深度学习 + 大数据
TensorFlow on Yarn

李远策
2017年4月17日

内容大纲

360 互联网安全中心

- TensorFlow使用现状及痛点
- TensorFlow on Yarn设计
- TensorFlow on Yarn技术细节揭秘
- 深度学习平台演进及SparkFlow介绍

背景

360 互联网安全中心

坐标：360-系统部-大数据团队

专业：Yarn、Spark、MR、HDFS …

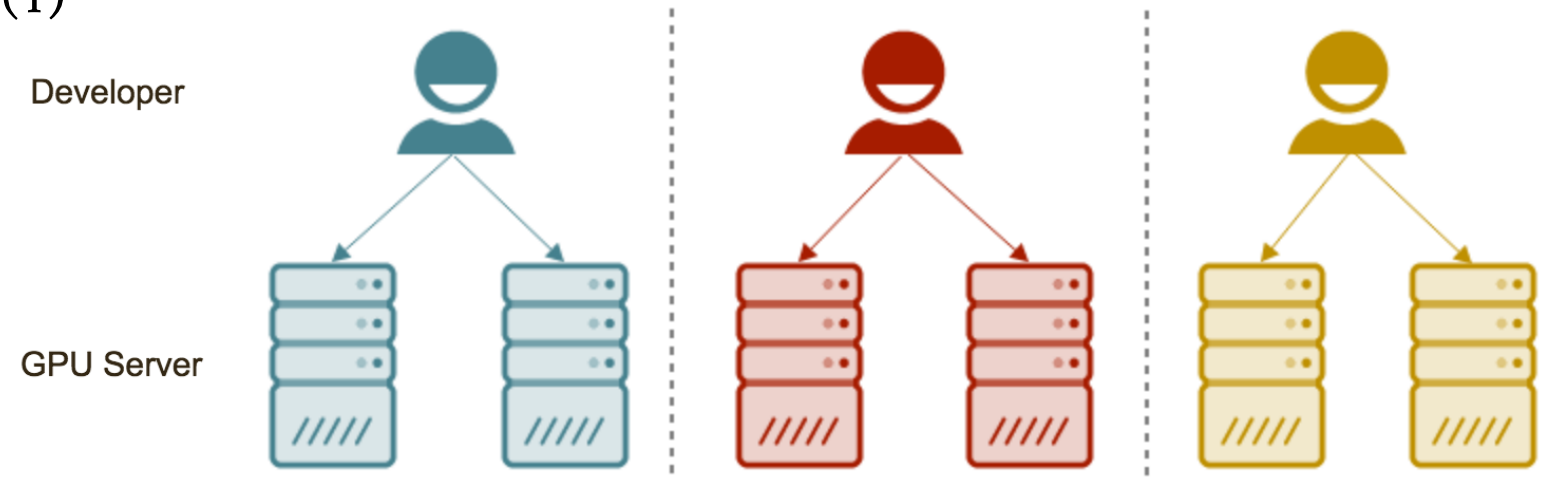
挑战：深度学习空前火爆，各种深度学习框架层出不穷，业务部门拥抱新兴技术。平台怎么应对?

