NetFPGA 의 트래픽 로드에 따른 전력 소모량 분석

김정훈, 박건우, 권태경, 최양희
컴퓨터 공학부
서울대학교
{kjh, kwpark}@mmlab.snu.ac.kr
{tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

A Study on the Relation between Traffic and Power Consumption

Junghoon Kim, Kunwoo Park, Ted “ Taekyoung” Kwon, Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering
Seoul National University

요 약

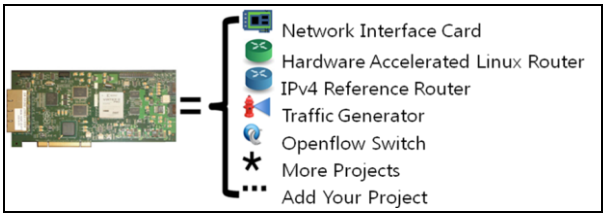
본 논문은 산업화와 더불어 발생한 여러 가지 환경 문제를 해결하기 위하여 이슈화 되고 있는 지속 가능하고 환경 친화적인 기술 개발에 네트워크적인 측면에서 기여할 수 있는 방안을 찾고자 NetFPGA 라우터의 트래픽 로드에 따른 전력 소모량을 실험을 통하여 관찰하고 이를 분석하며 이에 따른 향후 과제를 제시하였다.

Ⅰ. 서 론

급격하게 이루어진 인류 문명의 산업화로 인하여 발생한 온실가스는 지구온난화와 더불어 많은 재앙을 불러오고 있는데 그 예로 지난 100 년에 걸쳐 지구 전체의 평균 온도가 1°C 가량 상승하여 극지방의 빙하가 녹아내려 해수면이 약 23cm 가량 상승한 것을 들 수 있다[1]. 이렇듯 환경 파괴와 지구 온난화로 인한 문제가 점점 심각해지고 있는 상황에서 지구온난화로 인한 환경 문제를 막고 지속 가능한 발전을 위하여 온실가스의 배출을 줄이려는 노력의 일환으로 교토의정서가 발표되어 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 불화탄소, 소화불화탄소, 불화유황 등의 여섯 가지를 감축 대상가스로 정하여 의무 이행 대상국들로 하여금 2008 년부터 2012 년 까지 온실가스의 총 배출량을 평균 5.2% 감축하도록 하였다[2]. 이러한 목표를 달성하기 위하여 산업 각계 각층에서 온실가스를 줄이기 위한 기술 개발 연구를 수행하고 있으며 본 논문에서는 네트워크적인 측면에서 지속 가능하고 환경 친화적인 연구의 일환으로 트래픽 로드에 따른 전력 소모량을 NetFPGA 장비를 이용하여 측정하였다. 트래픽 로드에 따른 전력 소모량을 분석함으로써 좀 더 효율적이고 환경 친화적인 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 이후 본 논문의 2 장에서는 측정에 사용된 NetFPGA 에 대하여 간략히 설명하고 실험 환경과 측정 방법을 보인 후, 3 장에서는 측정 결과와 분석내용을 설명하고, 4 장에서는 결론과 향후 과제를 제시한다.

