深度学习第五次实验作业报告

课程/2023 深度学习　学号/SA23229086　学生/郎文翀
大数据学院计算机技术班
2023 年 2 月 3 日星期六

1 实验要求

实现 Transformer 模型用于英译中机器翻译，模型中块的数量、模型维度甚至是数据规模可以自己调整以适应个人电脑。使用 BLEU 值作为评价指标。

2 实验设计

2.1 设计需求

本次实验选择 Pytorch 实现，并使用 GPU 版本进行训练，最后采用 tensorbaord 完成绘图与实验结果分析，具体程序设计需求如下：

数据集处理：数据集使用助教提供的 yelp3 数据集，由于并未提前划分，因此需要手动将数据集按照 7：2：1 划分为训练集，验证集和测试集。

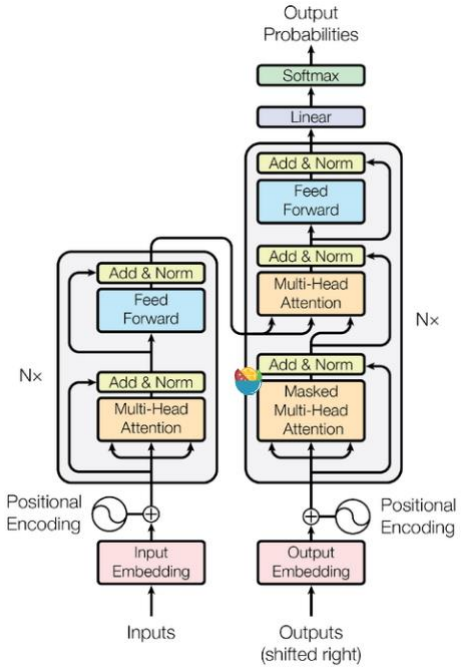
模型设计：本次实验需要参考 Transformer 论文自行设计并实现模型。具体需要首先对首先对文本数据集进行清洗后对不同的单词进行划分编码，得到编码后的文本后再输入至模型中进行训练，基于 Transformer 论文模型原理按次序实现中英翻译。

模型参数设置：尝试设置不同的超参数包括模型深度，编码向量宽度，Encoder，Decoder 数量以及注意力头的数量等。

分批次训练：每 Epoch 数据分为 128 一组进行训练。

2.2 Transformer 论文分析

由于本次实验参考论文《Attention Is All You Need》实现，因此首先简单讲解论文中的基于 attention 机制的 transformer 模型架构。在 Transformer 模型结构中，模型设计分层清晰，主要分为四个阶段，具体如下图演示，包括 Embedding,Position Encoding，Encoding，Dcodinge 四个阶段。其中 input 与 output 都是编码格式，需要进一步结合对应的文本编解码 map 进行翻译。



1.Embedding：由于文本编码后每一个单词对应一个简单的独一无二的数字编码(这里本次实验选择 bpe 进行编码，因此高频词文本会对应更小的数值编码)，为了进一步增大不同单词为文本之间的特征差异，需要将序列中的每一个单词或者标记映射到高维空间以便嵌入后模型更易捕捉单词之间的语义差异关系。

2.Position Encoding:由于在实现文本翻译时是对文本序列进行处理，因此单词的位置关系很重要，同时在编码与解码过程中也要重视位置前后关系导致的注意力处理差异(Mask 作用)。通过位置编码层可以将位置信息嵌入到 Embedding 后的词向量中，使得模型能够区分不同位置的单词或标记。

3.Encoding：在编码阶段，需要经过多次重复的编码块，每一个编码块中都包含一

次多头注意，残差，归一化的过程。在注意力处理过程中，注意力头会自行根据学习的可训练参数生成句子中不同词语之间的语义关系(具体通过 K,Q,V 实现)。

4.Decoding:在解码阶段同样由 N 个重复的解码块完成，其中中在解码阶段包含两次注意过程，首先是 Masked 多头注意过程，这是因为需要考虑在文本翻译过程中当前文本的翻译只能结合前面位置的文本信息，而此时还未能“看到”后续的文本信息，因此在此时的 Masked 多头注意需要通过掩码将当前文本后续位置的单词遮住。之后再经过一次和 Encoding 过程中相同的多头注意与前馈线性映射解码到指定维度。

2.3 模型设计与实现

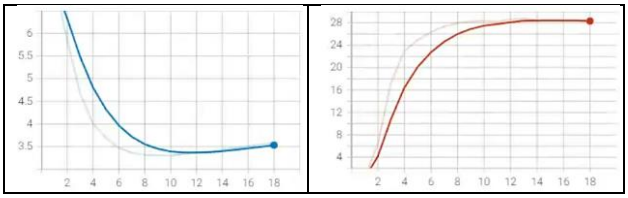
具体的模型代码实现过程中，首先使用 bpe 对数据集中的每一个单词进行编码，这里设置为最多编码 320000 个单词，再每一个句子的开头与结尾设置两个标志符拼接，对于空格以及余下的低频单词统一使用 pad 标识符表示。之后即输入至参考 Transformer 论文模型进行训练。这里再实验过程中对比了不同注意力头，不同编码解码深度训练后的最佳模型再测试集的 BLEU 分数。由于硬件资源有限，本次实验训练时间较长，因此仅在 News Commentray v15 上进行了训练与测试。

3 实验分析

3.1 baseline 模型

我们选取 embedding 向量 size 为 32000，Encoding 与 Decoding 的深度为 4，batch_size 为 128，学习率为 3e-4，训练 40 个 epoch（设置 early stop，经过实验发现在 20epoch 后模型基本收敛会自动停止），每 epoch 后学习率衰减为原学习率的 0.5 作为 baseline 模型进行分析，以下是验证集损失/BELU 分数等展示图，具体日志请查看 logs 文件夹。

