

推理引擎 - 模型转换与优化

模型转换流程



ZOMI



BUILDING A BETTER CONNECTED WORLD

Ascend & MindSpore

www.hiascend.com
www.mindspore.cn

Talk Overview

1. 推理系统介绍

- 推理系统架构
- 推理引擎叫故

2. 模型小型化

- CNN小型化结构
- Transform小型化结构

3. 离线优化压缩

- 低比特量化
- 模型剪枝

- 知识蒸馏

4. 模型转换与优化

- 架构与流程
- 模型转换技术细节
- 模型离线优化

5. Runtime与在线优化

- 动态batch
- bin Packing
- 多副本并行

Talk Overview

I. 模型格式转换

- 转换模块挑战与架构
- 模型序列化/反序列化
- protobuf / flatbuffer 格式
- 自定义计算图 IR
- 转换流程和技术细节

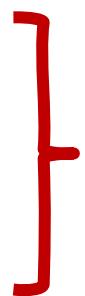


- 工程理论
- 知识概念

Talk Overview

I. 模型格式转换

- 转换模块挑战与架构
- 模型序列化/反序列化
- protobuf / flatbuffer 格式
- 自定义计算图 IR
- 转换流程和技术细节

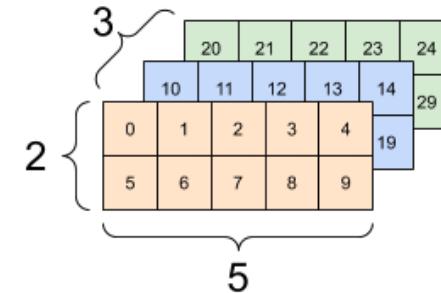
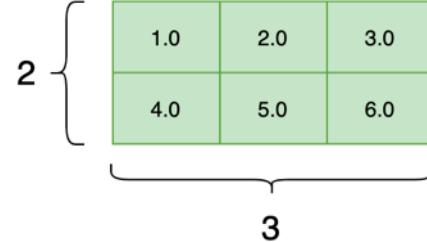


- 技术细节
- 核心内容

基于计算图的AI框架：基本组成

基本数据结构：Tensor 张量

- Tensor形状：[2, 3, 4, 5]
- 元素类型：int, float, string, etc.



基本运算单元：Operator 算子

- 由最基本的代数算子组成
- 根据深度学习结构组成复杂算子
- N个输入Tensor，M个输出Tensor

Add	Log	While
Sub	MatMul	Merge
Mul	Conv	BroadCast
Div	BatchNorm	Reduce
Relu	Loss	Map
Floor	Sigmoid

推理引擎计算图：Tensor 张量的表示

Tensor 数据存储格式	Tensor 数据内存排布格式	Tensor 张量的定义
1	13	25
2 // 定义 Tensor 的数	14 // 定义 Tensor 数据排布格	26 // 定义 Tensor
3 enum DataType : i	15 enum DATA_FORMAT : byte	27 table Blob {
4 DT_INVALID = 0,	16 ND,	28 // shape
5 DT_FLOAT = 1,	17 NCHW,	29 dims: [int];
6 DT_DOUBLE = 2,	18 NHWC,	30 dataFormat: DATA_FORMAT;
7 DT_INT32 = 3,	19 NC4HW4,	31 // data type
8 DT_UINT8 = 4,	20 NC1HWC0,	32 dataType: DataType = DT_FLOAT;
9 DT_INT16 = 5,	21 UNKNOWN,	33
10 DT_INT8 = 6,	22 // ...	34 // extra
11 // ...	23 }	35 // ...
12 }	24 }	36 }
13		

