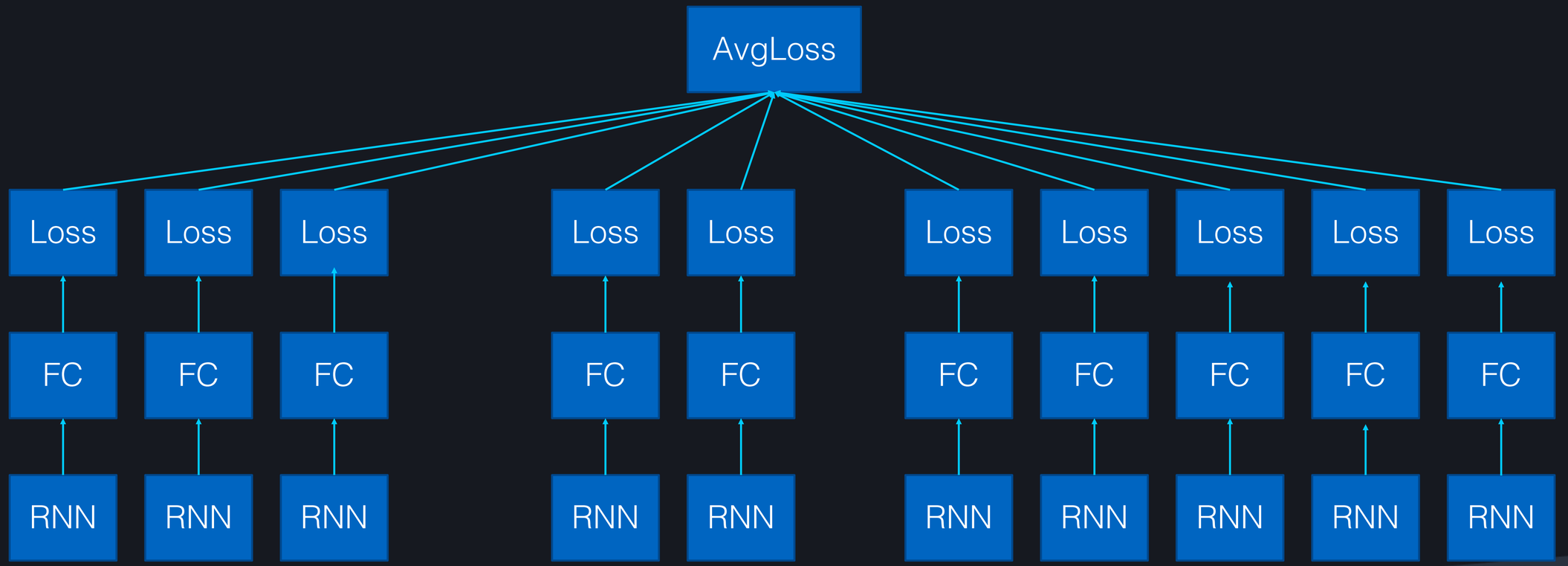
```python
namespace pd = paddle;

int x = 10;
int y = 1;
int z = 10;
bool cond = false;
int o1, o2;
if (cond) {
  int d = x + y;
  o1 = z;
  o2 = pd::layer::softmax(z);
} else {
  int d = pd::layer::fc(z);
  o1 = d;
  o2 = d+1;
}
```