每 Epoch 验证集损失/BELU 得分

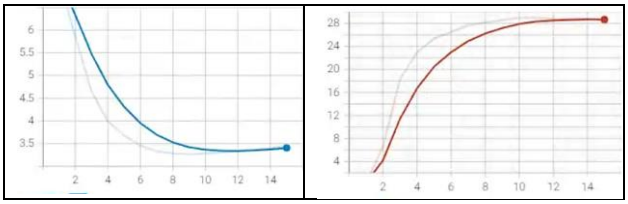


观察上图发现模型在 12Epoch 后验证集损失不降反升说明模型在第 12Epoch 后已收敛达到最佳性能。此时模型的在训练集的 BELU 得分为 28.6，虽然在后续的训练 Epoch BELUE 损失仍然在提升但是可能时在训练集上过拟合导致，我们保存在验证集上表现最好的第 12 Epoch 对应的模型并查看模型在测试集上最佳表现，此时的 BLEU 得分为 26.456。

3.2 增加注意力头

之后我们在 baseline 基础上将注意力头的数量翻倍得到如下结果

每 Epoch 验证集损失/BELU 得分

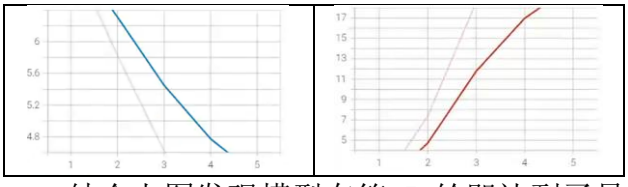


结合上图发现增加注意力头数量后模型的损失略微下降，BLEU 得分小幅提升推测这可能时因为增加注意力头数量不够多，如果扩大注意力头数量为 baseline 的 4 倍以上可能得到更加性能的模型，此次训练的模型在测试集的 BLEU 得分为 26.62。

3.3 增加编码/解码块数

在 baseline 中我们对词汇 w 与语句 s 的 RNN encoder 均仅使用了一层双向 RNN，因此推测可能提升双向 RNN 深度可能有助于进一步加大潜在编码向量的差异距离从而提升模型的性能，因此这里我们尝试将 rnn_layer_size 翻倍。

每 Epoch 验证集损失/BLEU 得分



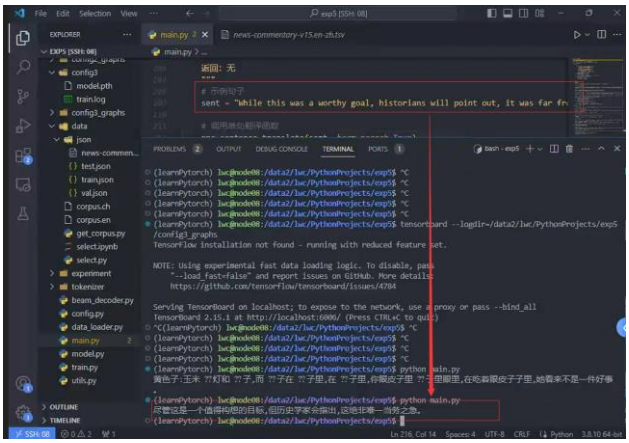
结合上图发现模型在第 5 轮即达到了最佳性能，推测增加编码/解码层数可以有效

提升模型表达能力，加速模型的训练收敛速度。此时模型在测试集的 BLEU 得分与 baseline 基本相同。

3.5 文本翻译测试

这里我们以一段文本作为输入测试最终收敛后的模型翻译结果，具体的数据集的翻译结果请查看 logs 文件夹下不同配置的 output.txt 文件。

测试文本：" While this was a worthy goal, historians will point out, it was far from the only imperative. "



4. Requirements.txt

本次实验使用的虚拟环境可能包含一些不必要的库，基于 2 张 RTX 3090 训练完成实验

```
absl-py==2.0.0
autopep8==2.0.4
cachetools==5.3.2
certifi==2023.11.17
charset-normalizer==3.3.2
click==8.1.7
colorama==0.4.6
contourpy==1.2.0
cycler==0.12.1
fonttools==4.45.1
gensim==4.3.2
google-auth==2.23.4
google-auth-oauthlib==1.1.0
grpcio==1.59.3
idna==3.6
importlib-metadata==6.8.0
importlib-resources==6.1.1
Jinja2==3.1.2
joblib==1.3.2
kiwisolver==1.4.5
lxml==5.1.0
Markdown==3.5.1
MarkupSafe==2.1.3
matplotlib==3.8.2
nltk==3.8.1
numpy==1.26.2
oauthlib==3.2.2
opencv-python==4.8.1.78
packaging==23.2
pandas==2.1.4
Pillow==10.1.0
portalocker==2.8.2
```

```
protobuf==4.23.4
psutil==5.9.7
pyasn1==0.5.1
pyasn1-modules==0.3.0
pycodestyle==2.11.1
pyparsing==3.1.1
python-dateutil==2.8.2
pytz==2023.3.post1
regex==2023.10.3
requests==2.31.0
requests-oauthlib==1.3.1
rsa==4.9
sacrebleu==2.4.0
scikit-learn==1.3.2
scipy==1.11.4
sentencepiece==0.1.99
six==1.16.0
smart-open==6.4.0
tabulate==0.9.0
tensorboard==2.15.1
tensorboard-data-server==0.7.2
threadpoolctl==3.2.0
tomli==2.0.1
torch==1.7.1+cu110
torch-geometric==2.0.4
torchaudio==0.7.2
torchvision==0.8.2+cu110
tqdm==4.66.1
typing_extensions==4.8.0
tzdata==2023.3
urllib3==2.1.0
Werkzeug==3.0.1
zipp==3.17.0
```