机遇：Maybe 深度学习 + 大数据

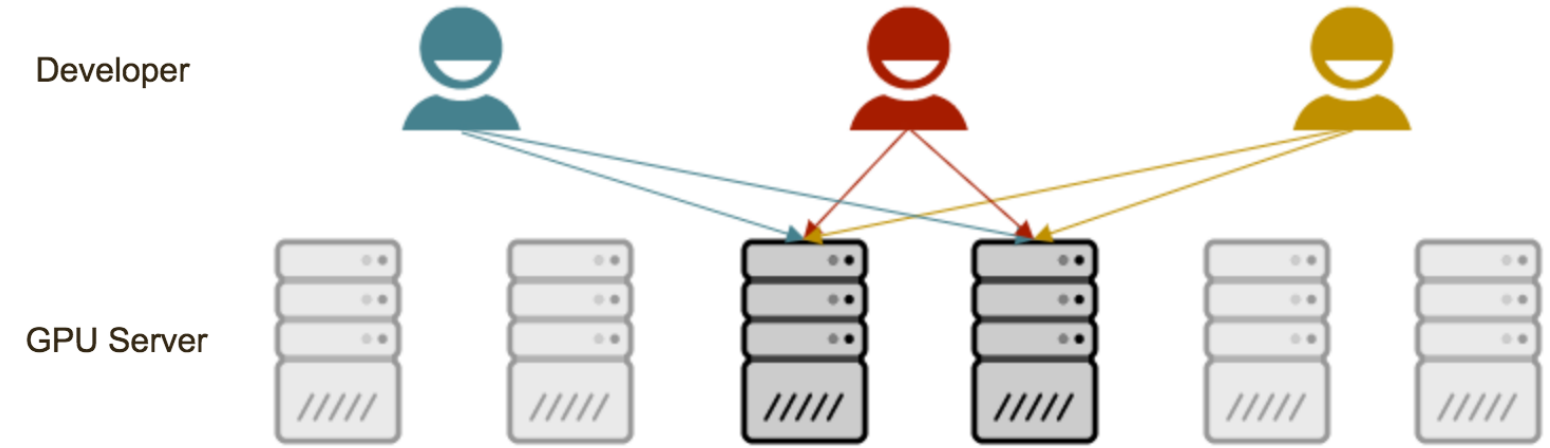
TensorFlow使用现状及痛点

360 互联网安全中心

场景（1）



场景（2）



TensorFlow使用现状及痛点

360 互联网安全中心

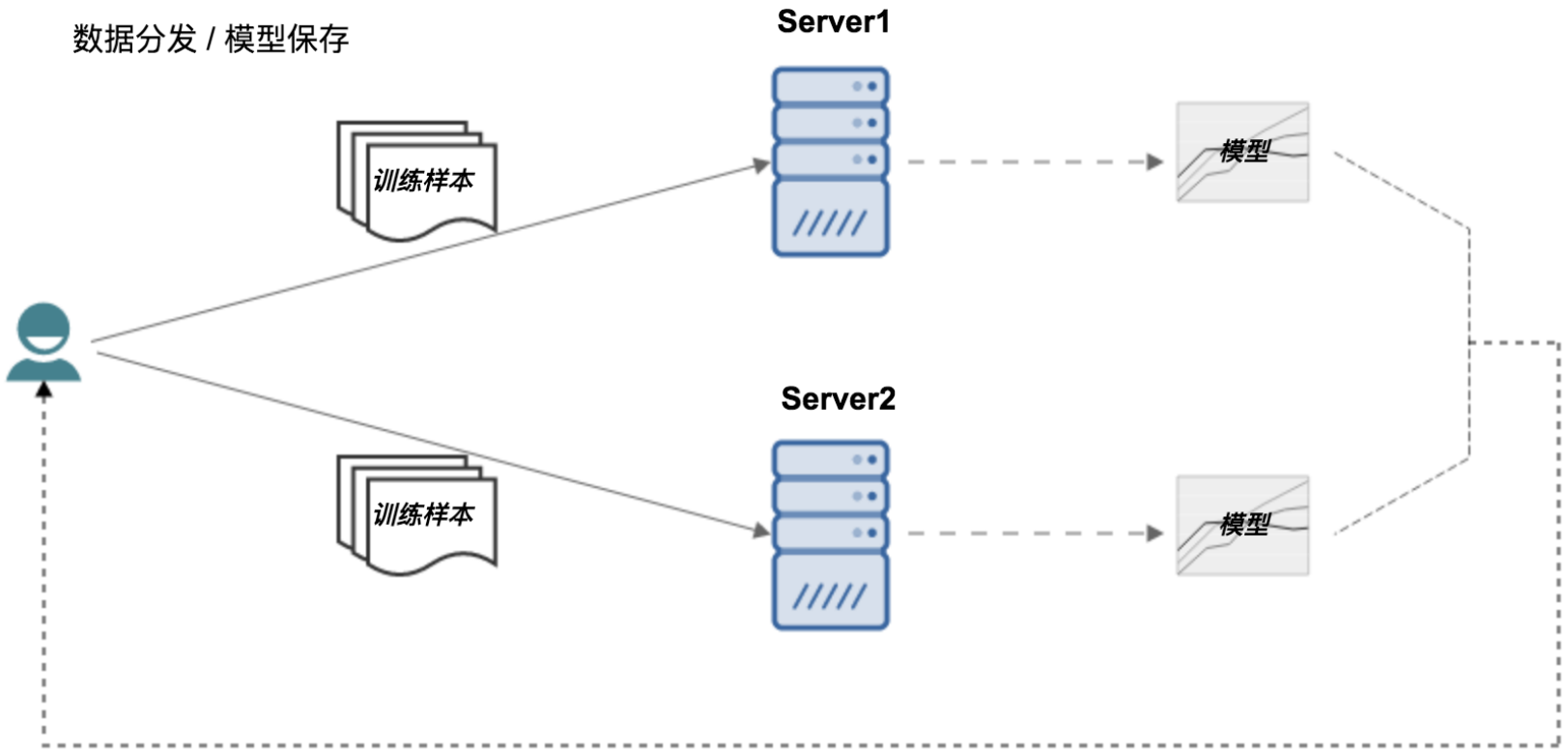
分布式版本ClusterSpec定义：

```
tf.train.ClusterSpec({
    “worker”: [
        “worker0.example.com:2222”,
        “worker1.example.com:2222”,
        “worker2.example.com:2222”
    ],
    “ps”: [
        “ps0.example.com:2222”,
        “ps1.example.com:2222”
    ]})
```

带来的问题：

- 手动指定机器很繁琐
- 端口冲突
- 机器负载不均

TensorFlow使用现状及痛点



- 手动分发训练样本
- 手动拉取训练模型

TensorFlow使用现状及痛点

360 互联网安全中心

总结：

- 多人多服务器使用混乱，计算资源如何划分?
- 没有GPUs集群资源管理和调度（内存、CPU、GPU、端口），集群资源负载不均
- 训练数据手动分发，训练模型手动保存
- 进程遗留问题，需要手动杀死
- 缺乏作业统一管理，不便对作业运行状态跟踪
- 日志查看不方便

TensorFlow使用现状及痛点

360 互联网安全中心

Yarn能解决什么问题：

- 集群资源的管理（目前支持CPU、内存，需要扩展GPU资源管理）
- 作业的统一管理、状态跟踪
- 资源组（Schedule Pool）的划分
- 作业进程的资源隔离

TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

基本目标：

- 同时支持单机和分布式TensorFlow程序
- 支持GPU资源管理和调度
- 不再需要手动配置CluserSpec信息，仅需要设置work和ps的数量
- 训练数据和训练模型基于HDFS统一存储
- 作业训练结束自动回收work、ps和Tensorboard进程
- 训练效果和性能没有损失

TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

扩展目标：

- 支持GPU亲和性调度（提高通信效率）
- Web的方式查看作业的运行状况和作业日志
- 在线查看Tensorboard
- HistoryServer支持查看结束作业的日志和状态信息
- 控制已有的TensorFlow作业的迁移成本（最多改三行代码）

TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

提交脚本示例（分布式版本）：

```
tensorflow-submit \
  --app-name “tfdemo” \      #作业名
  --files tfTestDemo.py,dataDeal.py \      #依赖的本地文件
  --tfcmd “python tfTestDemo.py --training_epochs=20” \ #TF运行指令
  --input /home/xitong/tf-test/data \      #训练样本HDFS路径
  --output /home/xitong/tf-test/outputTest \      #保存模型的HDFS路径
  --worker-num 3 \      #work数量
  --worker-memory 8192M \      #每个worker需要的内存
  --worker-cores 1 \      #每个worker需要的CPU核数
  --worker-gpus 2 \      #每个worker需要的GPU卡数
  --ps-num 2 \      #ps数量
  --ps-memory 1024M \      #每个ps需要的内存
  --ps-cores 1 \      #每个ps需要的CPU核数
  --priority VERY_LOW \      #作业优先级
  --board-enable true \#是否开启Tensorboard服务
  --conf tf.file.download.thread.nums=10#其他参数设置
```

TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

Yarn首页作业信息：

集群GPU资源概况

Apps Submitted	Apps Pending	Apps Running	Apps Completed	Containers Running	Memory Used	Memory Total	Memory Reserved	VCores Used	VCores Total	VCores Reserved	GCores Used	GCores Total	GCores Reserved
31	0	6	25	20	75 GB	800 GB	0 B	21	480	0	20	80	0

User Metrics for dr.who

Apps Submitted	Apps Pending	Apps Running	Apps Completed	Containers Running	Containers Pending	Containers Reserved	Memory Used	Memory Pending	Memory Reserved	VCores Used	V P
0	0	0	0	0	0	0	0 B	0 B	0 B	0	0

Scheduler Metrics

Scheduler Type	Scheduling Resource Type	Minimum Allocation	
Fair Scheduler	[MEMORY, CPU, GPU]	<memory:1024, vCores:1, gCores:0>	<memory

Show 20 entries

ID	User	Name	Application Type	Queue	Application Priority	StartTime	FinishTime	State	FinalStatus	Running Containers	Allocated VCores	Allocated GCores
application_1491884189069_0032	liyuance	tensorflow-demo2	TensorFlow	root.default	NORMAL	Tue Apr 11 15:50:46 +0800 2017	N/A	RUNNING	UNDEFINED	6	6	9
application_1491884189069_0031	liyuance	tensorflow-demo	TensorFlow	root.default	VERY_LOW	Tue Apr 11 15:47:11 +0800	N/A	RUNNING	UNDEFINED	6	6	9

