

병렬 처리 구조의 GPU를 이용한 의료 초음파 영상용 에코 신호 처리기

*서신혁, 손학렬, 송태경
서강대학교 전자공학과
e-mail : sinhyeok@sogang.ac.kr

An Echo Processor for Medical Ultrasound Imaging Using a GPU with Massively Parallel Processing Architecture

*Sin-Hyeok Seo, Hak-Yeol Sohn, Tai-Kyong Song
Department of Electronic Engineering
Sogang University

Abstract

The method and results of the software implementation of a echo processor for medical ultrasound imaging using a GPU (NVIDIA G80) is presented. The echo signal processing functions are modified in a SIMD manner suitable for the GPU's massively parallel processing architecture so that the GPU's 128 ALUs are utilized nearly 100%. The preliminary result for a frame of image composed of 128 scan lines, each having 10240 16-bit samples, shows that the echo processor can be implemented at a high rate of 30 frames per second when implemented in C, which is close to the optimized assembly codes running on the TI's TMS320C6416 DSP.

I. 서론

최근 GPU (Graphic Processing Unit) 는 MPP (massively parallel processing) 구조를 바탕으로 SIMD 형태의 신호처리에 적합한 고성능을 갖추었기 때문에 소프트웨어 기반의 의료 초음파 영상 장치 개발에 매우 적합하다[1]. 이에 따라 본 논문에서는 GPU (NVIDIA G80) 를 이용해서 의료 초음파 영상장치

전체를 소프트웨어로 개발하려는 노력의 일환으로 에코 신호 처리기를 구현하는 방법과 결과를 제시한다.

본 논문에서는 NVIDIA G80의 구조적 특징에 대해 설명하고 에코 신호 처리기의 구조를 설명한다. 그 후 에코 신호 처리 연산들을 GPU에 적합하게 병렬화하는 방식에 대해서 설명한다. 그리고 마지막으로 TI사의 TMS320C6416 DSP 기반으로 에코 신호 처리기를 구현한 결과[2]와 성능을 비교한다.

II. 본론

2.1 NVIDIA G80 GPU

연구에 사용된 GPU인 NVIDIA사의 G80은 128개의 ALU를 가졌으며 8개의 ALU가 묶여 하나의 멀티프로세서가 된다. 멀티프로세서마다 8192개의 레지스터와 16KB의 공유 메모리(shared memory)를 가졌다.

한편 프로그래밍 단계에서 병렬 처리 단위는 그리드(grid), 블록(block), 스레드(thread)로 나누는데, 한 블록당 최대 512개의 스레드가 포함되고 하나의 그리드에 2차원의 블록 구조로 구성된다. 이러한 블록은 하드웨어 상에서 멀티프로세서 단위로 할당되고 스레드는 멀티프로세서의 내부의 ALU 단위로 할당된다. 이때 한 멀티프로세서가 동시에 처리할 수 있는 스레드의 최대 수는 768개이다.

2.2 에코 신호 처리기의 구조

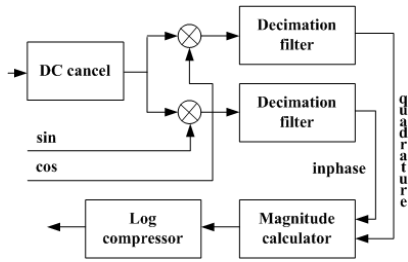


그림 1. 에코 신호 처리기 블록도

그림 1과 같이 에코 신호 처리를 위한 핵심 기능을 구현하였으며 각 블록의 알고리즘은 간략화 없이 최대한 오류가 배제된 것을 택하였다. 또한 DC 제거 여파기의 탭 수는 87탭이고 데시메이션(decimation) 여파기의 탭 수는 568탭이다. 한편 입력신호는 각각 16bit 샘플 10240개를 가진 128개의 주사선으로 이루어졌다.

2.3 에코 신호 처리기의 병렬화

GPU를 이용하여 신호처리 시스템을 설계하는 데 있어서 핵심은 SIMD 형태를 띠는 입력 데이터를 얼마만큼 GPU의 MPP 구조에 맞게 효율적으로 병렬화 하느냐이다. 이를 위해 그림 1의 에코 신호 처리기 블록을 표 1과 같이 4개의 그리드로 분리하고 각 그리드를 병렬화 하였다.

그리드명	블록	스레드/블록
DC성분 제거기	10240개	128개
직각 복조기	20480개	128개
데시메이션 여파기	20480개	128개
포락선 검출 및 log 압축기	1024개	128개

표 1. 에코 신호 처리기 병렬화

이렇게 병렬화한 결과 각 멀티프로세서가 동시에 처리하는 블록의 수가 6개, 스레드의 수가 768(=6*128)개가 되어 GPU 사용률이 100%가 됨을 확인하였다[3].

III. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방식으로 구현된 에코 신호 처리기의 성능을 평가하기 위해 TI사의 TMS320C6416 DSP에서 수행한 것과 비교하였다[2]. NVIDIA Geforce8800GTX (DDR3 SDRAM 768MB) 그래픽 보

드가 사용된 실험 환경은 CPU로 INTEL사의 Core2Duo E6750가 사용되었고 컴파일러로 NVIDIA CUDA compiler 1.1이 사용되었다. 실험 결과는 표 2에 나와있다.

사용 시스템	한 프레임 처리시간
NVIDIA Geforce8800GTX (GPU)	32.307 ms
TI TMS320C6416 (DSP)	18.602 ms

표 2. 에코 신호 처리기의 성능 평가

GPU를 이용하여 구현한 결과가 DSP를 사용한 결과보다 약 1.7배 느리지만 모든 과정을 연산으로 처리하여 오류를 배제한 알고리즘을 택하였는데도 실시간 성능인 30Hz를 만족함을 알 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 병렬 처리 구조의 GPU를 이용하여 에코 신호 처리기를 구현하는 방법과 결과에 대해 제안하였다. 그중에서도 병렬 처리 구조의 GPU를 최대한 활용하기 위해 에코 신호 처리 작업을 병렬화하여 어느 정도 크기의 입자로 나누는 것이 효율적인지를 제안하였다. 제안한 에코 신호 처리기는 기존의 DSP 하나를 이용한 결과[2]보다 약 70% 느리지만 모든 과정을 연산으로 처리해 오류가 없는 구현으로 실시간 성능을 만족하였기 때문에 앞으로 병렬 처리 구조의 GPU를 이용하여 의료용 초음파 영상장치의 신호 처리부를 구현하는 것이 가능하리라 예상된다.

참고문헌

[1] S. Stone, H. Y. Wen-meí H, J. Haldar, B. Sutton, Z. P. Liang. "How GPUs Can Improve the Quality of Magnetic Resonance Imaging". Talk or presentation; The First Workshop on GPGPU, 4 October 2007. Boston, MA.

[2] C. Lee, H.Y. Sohn, D.H. Han, T.K. Song, "Real-time implementation of the echo signal processing and digital scan conversion for medical ultrasound imaging with a single TMS320C6416 DSP", SPIE medical imaging 2008. 3, Vol. 6920 692004

[3] "CUDA Occupancy Calculator v1.2", available via "www.nvidia.com/object/cuda_develop.html"