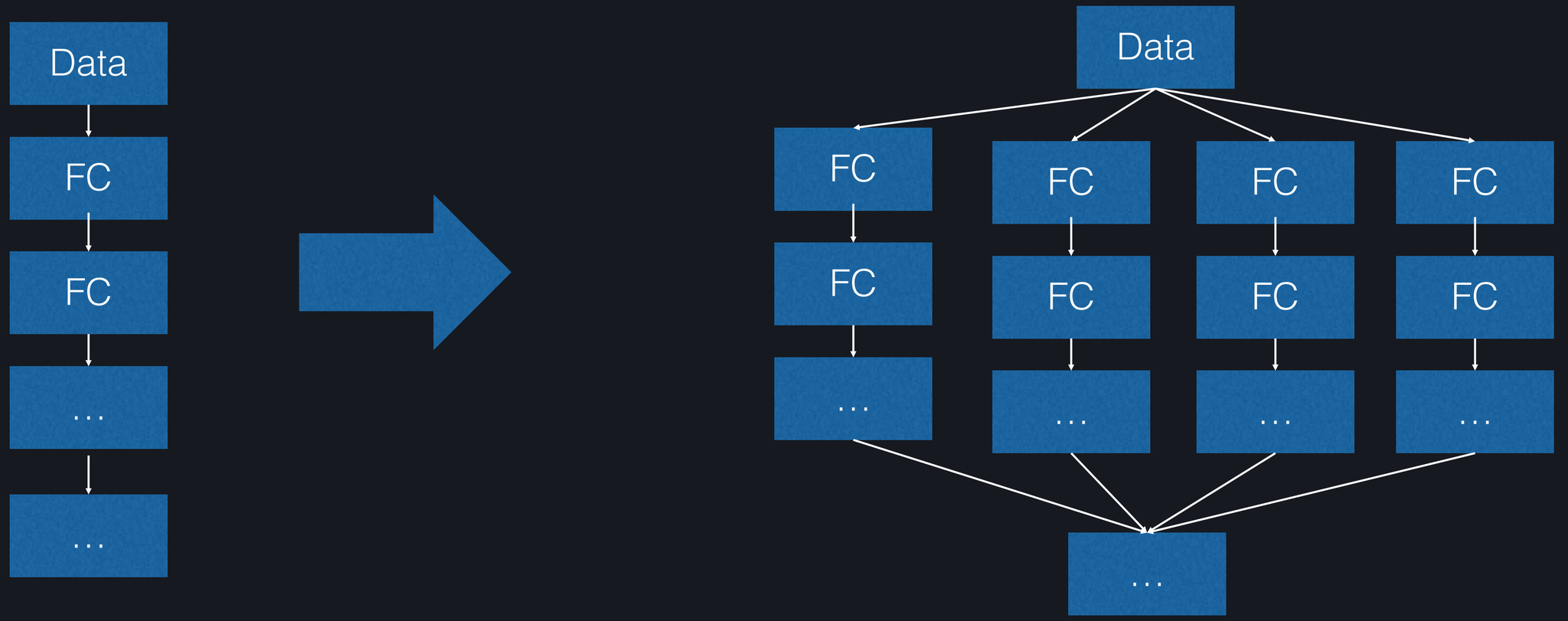
更强的IfElse/While

- 与PyTorch/DyNet实现动态网络的机制不同，Fluid实现动态的IfElse/While操作
- 『动态』：每一个mini-batch中的每条数据的分支都可以不同
- 『高效』：数据自动基于Batch运行，无补零