推理引擎计算图：Operator 算子的表示

算子列表

```
37          49  
38 // 推理引擎算子 50 // 算子的公共属性和特  
39 enum OpType : 51 union OpParameter 59  
40     Const,      60 // 算子基础定义  
41     Convolut, 52 WhileParam, 61 table Op {  
42     Convolut, 53 IfParam, 62     inputIndexes: [int];  
43     Deconvolu 54 PadParam, 63     outputIndexes: [int];  
44     Deconvolu 55 Range, 64     main: OpParameter;  
45     MatMul,   56 Act, 65     type: OpType;  
46     Padding, 57 // ... 66     name: string;  
47     // ... 58 } 67     // ...  
48 } 59 } 68 } 69 }
```

算子公共属性和特殊算子列表

算子的基础定义

推理引擎计算图：计算图的表示

定义网络模型子图

```
15 // 子图概念的定义
16 table SubGraph {
17     // Subgraph unique name.
18     name: string;
19     inputs: [int];
20     outputs: [int];
21
22     // All tensor names.
23     tensors: [string];
24
25     // Nodes of the subgraph.
26     nodes: [Op];
27 }
```

定义网络模型

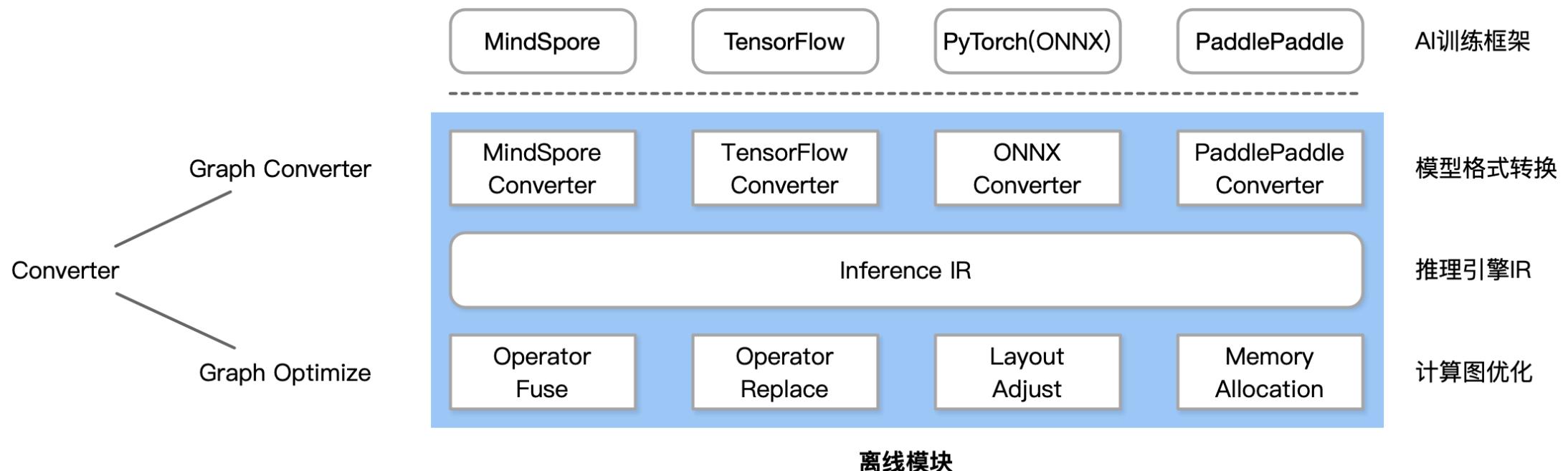
```
2 // 网络模型定义
3 table Net {
4     name: string;
5     inputName: [string];
6     outputName: [string];
7     oplists: [Op];
8     sourceType: NetSource;
9
10    // Subgraphs of the Net.
11    subgraphs: [SubGraph];
12    // ...
13 }
14
```

模型转换流程

技术细节

模型转换技术在设计思路

1. **直接转换**：直接将网络模型从 AI 框架转换为适合目标框架使用的格式；
2. **规范式转换**：设计一种开放式的文件规范，使得主流 AI 框架都能实现对该规范标准的支持；