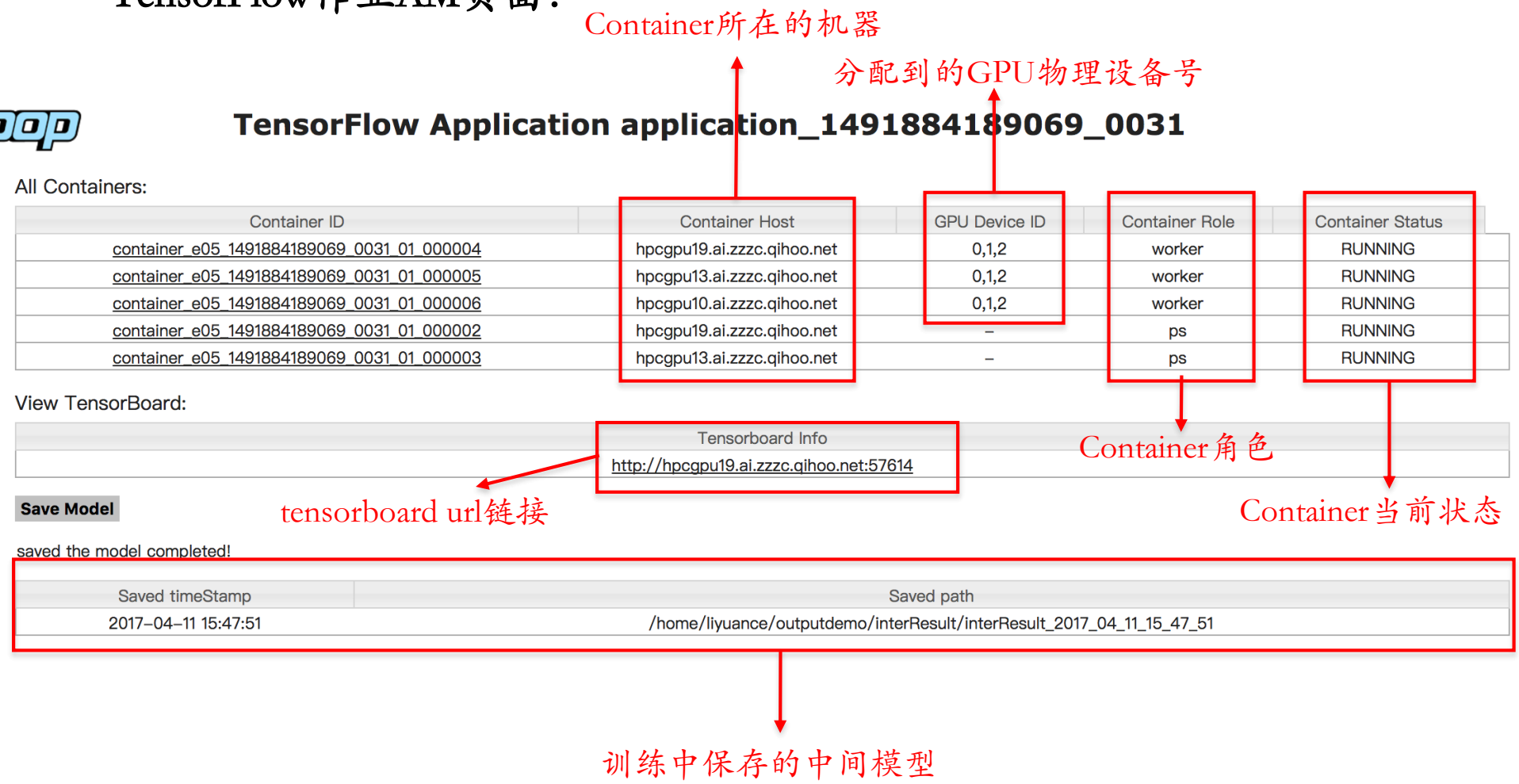
作业类型

作业分配到的GPU数量

TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

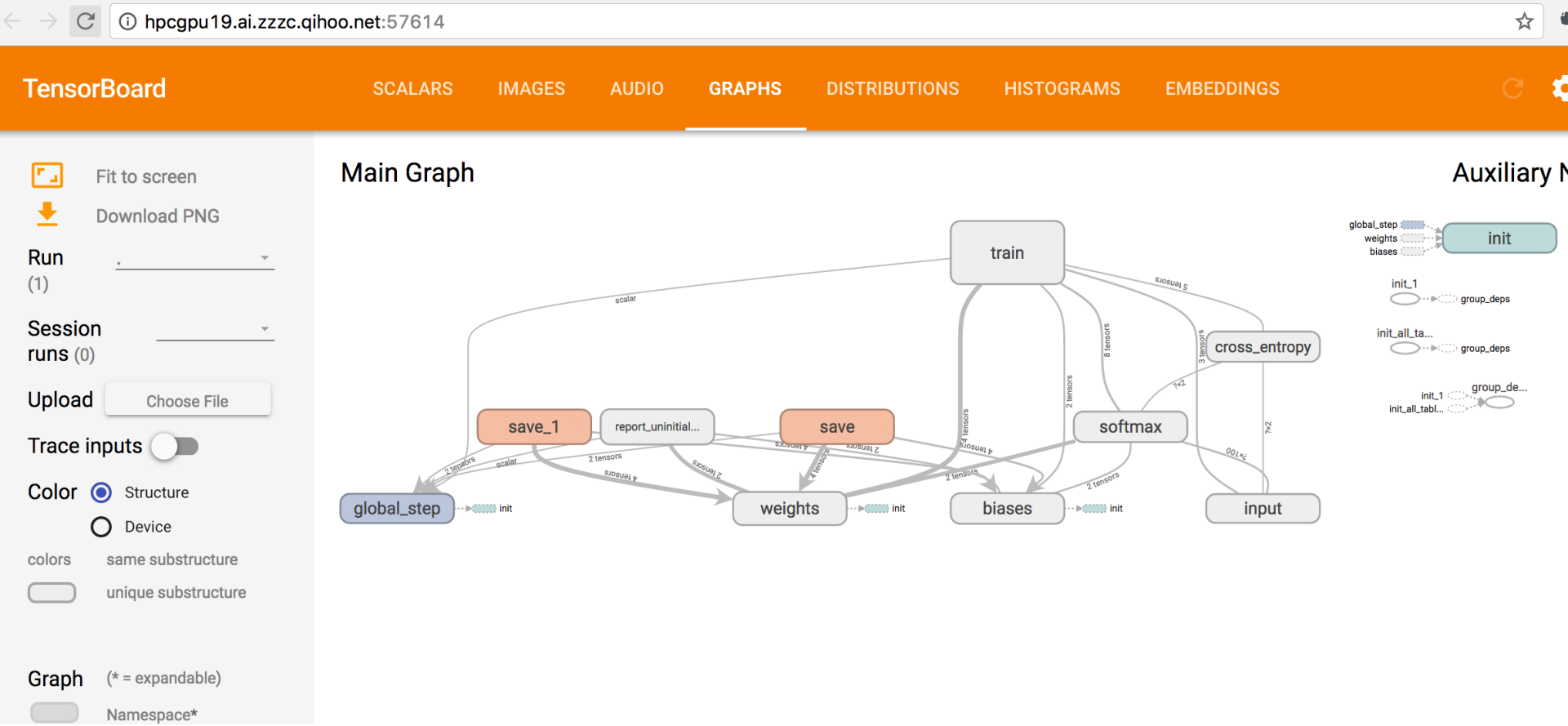
TensorFlow作业AM页面：



TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

TensorFlow作业Tensorboard页面：



TensorFlow on Yarn设计

360 互联网安全中心

TensorFlow作业history页面：

Logged in as: dr.who

Tensorflow Application application_1491884189069_0031

查看历史日志

All Containers:

Container ID	Container Host	GPU Device ID	Container Role	Container Status
container_e05_1491884189069_0031_01_000002	hpcgpu19.ai.zzzc.qihoo.net	–	ps	SUCCEEDED
container_e05_1491884189069_0031_01_000003	hpcgpu13.ai.zzzc.qihoo.net	–	ps	SUCCEEDED
container_e05_1491884189069_0031_01_000004	hpcgpu19.ai.zzzc.qihoo.net	0,1,2	worker	SUCCEEDED
container_e05_1491884189069_0031_01_000005	hpcgpu13.ai.zzzc.qihoo.net	0,1,2	worker	SUCCEEDED
container_e05_1491884189069_0031_01_000006	hpcgpu10.ai.zzzc.qihoo.net	0,1,2	worker	SUCCEEDED

