

고속 데이터 모니터링을 위한 CUDA 기반 신호처리 설계 Design of CUDA-based Signal Processing for Fast Data Monitoring

*#진경찬¹, 김형태², 김승택², 박종철³

**K.C. Jin¹(kcjin@kitech.re.kr), H.T. Kim², S.T. Kim², J.C. Park³

¹한국생산기술연구원 스마트자동차화센터, ²한국생산기술연구원 스마트시스템연구그룹, ³(주)디아이더

Key words : Data monitoring, CUDA, GPU, Signal processing

1. 서론

차세대 태양전지는 광 흡수를 극대화하기 위해 광 흡수 대역을 넓혀 광 흡수율을 높이는 구조를 가지므로 다양한 파장영역을 확보하기 위해 LED 기반의 태양광원이 개발되고 있으며, 이러한 태양광원의 성능을 평가하는 시스템은 제한된 시간(Tact time) 내에 전 영역에 걸쳐 균일한 조사를 할 수 있어야 한다. 따라서 광원의 효율적인 제어 및 광원 특성의 고속 신호분석 연구가 필요한 실정이다. 최근 병렬 신호처리용 그래픽스 프로세서(Graphics Process Unit, GPU)를 이용하여 GHz 이상으로 초고속 병렬 데이터 처리를 수행할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]-[4]. 일반적으로 GPU는 부동 소수점 명령을 계산하는 그래픽 카드 코어 칩으로, CUDA(Compute Unified Device Architecture) 구조의 수학 연산 명령을 포함하는 프로세싱 기능을 가지고 있다. GPU는 CPU의 다양한 명령어를 가지는 연산 구조와는 달리 단순한 명령어 구조 형태로 대용량 데이터 처리를 요구하는 실시간 연산 처리에 응용이 가능하다. 본 논문에서는 태양광원 특성분석 및 모니터링을 위해 DFT(discrete fourier transform) 연산을 이용하고, DFT 신호처리 수행능력을 2차원의 신호데이터를 기준으로 CPU 및 GPU에서의 수행 시간을 비교하여 광원의 실시간 제어에 활용하고자 한다.

2. CUDA 기반 병렬처리

병렬신호처리는 대용량 및 고속 신호의 실시간 분석 및 고속화 시스템을 위하여 반드시 필요한 기술이다. 이러한 병렬처리는 CPU 및 GPU가 하이브리드 형태로 구성된 시스템으로 구성될 수 있다. GPU는 CPU보다 연산 유닛이 훨씬 많아서 2차원 데이터 처리와 같이 반복 연산이 많은 응용프로그램

램에 적합하다. 2차원 신호의 크기가 작으면 GPU의 성능이 오히려 CPU보다 낮다. 이것은 2차원 데이터를 CPU에서 GPU로 보내어 처리하고, 다시 결과를 GPU에서 CPU로 보내는 등 추가적인 과정이 필요하기 때문이다. 따라서 초고속 1차원 및 2차원 신호처리에서는 분석 알고리즘을 서브 루틴화하여 CPU나 GPU에서 적절하게 처리하면 최적의 결과를 도출할 수 있다.



(a) CPU (b) GPU
그림 1. CPU와 GPU 로직구조

3. 모니터링 신호제어

멀티채널 파장영역의 LED 광원신호의 주파수 성분을 분석하기 위해서는 LED 광원을 파장영역대로 분리하여 정출력 제어하는 컨트롤러 모듈이 그림 2에서와 같이 구성되어야 한다. 이를 위해 광원 출력은 외부 펄스신호에서 동기화 제어가 가능하도록 제작되었으며, 최고 1.3 sun 태양광 출력이 가능하다. 태양광원 스펙트럼은 그림 3에서와 같이 400 nm에서 1100 nm 영역에 분포한다.



