

# 협업기반의 과학 어플리케이션을 위한 워크플로우 재구성 기법

김병상\*, 윤찬현\*\*

\*한국과학기술원 정보통신공학과

\*\*한국과학기술원 전자및전기공학과

e-mail:{kim.bs, chyoun}@kaist.ac.kr

## Workflow Reconfiguration Scheme for Collaborative Scientific Applications

Byungs-Sang Kim\*, Chan-Hyun Youn\*\*

\*Dept of Information and Communication Engineering, KAIST

\*\*Dept of Electronic & Electrical Engineering, KAIST

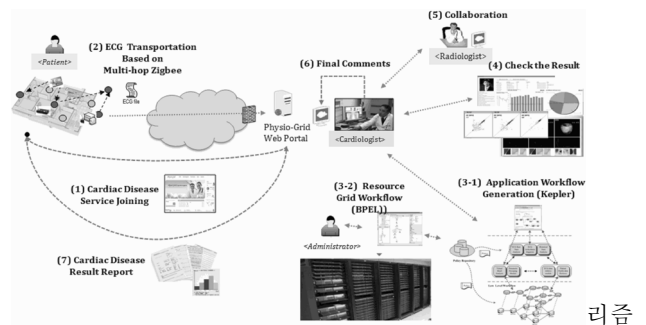
### 요 약

협업 컴퓨팅 환경은 컴퓨팅, 네트워크 자원을 통하여 연구자들간의 협력을 하는 일련의 작업 과정을 의미한다. 사람이 포함되어 있는 복잡한 연구환경에서 워크플로우 기반의 작업 수행은 협업환경을 위해 유용하게 사용된다. 하지만 자원의 예기치 못한 자원의 성능 저하는 전체 워크플로우의 성능을 저하시키게 된다. 본 논문에서는 워크플로우 자원 스케줄링에 있어서 최초로 결정되어 할당된 자원을 재배치 시키는 재구성 기법을 통하여 워크플로우 응용의 성능 저하를 개선하고자 한다.

### 1. 서론

협업 컴퓨팅 환경에서 협업자들은 공통의 목적을 달성하기 위해 각자가 맡은 작업을 효율적으로 처리하고, 진행하여 다른 협업자와 작업의 결과를 공유하고 의견을 교환하면서 목적을 효율적으로 달성하고자 한다. 그림 1은 의료분야에 있어서 협업 워크플로우의 어플리케이션의 모델을 보여주고 있다. 각각의 작업 순서는 지역적으로 떨어져 있는 자원(컴퓨터, 의료장비, 의사, 의공학자)들이 심장병 환자의 치료 및 관리를 위한 일련의 과정을 나타내고 있다. 해당 활동영역은 환자의 심전도 측정을 위한 측정장비, 데이터의 무선 전송, 데이터분석, 시뮬레이션, 결과 비교, 최종 평가등 다양한 협업 활동을 포함하고 있다.

이러한 기존의 워크플로우 관리 시스템의 핵심 기능은 다수의 사용자가 단일의 워크플로우를 통해 정의된 작업의 흐름에 최적의 자원을 할당하는 기법을 통하여 전체 실행시간을 최소화 시키는것을 목적으로 한다. 하지만 자원의 상태는 불확실성을 포함하고 있기 때문에 최초로 동의된 서비스 레벨(SLA)을 실제 수행하는 순간에 보장되지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 경우 규정된 계약을 달성할수 있는 자원으로의 변경을 고려해야할 필요성이 있다. 본 논문에서는 복잡한 워크플로우의 흐름에 있어서 실행시간에 자원의 재구성 기법을 통하여 SLA를 지속적으로 보장하는 기법을 제안하고 있다. 특히 자원의 성능을 기반으로 처리율을 예측하고 서비스 계약당시 명시된 최저 경계값을 위반할 경우 자원의 재배치를 수행하는 알고



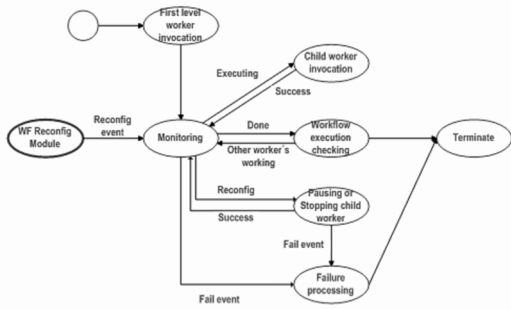
(그림 1) 의료분야의 워크플로우 협업 모델

를 통하여 워크플로우 재구성 기법을 수행한다. 제안된 기법은 신약개발을 목표로한 Physio Grid Portal 시스템에 구현되어 적용되었으며 본 기법을 적용하지 않은 기존의 시스템과 비교하여 사용자의 SLA를 보다 엄격히 보장해주는것을 비교 증명하였다.

### 2. 워크플로우 재구성 기법

#### 2.1 워크플로우 재구성 엔진 구조

우리는 기존의 워크플로우 실행 엔진을 확장하여 재구성 기법을 적용하였다. 그림 2는 재구성 기법을 포함한 워크플로우 실행 엔진의 상태 흐름을 보여주고 있다. 기존의 실행엔진에서 모니터링을 통하여 재구성을 결정하고 하위 작업을 멈춘상태에서 자원 재구성을 수행하는 모듈이 포함되어 있다.