View TensorBoard:

Tensorboard Info
tensorboard --logdir=hdfs://m01.ai.zzzc.qihoo.net:9000/home/yarn/tensorflow/eventLog/application_1491884189069_0031

Saved Model

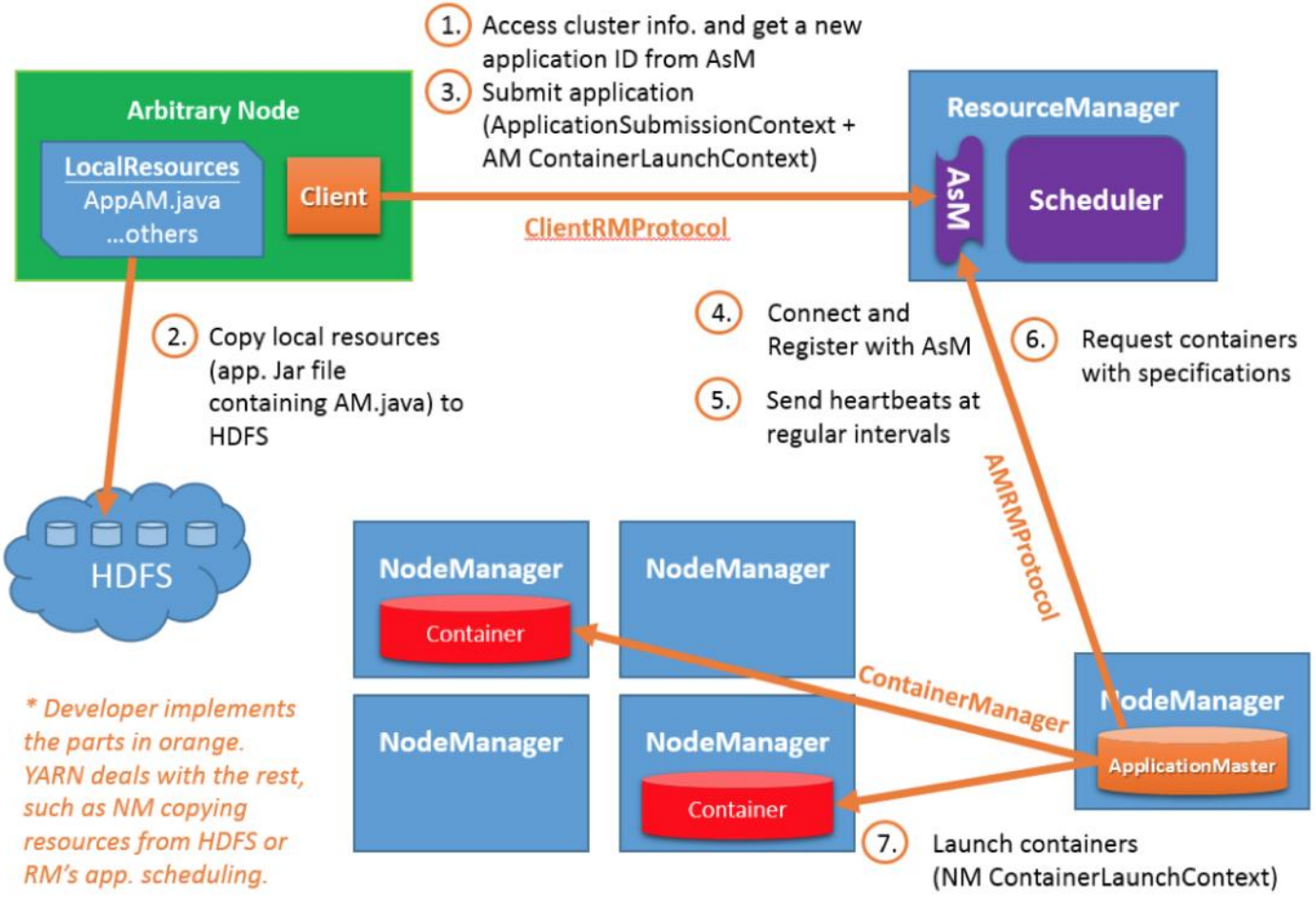
Saved timeStamp	Saved path
2017-04-11 15:47:51	/home/liyuance/outputdemo/interResult/interResult_2017_04_11_15_47_51

