

모바일 컴퓨팅 환경에서 작업 분할을 통한 성능개선 연구

조중석, 정유진, 정윤수, 임재호, 조두산
순천대학교 전자공학과
e-mail : mew26@snu.ac.kr

A Study of Performance Improving through Task Partitioning in Mobile Computing Environment

Jungseok Cho, Youjin Jung, Yunsoo Jung, Jaeho Lim, Doosan Cho
Dept. of Electronic Engineering, Suncheon National University

요 약

모바일 시스템은 제한된 하드웨어 리소스로만 구성된다. 예를 들면, 배터리 용량, 네트워크 대역폭, 저장 용량, 프로세서 성능 등이 그것이다. 이러한 제한된 리소스는 클라우드 서버로의 작업 분할을 통하여 경감될 수 있다. 계산량이 많은 부분을 리소스가 풍부한 서버에 전송하고, 서버로부터 결과만을 받아 사용함으로써 리소스의 제약에서 벗어날 수 있다. 작업분할 기술들과 관련하여 많은 연구들이 지난 십 여년 간 진행되었다. 본 연구에서는 이와 관련된 기본적인 논의들을 살펴보고자 하겠다.

1. 서론

컴퓨팅 기술의 발전은 지속적으로 확장되어 데스크탑에서 메인프레임까지 그리고 모바일과 임베디드 응용까지 광범위하게 포괄하고 있다. 이러한 컴퓨팅 기술은 보안, 환경 센싱, GPS 항법, 모바일 폰, 자동화 로봇 등 다양한 응용을 발전 시키고 있다. 이러한 다양한 응용들은 상당히 제한된 시스템 리소스 환경에서 실행되고 있다. 예를 들면, 모바일 폰의 경우 배터리 용량, 환경 센싱의 경우 작은 크기, 저성능 프로세서, 작은 용량의 저장장치 등의 제약이 따른다. 대부분의 이러한 응용들은 무선 네트워크로 연결되어 있으며, 네트워크의 대역폭 또한 유선 네트워크의 대역폭에 비하여 수십배 작게 구성되어 있다. 한편으로는 이러한 시스템에서 실행되는 응용 프로그램의 복잡도는 기하급수적으로 증가하고 있다. 예를 들면, 모바일 폰의 영상처리 혹은 모바일 로봇의 객체인식 등과 같이 갈수록 높은 복잡도의 응용들이 요구되고 있다. 따라서, 높은 복잡도를 지닌 응용 프로그램들이 필요한 시스템 리소스와 실제 가용한 시스템 리소스의 차이는 갈수록 증가되고 있는 실정이다.

분할실행 (offloading)은 제한된 리소스로 구성된 모바일 시스템의 능력을 확장하는 솔루션이다. 즉, 계산의 일부를 리소스가 풍부한 서버로 이주시켜 계산하도록 하여 모바일 시스템이 마치 풍부한 자원으로 구성되어 있는 듯한 환상을 응용 프로그램에 제공하도록 하는 서비스를 제공하는 것이 분할 실행 기법이다. 하지만 이것은 전통적인 클라이언트-서버 기법과는

차이가 있다. 클라이언트는 항상 분할 계산 부분을 서버로 이주하기 때문이다. 모바일 분할 실행은 이득이 있을 경우에만 계산부분을 서버로 이주시킨다. 이러한 분할계산은 또한 멀티프로세서 시스템 혹은 그리드 컴퓨팅에서 사용하는 이주 모델과 다르다. 이 두 모델사이의 주요 차이점은 분할 실행은 사용자의 컴퓨팅 환경에서 벗어난 장소의 서버로 계산의 일부 부분을 이주한다는 점이다. 그리드 컴퓨팅에서 사용하는 프로세스 이주는 똑같은 컴퓨팅 환경으로 구성된 한 컴퓨터에서 다른 컴퓨터로 이주한다는 점에서 차이가 있다. 많은 연구들이 이러한 분할 실행과 관련된 이슈들을 다루어 왔다. 언제, 어떻게, 프로그램의 어디를 이주할 지를 결정해야 최적의 분할 실행으로 성능 및 전력면에서 이득을 얻을 수 있게 된다. 최적의 이득을 얻어내기 위해서는 네트워크 대역폭, 전송 데이터의 총량 등과 같은 다양한 파라미터들을 고려해야 한다.

2. 분할 실행 결정

계산의 일부분을 리소스가 풍부한 서버로 이주하기 위하여, 성능 이득과 에너지 절감의 정도를 기준으로 이주를 결정하기 위한 목적함수가 요구된다. 여기서는 각각의 목적함수에 대하여 살펴보도록 한다. 성능 개선을 목적으로 하는 분할 실행을 위한 조건은 다음과 같이 표현될 수 있다. 우선 우리는 분할 실행을 위한 프로그램을 다음 두 개의 부분으로 구성한다고 가정하였다. 1: 반드시 모바일 시스템에서 실행되

어야 하는 모바일 시스템 하드웨어 관련된 부분, 2: 분할 실행이 가능한 시스템 하드웨어와 독립적인 부분. 우선 모바일 시스템의 처리속도를 Ms 라 하자. 분할 실행 가능한 부분을 L 이라 표시하면 모바일 시스템에서 L 을 실행한 실행시간은 L/Ms 와 같다. 만약 L 을 서버로 이주하여 실행한다면, 이때 필요한 입력 데이터를 Di 라 하고, 전송 시점의 네트워크 대역폭을 B 라 하면 데이터 전송시간은 Di/B 가 되고 최종 분할 실행 시간은 Di/B + L/Ss 가 된다. Ss 는 서버의 처리속도 이다.