Ⅱ. 본론

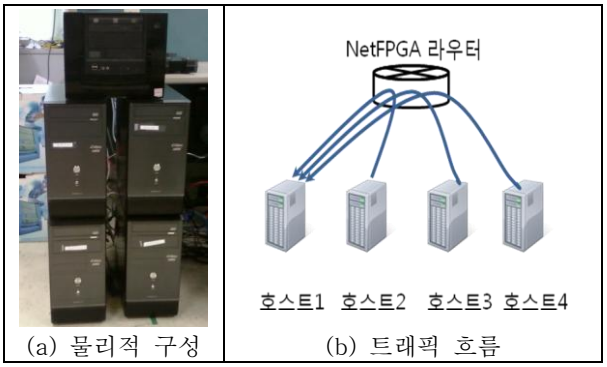
본 논문에서 소개하는 실험은 NetFPGA 라는 프로그램 가능 하드웨어를 이용하여 수행되었다. NetFPGA 란 연구와 학문적 실험을 위한 오픈 플랫폼으로서 네트워킹 하드웨어를 설계하기 위하여 사용되는 도구이다. NetFPGA 는 PCI Host 인터페이스에 사용되는 Xilinx Spartan FPGA 의 2 개의 FPGA 와 사용자 정의 로직으로 이용되는 Xilinx Virtex-2 Pro FPGA, 2*2.25MB ZBT SRAM, 64MB DDR2 RAM 등의 메모리, 그리고 총 4 개의 1 기가비트 이더넷 포트와 로 구성되어 있다[3]. 라우터는 FPGA 로 구현되며 이 때 생성되는 라우팅 테이블을 이용하여 패킷들을 처리한다. NetFPGA 에서의 패킷들은 크게 데이터 패킷과 컨트롤 패킷으로 나뉘는데 데이터 패킷은 하드웨어적으로 처리되고 컨트롤 패킷은 소프트웨어적으로 처리되도록 설계되어있다[4]. NetFPGA 는 현재 1,000 여 개의 NetFPGA 시스템이 전세계 15 개국 150 여 개의 기관들에 배포되어 사용되고 있다[4]. NetFPGA 는 그림 1 과 같이 여러 가지의 용도로 사용될 수 있으며[4], 이들 기능 중 본 논문에서의 실험에는 IPv4 참조 라우터(reference router) 기능이 사용되었다.



<그림 1. NetFPGA 의 기능[3]>

실험은 TCP 트래픽을 점점 증가시키며 NetFPGA 라우터에 부하를 걸었고 이에 따른 전력을 측정하는 방식으로 진행되었다. 실험을 위한 테스트베드는 그림 2-(a)와 같이 1 대의 NetFPGA 용 컴퓨터와 4 대의 호스트 컴퓨터의 총 5 대로 구성되어 있으며 NetFPGA 인터페이스에 각 호스트 컴퓨터가 연결 되어있는 구조이다. NetFPGA 는 호스트들의 라우터로서 각

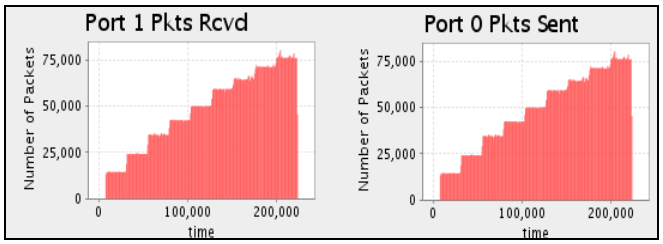
호스트들이 전송하는 데이터를 받아 목적지 호스트로 전송하는 기능을 수행한다. 테스트베드의 트래픽은 파이썬(Python)으로 작성된 데이터 송·수신 모듈에 의하여 발생한다. 트래픽은 그림 2-(b)와 같이 3 개의 호스트가 1 개의 호스트에 데이터를 전송하는 방식이다.



(a) 물리적 구성 (b) 트래픽 흐름

<그림 2. 테스트 베드의 구성>

본 실험은 각각의 데이터 전송률을 그림 3 과 같이 데이터 전송이 없는 상태(idle 상태)부터 10MB/s 까지 1MB/s 씩 시간에 따라 점차적으로 증가시킴으로써 NetFPGA 라우터에 걸리는 부하를 증가시켜 전력 변화량을 측정하였다.