Event log上传到了HDFS

TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

实现Yarn Application的标准流程：



TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

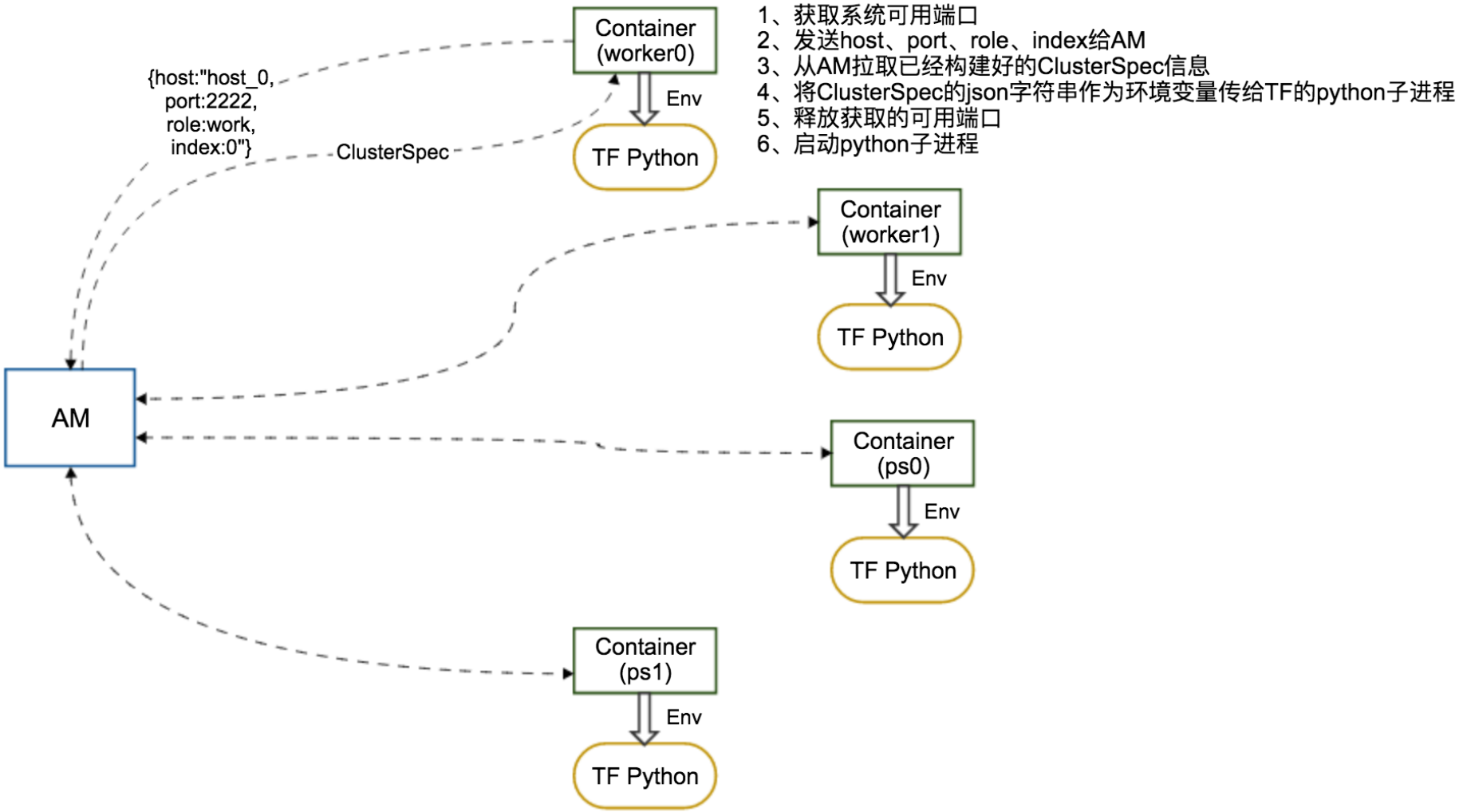
集成TensorFlow到Yarn面临的特定问题：

- 如何自组织ClusterSpec信息
- 训练数据的划分
- 如何启动Tensorboard服务
- 如何降低迁移成本
- 已分配的物理GPU设备号到用户态GPU设备号的映射

TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

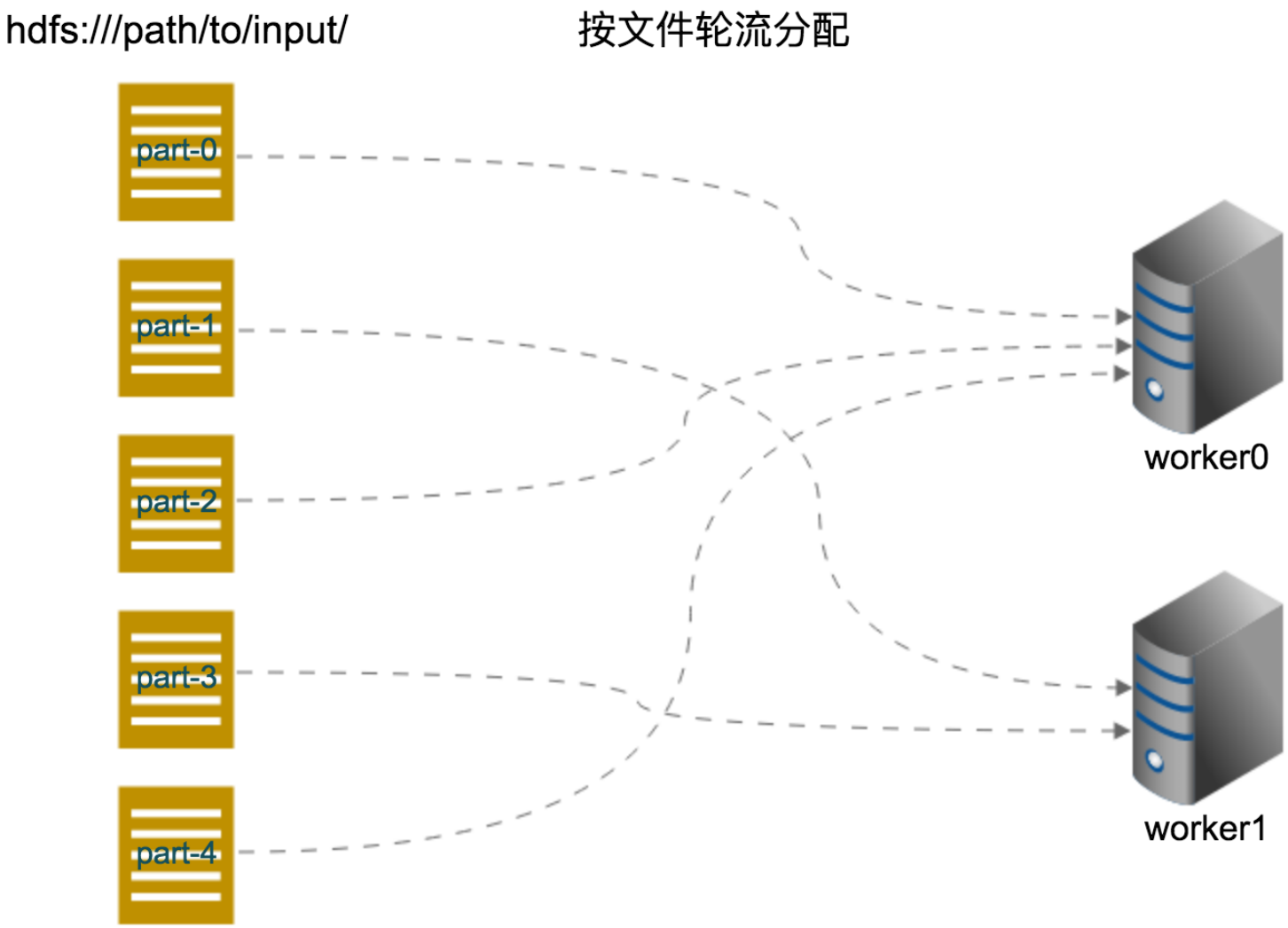
自动构建ClusterSpec的流程图：



TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

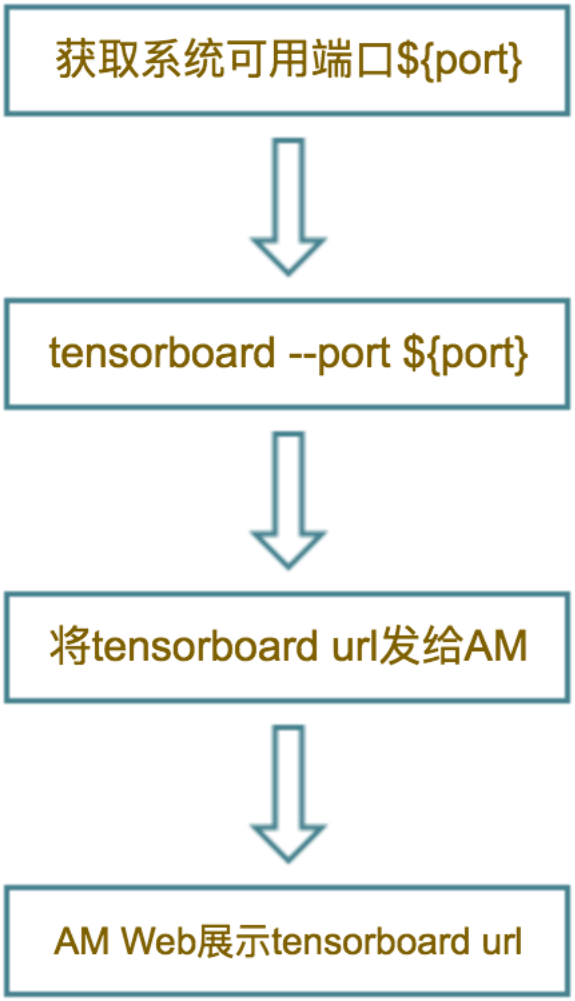
训练数据的划分：



TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

启动Tensorboard服务：



TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

降低已有tensorflow程序迁移成本：

（1）单机模式

不需要修改代码

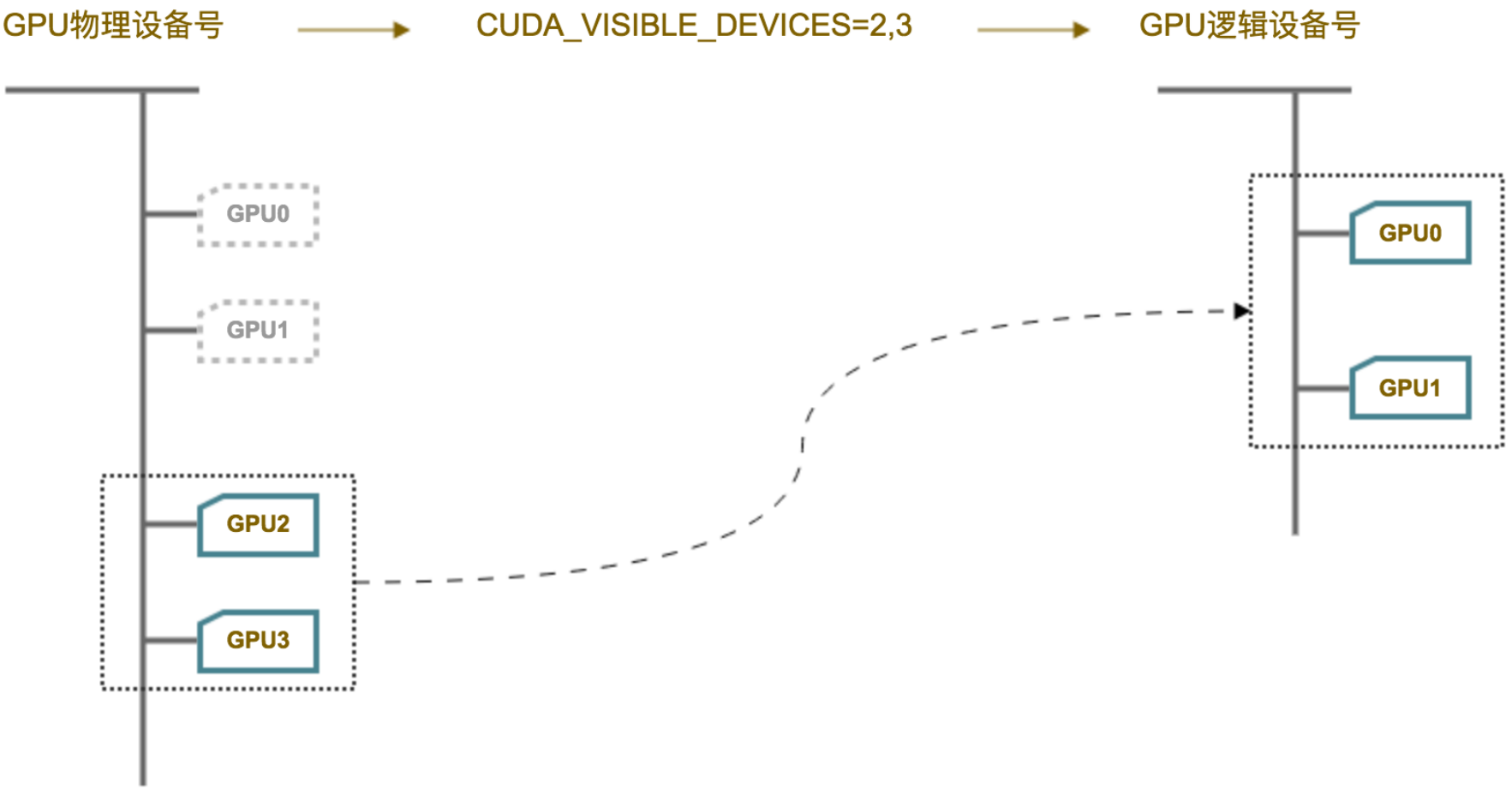
（2）分布式模式（最多修改三行代码）

```
cluster = tf.train.ClusterSpec(json.loads(os.environ[“TF_CLUSTER_DEF”]))
job_name = os.environ[“TF_ROLE”]
task_index = int(os.environ["TF_INDEX"])
```

TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

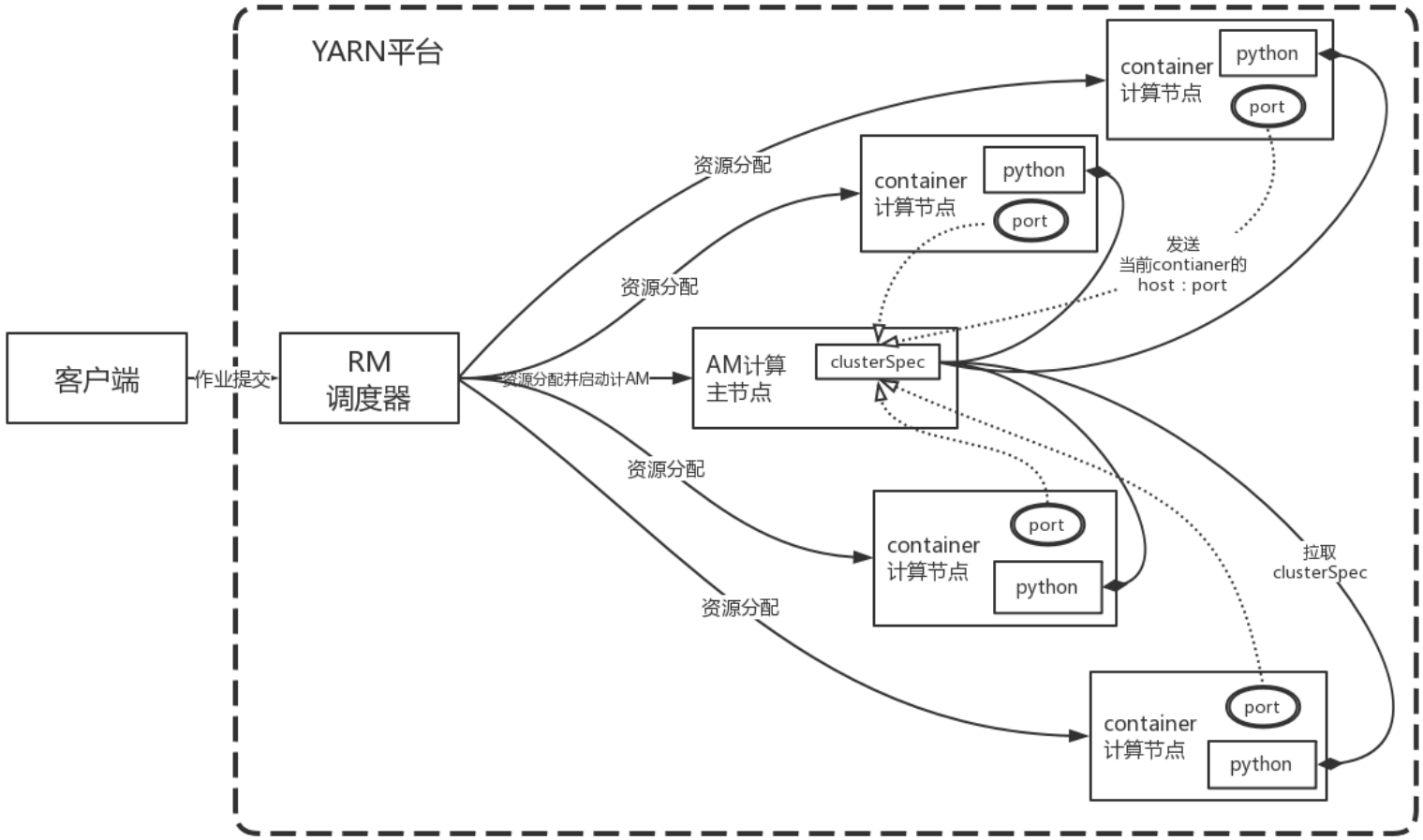
已分配的物理GPU设备号到用户态GPU设备号的映射：



TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

TensorFlow on Yarn系统架构图：



TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

Yarn支持CPU调度 vs GPU调度：

CPU	GPU
每个NodeManager配置可用CPU核心数量	每个NodeManager配置可用GPU卡数量
ResourceManager统计计数并按数量分配	ResourceManager统计计数并按数量分配
作业必须占用CPU资源	作业可以不需要GPU资源
系统自动分配物理CPU核心	需要知道具体GPU卡号，代码分配计算任务到指定GPU设备
设备亲和性影响较小	设备亲和性影响较大

Yarn支持GPU调度ResourceManager端实现：

扩展org.apache.hadoop.yarn.api.records.Resource抽象类及其实现，增加：

```
public abstract int getGpuCores();

public abstract void setGpuCores(int gCores);
```

最终在ResourceManager端需要完成：
1、对NodeManager GPU卡数量的统计管理
2、调度器统计管理每个Pool的GPU设备数的分配情况

具体可以参考下面Patch的实现思路：
https://issues.apache.org/jira/browse/YARN-5517

TensorFlow on Yarn技术细节揭秘

360 互联网安全中心

Yarn支持GPU调度NodeManager端实现：

NodeManager yarn-site.xml中添加配置：

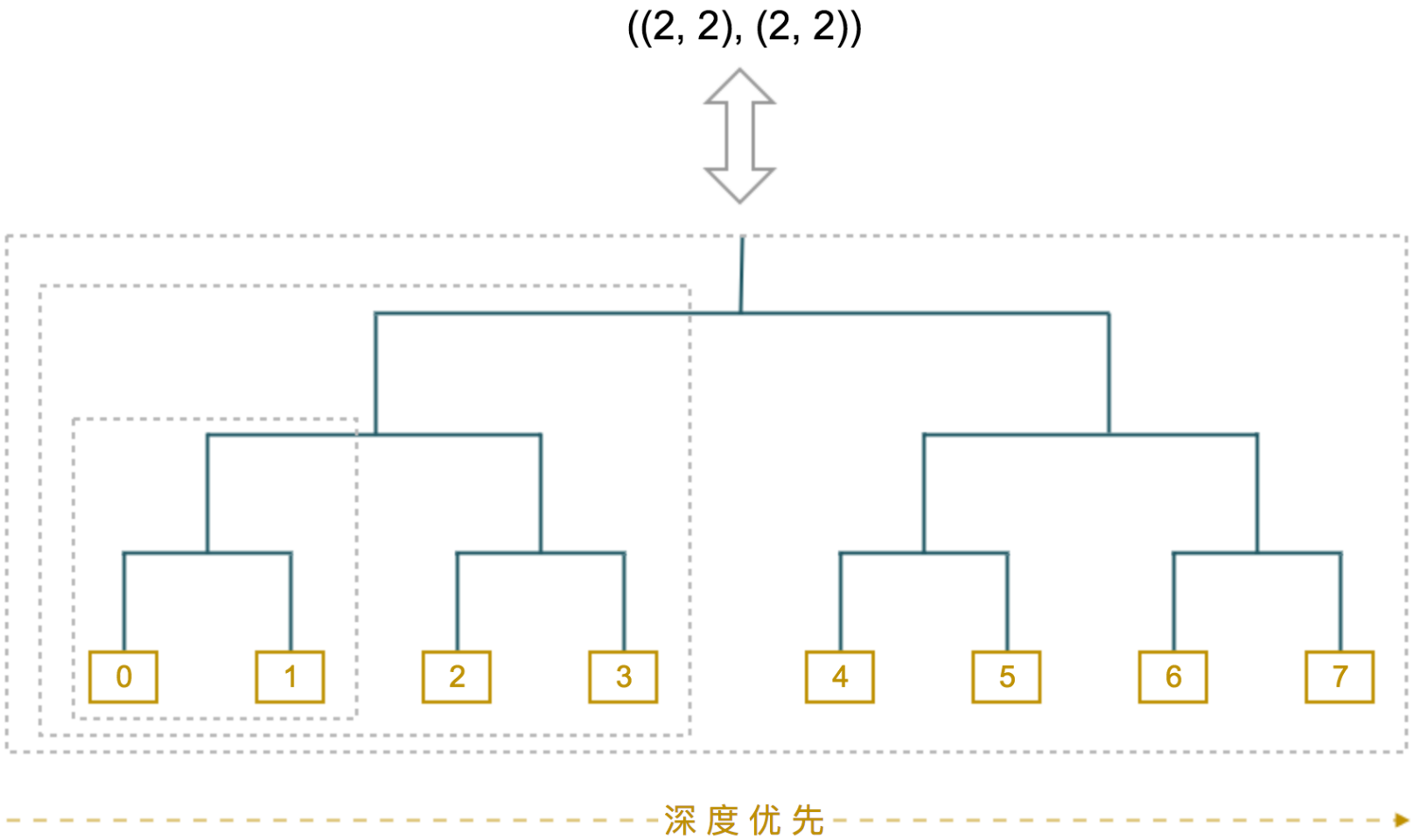
```
<!-- K40 -->
<property>
    <name>yarn.nodemanager.resource.gpu-cores</name>
    <value>((2,2))</value>
</property>
```

NodeManager上可用的GPU卡数是： 2 + 2 = 4

```
<!-- K80 -->
<property>
    <name>yarn.nodemanager.resource.gpu-cores</name>
    <value>((2,2),(2,2))</value>
</property>
```