그림 2. 모니터링 제어모듈

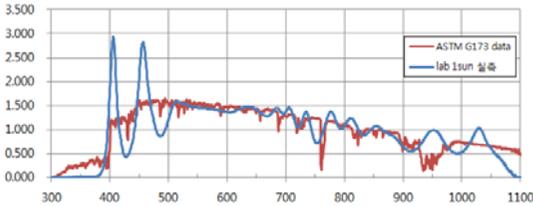


그림 3. 태양광원 스펙트럼 분포도

4. CUDA 기반 신호처리

태양광원 출력에 따른 태양전지의 특성 분석 신호는 1차원의 정전류 신호뿐만 아니라 2차원의 광원 분포신호도 나오게 된다. 일반적인 1차원 및 2차원의 신호 분석을 위해서는 사용되는 DFT 연산은 이산신호 주파수 분석에 이용되어 신호가 갖고 있는 주파수 성분을 검출하고 특징을 분석한다. 이를 위해 광원 출력 신호 크기를 1000x1000에서 5000x5000으로 변화하며 DFT 연산의 CPU/GPU 수행동작을 비교하고자 한다. 그림 4에서는 CUDA 성능을 확인하기 위해 CPU/GPU 코드를 비교하여 보여주고 있으며, CUDA 기반 신호처리 함수는 `gpu::`로 시작하는 변수 및 루틴이다. 성능비교 시스템 하드웨어는 Intel Xeon X5660 C2.8GHz의 CPU와 448개 CUDA 코어를 가지는 Nvidia Tesla C2070 GPU가 사용되었으며, 내부메모리 처리는 CPU와 GPU에서 동일하게 이용되었다. 소프트웨어는 Visual C++ 2008, OpenCV 2.3, CMake 2.8와 CUDA 처리를 위한 CUDA 4.0 라이브러리로 코딩, 컴파일 및 실행하였다.

```
TEST(dft)
{
    Mat src, dst;
    gpu::GpuMat d_src, d_dst;
    gpu::setDevice(0);
    for (int size = 1000; size <= 5000; size +=500)
    {
        SUBTEST << "size:" << size <<"x"<< size<<, 32FC2,
            complex-to-complex";
        gen(src, size, size, CV_32FC2, Scalar::all(0),
            Scalar::all(1));
        CPU_ON;
        dst.create(src.size(), src.type());
        dft(src, dst);
        CPU_OFF;

        GPU_ON;
        d_src = src;
        d_dst.create(d_src.size(), d_src.type());
        gpu::dft(d_src, d_dst, Size(size, size));
        GPU_OFF;
    }
}
```

그림 4. CUDA 테스트 코드

실험에서 사용된 OS 환경은 64bit의 Window 7 professional 이며, CPU와 GPU 수행계산 결과를 PC의 내부 타이머함수를 이용하여 측정하였다.

표 1. CPU와 GPU 연산 성능비교 결과

구분	2D 신호	연산	프로세서 동작시간 (ms)		비고 GPU VS CPU
			CPU	GPU	
1	1000x1000	DFT	165	736	0.224
2	1500x1500	DFT	400	19	20.6
3	2000x2000	DFT	712	30	23.5
4	2500x2500	DFT	1151	48	24.0
5	3000x3000	DFT	1813	67	26.9
6	3500x3500	DFT	2913	88	32.9
7	4000x4000	DFT	3234	107	30.1
8	4500x4500	DFT	4257	146	29.1
9	5000x5000	DFT	5189	176	29.4

5. 결론

본 논문에서는 1차원 및 2차원의 고속 데이터 모니터링을 위해 DFT 주파수 분석의 수행능력을 CPU 및 GPU에서 비교하여, 광원특성의 실시간 분석에 적용하고자 한다. 이것은 광원의 실시간 모니터링을 통해 태양광원의 온도 및 세기를 실시간으로 보정하기 위해서이다. 제한한 GPU 기반의 신호처리가 CPU에 비해 평균 24배 이상의 데이터 처리가 가능함을 확인 할 수 있었으며, 향후 주파수 성분 실시간 정보를 입력으로 하여 파장 영역별 출력을 보정하여 정밀 광원 출력제어에 적용하고자 한다.

후기

본 논문은 신재생에너지기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. K.C. Jin, et. al, "GPU-based Cone-beam Reconstruction Using Wavelet Denoising", SPIE Medical Imaging, 2012.
2. 진경찬외, "Wavelet 잡음감소기반 파면복원의 3D 표현 개선 연구", 대한전자공학회 2011 하계종합학술대회, 2011.
3. 진경찬외, "GPU기반 역투영 복원을 이용한 3D 의료영상기기개발", 대한의용생체공학회 추계학술대회, 2010.
4. T.T. Wong, et. al, "Discrete Wavelet Transform on Consumer-Level Graphics Hardware", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 9, No. 3, 2007.