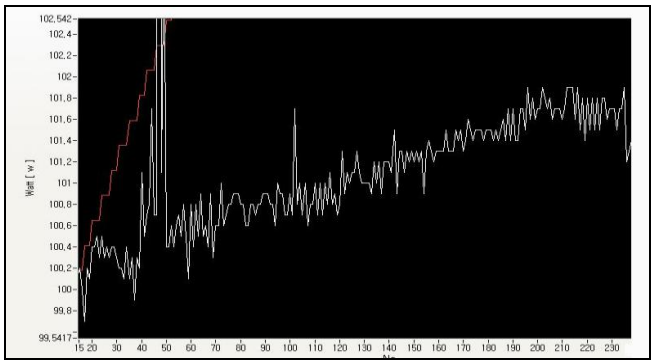


<그림 3. 시간에 따른 트래픽 증가>

이 때 소모되는 전력을 측정하기 위하여 와트맨(Wattman)[5]이라는 소비전력계를 이용하였는데 이는 소비 전력을 0.009 와트부터 3750 와트까지 측정이 가능한 도구로 측정한 결과를 설정한 시간 단위(예: 1 초)로 전력량과 전력의 상태를 그래프의 형태로 출력하여 준다.

Ⅲ. 실험 결과

본 실험에서 획득한 트래픽 로드에 따른 전력 소모량은 그림 4 와 같다.



<그림 4. 트래픽 로드에 따른 전력 소모량>

그림 4 의 가로축은 시간을 나타내며 10 초 간격으로 표시되어있고, 세로축은 전력량으로 단위는 와트(w)이다. 그림 4 에서 40 초 정도에 전력이 급상승 한 것은 NetFPGA 를 실행시키면서 급격하게 오른 값으로 트래픽과는 무관한 값이며, 실험에서 계획했던 것과 같이 트래픽을 증가시키기 시작한 시점은 50 초부터이다. 처음 NetFPGA 라우터를 실행시키면 기본적으로 네트워크의 부하가 없는 상태에서 100 와트의 전력을 사용하며 NetFPGA 라우터가 처리할 트래픽량이 증가함에 따라 이에 비례하여 전력량이 증가하는데 최대 트래픽일 때 102 와트까지 증가하였다. 다음의 표 1 은 본 실험을 요약한 결과이다.

표 1. 트래픽과 소비전력

트래픽		소비전력	
초기값	idle	초기값	100.2 와트
증가량	1MB/s	최대값	102.0 와트
최대값	10MB/s	기울기	0.01 와트/초

이 실험의 결과는 네트워크에 특화되지 않은 작은 시스템에서의 실험이기 때문에 네트워크에 의한 전력 변화가 크지 않으나 네트워크에 특화된 라우터나 서버 그리고 스위치 같은 시스템에서는 이 비중이 증가할 것으로 예측된다.

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 NetFPGA 를 사용하여 트래픽 로드에 따른 전력 소모량을 실험을 통하여 분석하였다. 전력 소모량은 라우팅 기기에서 소비되는 전력 자체의 비용적인 측면뿐만 아니라 전력 소모에 따른 열 발생시 이를 냉각시키기 위한 냉각 시스템의 비용증가에도 영향을 미친다. 더욱이 이러한 전력을 생산하기 위하여 발전소에서 발생하는 이산화탄소와 같은 온실가스의 배출량 증가와 같은 문제점도 야기할 수 있기 때문에 다각적인 측면에서 이를 줄이기 위하여 노력해야 할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 기초기술연구회의 NAP 과제 및 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-03, 미래 인터넷 핵심기술 연구]. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] 두산백과사전, “ 지구온난화[地球溫暖化, global warming]” , (http://100.naver.com/100.nhn?docid=703697).

[2] 두산백과사전, “ 교토의정서 [京都議定書(경도의정서), Kyoto protocol]” , (http://100.naver.com/100.nhn?docid=705509).

[3] 최훈규, 권태경, “ NetFPGA 플랫폼 소개” , 대한전자공학회 전자공학회지 제 36 권 제 3 호, pp. 35-42, March 2009.

[4] NetFPGA, (http://www.netfpga.org/)

[5] 와트맨, (http://www.ADpower21.com)