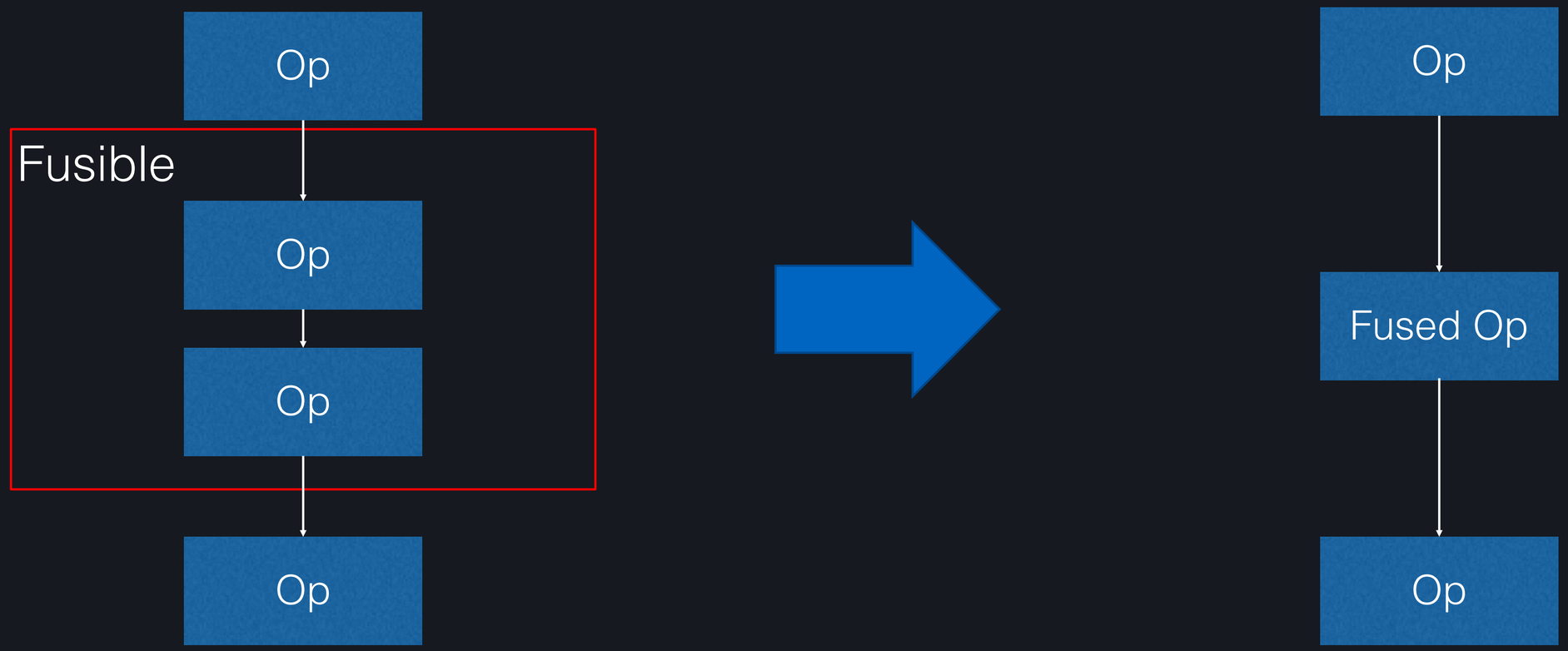
PaddlePaddle-Fluid RNN执行流程



执行器优化: 单设备→多设备



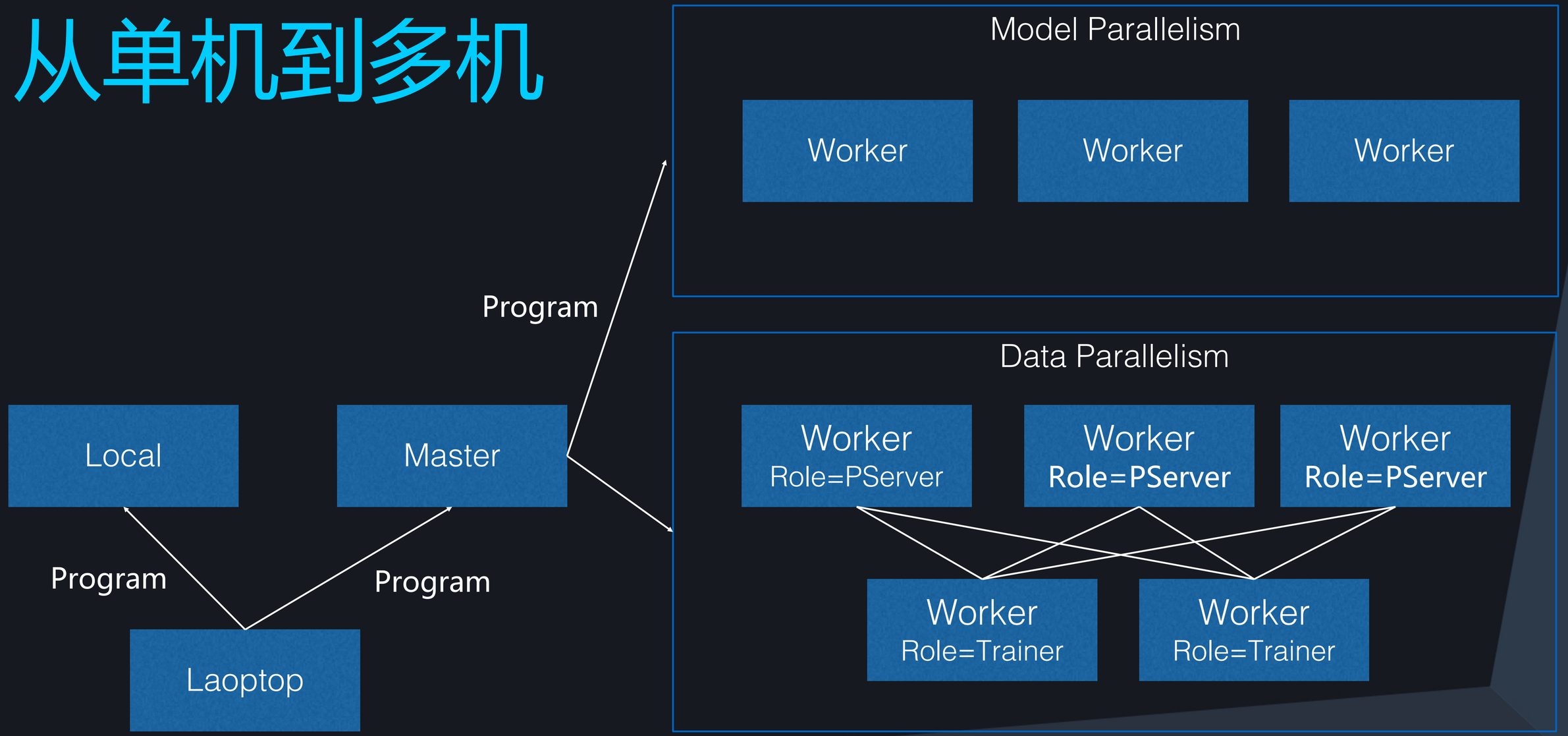
执行器优化: Kernel Fusion



从单机到多机

- 本地训练程序编译出中间结果 `Program`
- 本地训练程序将中间结果上传给集群Master节点
- 集群Master节点将单机`Program`分解变换成集群每个节点需要执行的程序

从单机到多机


Model Parallelism
Worker
Worker
Worker
Program
Data Parallelism
Worker
Role=PServer
Worker
Role=PServer
Worker
Role=PServer
Local
Master
Program
Program
Worker
Role=Trainer
Worker
Role=Trainer
Laoptop

项目信息

- Main Repo
  - github.com/PaddlePaddle/Paddle
- Model Bank
  - github.com/PaddlePaddle/models
- Book
  - github.com/PaddlePaddle/book
- Cloud
  - github.com/PaddlePaddle/cloud

THANK YOU

如有需求，欢迎至 [讲师交流会议室] 与我们的讲师进一步交流

ArchSummit
全球架构师峰会 2017