直接转换

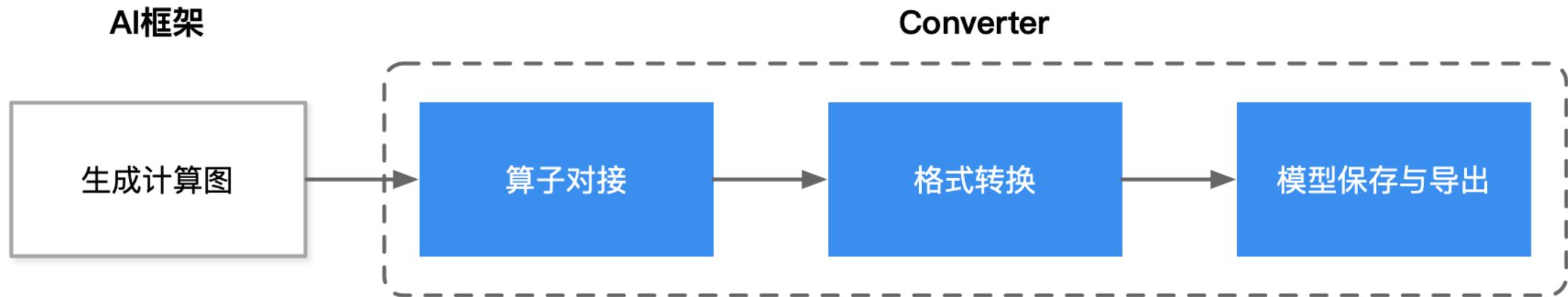
1. **内容读取**：读取 A 框架生成的模型文件，并识别模型网络中的张量数据的类型/格式、算子的类型和参数、计算图的结构和命名规范，以及它们之间的其他关联信息。
 2. **格式转换**：将 step 1 识别得到的模型结构、模型参数信息，直接代码层面翻译成推理引擎支持的格式。当然，算子较为复杂时，可在 Converter 中封装对应的算子转换函数来实现对推理引擎的算子转换。
 3. **模型保存**：在推理引擎下保存模型，可得到推理引擎支持的模型文件，即对应的计算图的显示表示。
-

规范式转换 — 以 ONNX 为代表

- ONNX 是一种针对机器学习所设计的开放式文件格式，用于存储训练好的网络模型。它使得不同的 AI 框架 (如 Pytorch, MindSpore) 可以采用相同格式存储模型数据并交互。
- ONNX 定义了一种可扩展的计算图模型、一系列内置的运算单元(**OP**)和标准数据类型。每一个计算流图都定义为由节点组成的列表，并构建有向无环图。其中每一个节点都有一个或多个输入与输出，每一个节点称之为一个 **OP**。

模型转换通用流程

1. AI框架生成计算图（以静态图表示），常用基于源码 AST 转换和基于 Trace 的方式；
2. 对接主流通用算子，并重点处理计算图中的自定义算子；
3. 目标格式转换，将模型转换到一种中间格式，即推理引擎的自定义 IR；
4. 根据推理引擎的中间格式 IR，导出并保存模型文件，用于后续真正推理执行使用。



参考文献

1. Huawei Technologies Co., Ltd. "Huawei MindSpore AI Development Framework." *Artificial Intelligence Technology*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. 137-162.
2. Jiang, Xiaotang, et al. "Mnn: A universal and efficient inference engine." *Proceedings of Machine Learning and Systems* 2 (2020): 1-13.
3. <https://onnx.ai/supported-tools>
4. <https://github.com/onnx/onnx/blob/main/docs/IR.md>
5. <https://gitee.com/mindspore/mindspore>
6. <https://github.com/alibaba/MNN>
7. <https://onnxruntime.ai/>



BUILDING A BETTER CONNECTED WORLD

THANK YOU

Copyright©2014 Huawei Technologies Co., Ltd. All Rights Reserved.

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.