(그림 2) 워크플로우 자원 재구성 엔진

### 3.2 평균 처리율 최저 경계값 분석 기법

우리는 주어진 서비스 레벨을 만족하기 위한 작업 처리율의 최저 경계값을 구하는 수학적 이론을 개발하였다. 총  $J$ 개의 작업과  $K$ 개의 자원으로 이루어진 작업 수행 환경을 가정하자. 임의의 워크플로우의 최초의 작업 구성에 의해 계산된 각각의 단위 작업  $j, \{j \in J\}$ 의 허용가능한 최저 수행시간의 경계값을  $T^j$ 로 정의하자. 또한  $\hat{T}^{jk}(t)$ 를 임의의 시간  $t$ 에서의 작업  $j$ 를 자원  $k$ 에 할당하였을 경우의 예측 수행 완료 시간으로 정의하면  $\hat{T}^{jk}(t)$ 는 작업  $j$ 의 실행시간과 다른 작업으로 인한 대기시간이 포함되어 있다. 따라서 자원의 재구성을 결정하는 조건으로서 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$R_{trigger} = \begin{cases} 0, t + \hat{T}^{jk} < T^j \\ 1, otherwise \end{cases} \quad 1)$$

즉, 작업  $j$ 를 수행하는 시점  $t$ 에서 사전에 계획된 수행시간의 경계값보다 수행예측치의 값이 더 클 경우 자원의 재구성을 결정하게 된다.

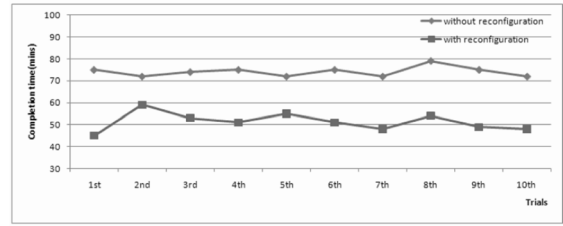
### 4. 성능평가

성능평가를 위하여 우리는 서로 다른 서비스 수준을 요구하는 4가지 워크플로우 서비스 시나리오(App-1~App-4)를 작성하였다. 표 1과 같이 어플리케이션은 의료공학분야에서 수행되는 분석 워크플로우를 예로 사용하였다.

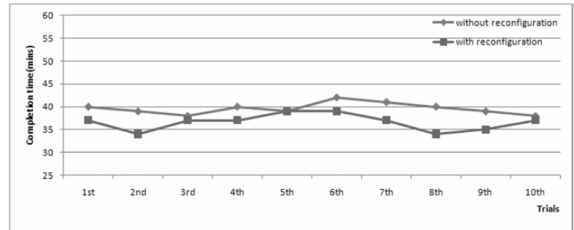
<표 1> Application Service Policy

Policy ID	Action	Cost
App-A	Liver toxic Analysis, Virtual Heart simulation for both original and newly generated chemicals	High
App-B	Liver toxic Analysis for both original and newly generated chemicals	Mid
App-C	Liver toxic Analysis, Virtual Heart simulation for original chemical Service	Low
App-D	Liver toxic Analysis Service for original chemical	Very Low

그림 3-a 와 3-b는 실험결과이며 premium 서비스(App-A)와 lite 서비스(App-D)의 서로다른 SLA하에서 제안된 재구성 기법을 적용한경우와 적용하지 않는 경우의 실행완료시간을 나타내고 있다.



(그림 3-a) SLA in lite (App-D)



(그림 3-b) SLA in premium (App-A)

(그림 3-b) 워크플로우 자원 재구성 엔진

그림에서 보는것과 같이 두 개의 시나리오 모두 재구성 기법을 적용한 경우 실행완료시간이 적용하지 않은것보다 더 작게 나온것을 알 수 있다. 특히 App-D의 경우 성능의 향상이 높게 나타났는데 이것은 병렬작업을 요구하는 시뮬레이션 작업의 평균예측치를 병렬자원중 최저의 성능을 가진 자원을 기반으로 했기 때문이다.

### 4. 결론

본 논문에서는 복잡한 워크플로우 작업에 있어서 최초에 계획된 자원할당을 실행중 자원을 변경하여 재구성함으로써 SLA규약을 지속적으로 유지하는 기법을 제안하였으며 제안된 기법을 적용하지 않은 기존의 방식보다 보다 엄격히 SLA를 유지시키고 있음을 증명하고 있다.

### Acknowledgement

"이 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구 재단-차세대 컴퓨팅 기술 개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0020522)

### 참고문헌

[1] C. H Han, et.al, Web-Based System for Advanced Heart Disease Identification Using Grid Computing Technology, 21st IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2008.  
 [2] B. Ludscher, et.al, Scientific Workflow Management and the KEPLER System, Concurrency and Computation: Practice and Experience, Special Issue on Scientific Workflows, 2005  
 [3] C. H Youn et.al, Resource Reconfiguration Scheme Based on Temporal Quorum Status Estimation for Grid Management, IEICE Trans. Comm. E88 (11) (2005)  
 [9] B. W. Stuck, et.al, Computer and Communications Network Performance Analysis Primer, Prentice Hall