$L/Ms > (Di/B + L/Ss)$ ---공식(1)

식 (1)를 만족한다면 분할 실행을 진행하여 이득이 있는 것으로 판단하여 분할 실행을 진행하도록 결정한다. 이때 만족하는 조건은 다음 네가지로 분류된다. 첫째로 충분히 큰 사이즈의 이주 가능한 계산 L 이 요구된다. 그래야만 충분한 이득을 얻을 후보 집단이 구성되기 때문이다. 두번째로 고성능의 서버 Ss 가 요구된다. 많은 이득을 얻을 수 있도록 리소스가 풍부한 서버가 뒷받침되어야 이득을 극대화 할 수 있기 때문이다. 세번째로 최소화된 데이터 전송이 요구된다. 분산 및 병렬 처리의 경우에도 통신 오버헤드가 이득의 대부분을 상쇄하는 경우가 빈번하다. 따라서 최소한의 데이터 이동이 분할 실행에서도 핵심이 된다. 최소의 데이터 이동과 더불어 충분한 대역폭도 관건이다. 최소의 데이터를 빠른 시간안에 전송하는 것도 데이터의 양만큼 중요하기 때문이다. 이 네가지가 만족되면 분할 실행을 통한 이득은 충분히 시스템의 성능 개선 및 에너지 절감으로 이어질 수 있게 된다.

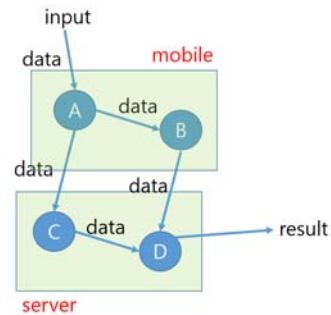
다음으로 에너지 절감을 계산하는 목적 함수가 필요하다. 에너지 절감은 모바일 시스템의 최우선 고려 조건이다. 배터리 용량의 발달 속도가 응용 프로그램 복잡도 증가 속도에 비하여 현저히 낮기 때문이다. 더욱이 스마트폰에서 요구되는 응용의 종류는 통화 및 화상 통화를 기본으로 동영상 시청, 웹 서핑, 게임, GPS, 사진 촬영 등 다양한 기능을 통합적으로 요구하기 때문에 에너지 절감 기술이 갈수록 중요해 지고 있다. 분할 실행을 통한 에너지 절감 정도는 다음과 같이 예상할 수 있다. Mp 를 모바일 시스템에서 소모하는 에너지의 양이라 하자. 그렇다면 $Mp \times L/Ms$ 는 L 을 모바일 시스템에서 실행할 때 소모하는 에너지가 된다. Dp 를 데이터를 모바일에서 전송할 때 소모되는 에너지라고 하자. $Dp \times Di/B$ 는 Dp 를 전송할 때 소모되는 에너지 총량을 나타낸다. $Sp \times L/Ss$ 는 서버에서 결과가 올 때 까지 대기할 때 소모하는 에너지 총량을 나타낸다.

$(Mp \times L/Ms) > (Dp \times Di/B) + (Sp \times L/Ss)$ ---공식(2)

따라서 식(2)를 만족한다면 분할 실행을 통하여 에너지 절감을 얻어낼 수 있다. 다행한 점은 분할 실행시 서버로 전송하는 데이터의 양은 대부분의 경우 매우 적다는 사실이다. 왜냐하면 페이스북이나 유튜브 같은 경우를 예로 들면, 대부분의 데이터는 이미 서버에 저장되어 있기 때문이다. 정리하면 분할 실행을 적용할 응용 프로그램의 특성이 모바일 시스템의 하

드웨어와 밀접하게 연계되어 있는 부분이 적어 L 의 크기가 충분히 커진다면 분할 실행을 통한 이득을 대부분 얻을 수 있다는 것이다.

다음으로 결정할 것은 프로그램의 분할이다. 프로그램 분할은 분할실행 가능한 부분을 결정하는 작업을 의미한다. 다양한 프로그램 분할 기법[1]들이 그동안 연구되었다. 일반적인 프로그램 분할 기법은 프로그램 표현 그래프를 기반으로 동작한다. 그래프를 구성하는 노드는 함수와 같은 계산을 표현하며, 예지는 이러한 함수들 사이의 데이터 전달 (통신)을 나타낸다. 그림 1 에 예제를 나타내었다. A,B,C,D 네개의 계산 노드로 구성되어 있으며, 입력 데이터/출력 결과 예지가 별도로 연결되어 있다. A,B 는 모바일 시스템 하드웨어 장치를 다루는 함수들로 구성되어 분할 실행이 불가능하여 모바일 박스에 묶여 있으며, 모바일 하드웨어와 독립적인 계산 노드인 C,D 는 분할 실행가능하여 서버 박스에 묶여있다. 아래 그래프에 식(1), (2)를 적용하여 만족한다면 계산 C, D 는 분할 실행 될 것이다. 모바일 박스와 서버 박스 사이의 에지를 통하여 이동하는 데이터가 Di 가 되며 서버 박스의 함수들이 L 이된다.



(그림 1) 프로그램 그래프

3. 결론

분할 실행을 모바일 환경에서 최대한 이용하면 성능 및 에너지 측면의 이득을 크게 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 뿐만 아니라 고성능 기기의 성능에 맞추어 개발된 응용 프로그램도 일반 기기에서 사용 가능하도록 지원하여 제품의 생산성을 크게 향상시킬 수 있게 된다.

Acknowledgement

이 논문은 2010 년도 정부 (미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(2010-0024529), 2013 년도 정부 (교육부)의 재원으로 한국과학창의재단 (대학생 창의융합형 연구과제 지원사업)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

[1] Chu H, Song H, Wong C, Kurakake S, Katagiri M, "A seamless application framework," Journal of System Software 69(3):209-226, 2004.