

Digital Signal and Image Processing

Programming Homework #3

Qiu Yihang, 2022/03/21-04/05

00 Tools

使用 MATLAB 进行本次实验。所使用的 MATLAB 版本为 R2021b。

01 Different Ways of Computing DFT

实验中进行了以下四种 DFT 计算方式，并进行十次计算取平均值：

- 1) 使用双层 for 循环，根据定义式计算 DFT；
- 2) 生成矩阵，通过矩阵乘法计算 DFT；
- 3) 调用 MATLAB 中 fft 函数计算 DFT；
- 4) 使用 GPU 进行并行计算，调用 fft 函数。

02 Compare Time Consumption

实验结果如附录中图 1。注意纵坐标轴为对数轴，使用对数轴是为了更好地体现差异。实验中有以下现象：

1) 序列长度大于等于 65536 时，使用 for 循环或矩阵运算计算 DFT 会导致使用内存超过 MATLAB 预设内存上限；序列长度为 2^{28} 时，GPU 内存溢出；序列长度 2^{32} 时，使用内存超过 MATLAB 预设内存上限。因此，从可计算的序列长度方面看，直接调用 fft 函数并使用 CPU 计算最佳。

2) 使用 for 循环计算 DFT 和矩阵运算形式计算 DFT 用时相差无几，for 循环用时略高于矩阵运算。

3) 除使用 GPU 调用 fft 函数的计算方式外，其余方式的用时都随序列长度增大而增大。

4) 在序列长度较小（小于 2^{24} ）时，使用 GPU 对 fft 进行并行计算的时间略高于直接调用 fft 函数使用 CPU 计算。但大部分情况下，使用 GPU 并行计算的用时都小于直接调用 fft 函数用 CPU 计算。

03 Analyses

记序列长度为 N 。

for 循环与矩阵运算计算 DFT 的时间复杂度都是 $O(N^2)$ ，因此用时较长；使用 FFT 计算 DFT 的时间复杂度为 $O(N \log N)$ ，因此调用 fft 函数用时显著小于 for 循环和矩阵运算。

使用 GPU 进行并行计算在序列长度较大时，由于并行处理，用时会小于用 CPU 计算。但在序列长度较短时，由于需要对原始数据进行处理并传输至 GPU 等操作的耗时，计算的总用时反而高于使用 CPU 计算。

Appendix

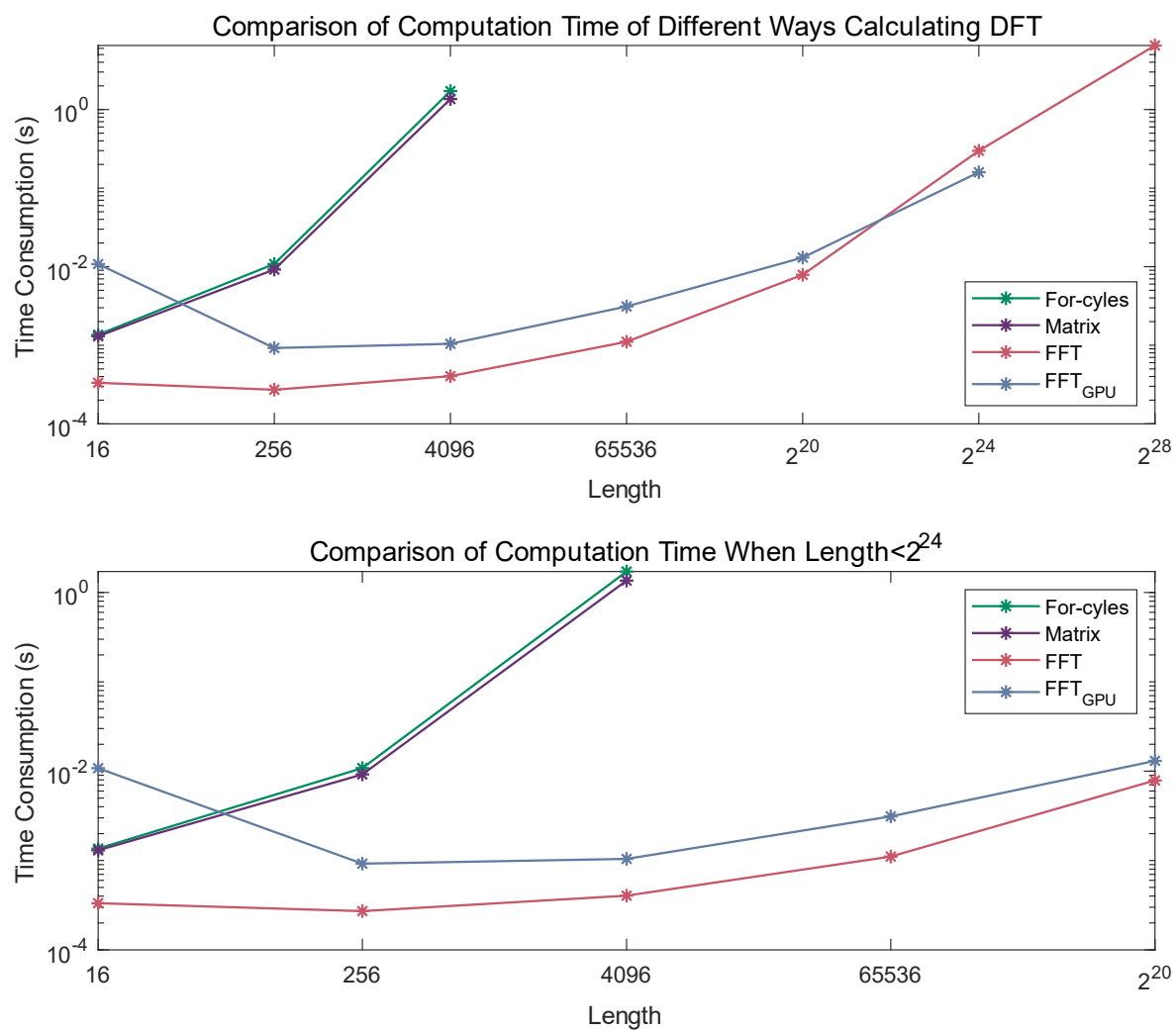


图 1 对不同长度信号使用不同方式计算 DFT 的用时对比