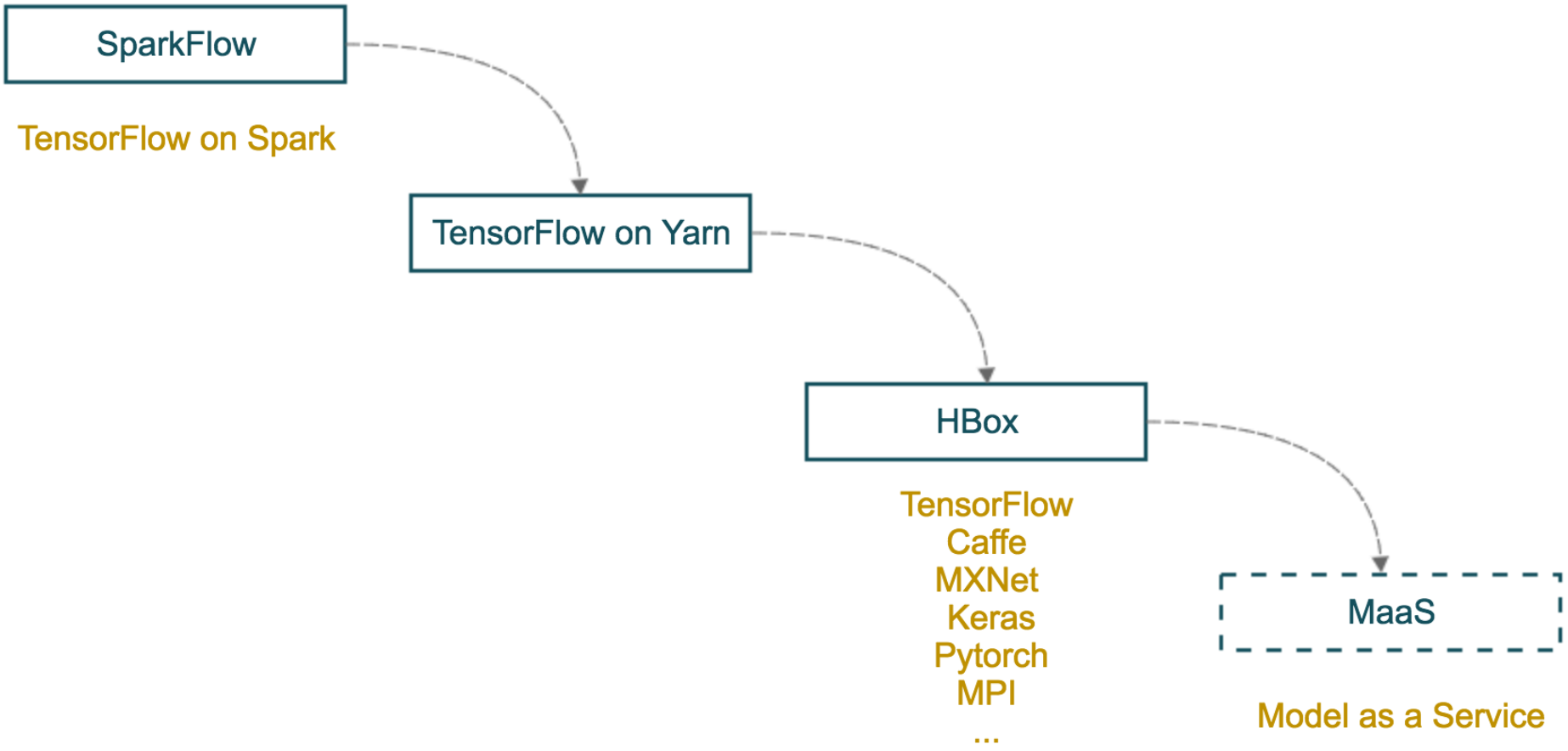
NodeManager上可用的GPU卡数是： 2 + 2 + 2 + 2 = 8

NodeManager端GPU亲和性调度：



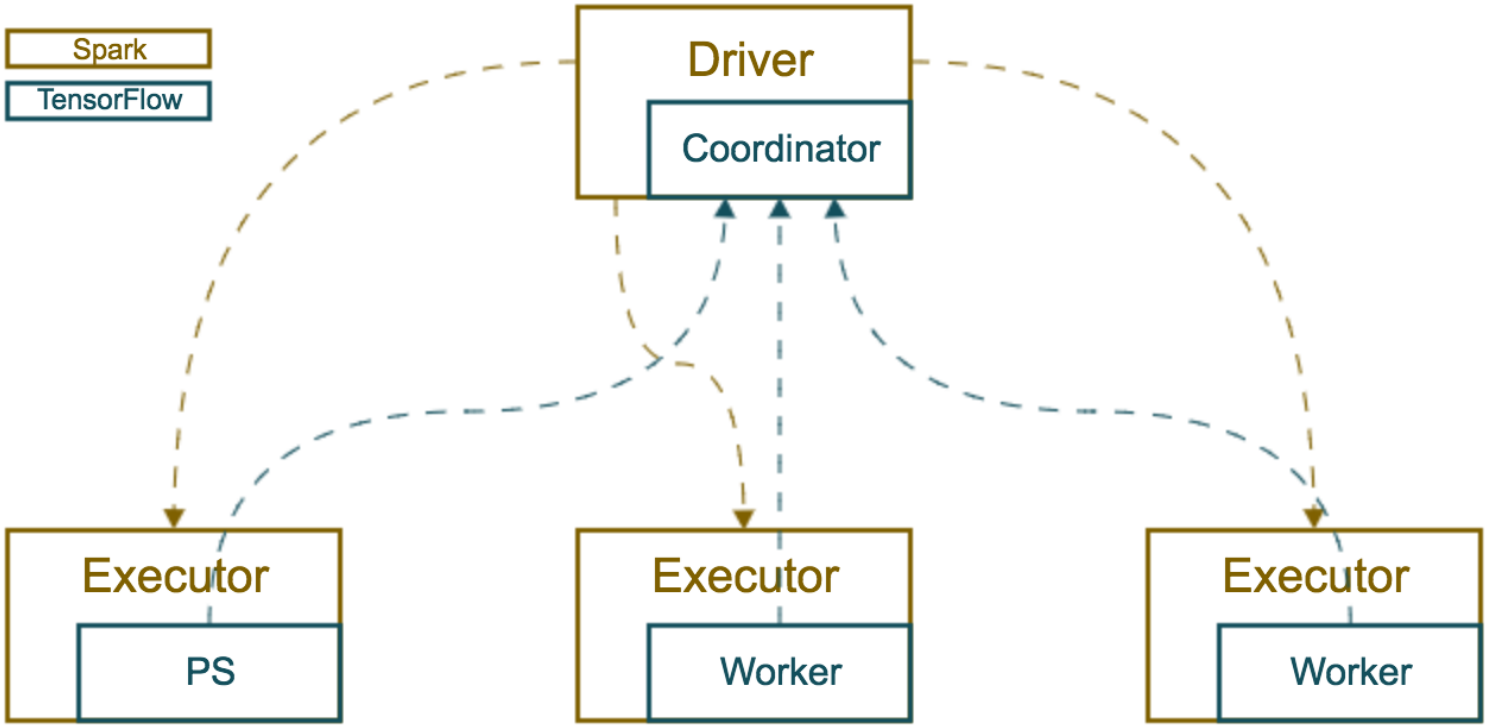
深度学习平台演进

360 互联网安全中心



SparkFlow介绍

SparkFlow：360系统部大数据团队设计的TensorFlow on Spark解决方案



- Coordinator负责协调生成ClusterSpec（扩展的TensorFlow gRPC server）
- Worker通过读取RDD获取训练样本
- RDD的数据cache到内存或者磁盘供多次迭代训练使用

SparkFlow介绍

360 互联网安全中心

SparkFlow与TensorFlow on Yarn对比：

SparkFlow	TensorFlow on Yarn
通过RDD读取训练样本数据，关心文件存储格式	直接读取HDFS数据，不关心文件存储格式
Worker和PS的资源同构	Worker和PS可以各自配置资源
不支持GPU调度	支持GPU调度
迁移成本较高	迁移成本低
嵌入到Spark计算框架里，方便打通数据流	实现了一种新的Yarn Application，可以与TensorFlow灵活整合和功能定制
代码量几百行	代码量几千行

About Me

360 互联网安全中心

<card>
<name> *Yuance.Li* </name>
<phone> *15201453364* </phone>
<email> *liyuance@{360.cn, gmail.com}* </email>
</card>

谢 谢！