



## 과학 워크플로우 실행 단계에 따른 데이터 재배치 분석

An Analysis of Data Replacement in Scientific Workflow Execution Steps

---

저자 (Authors)	안주림, 김윤희 Julim Ahn , Yoonhee Kim
출처 (Source)	<a href="#">한국정보과학회 학술발표논문집</a> , 2018.6, 68-70 (3 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국정보과학회</a> KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07502908">http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07502908</a>
APA Style	안주림, 김윤희 (2018). 과학 워크플로우 실행 단계에 따른 데이터 재배치 분석. 한국정보과학회 학술발표논문집, 68-70.
이용정보 (Accessed)	숙명여자대학교 203.252.***.151 2018/11/22 14:16 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

# 과학 워크플로우 실행 단계에 따른 데이터 재배포 분석

안주림<sup>0</sup>, 김윤희<sup>0\*</sup>

<sup>0</sup>숙명여자대학교 컴퓨터과학과

<sup>0</sup>{julim8990, yulan}@sookmyung.ac.kr

## An Analysis of Data Replacement in Scientific Workflow Execution Steps

Julim Ahn<sup>0</sup>, Yoonhee Kim<sup>0\*</sup>

<sup>0</sup>Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University

### 요 약

데이터 집약적인 과학 응용의 경우 데이터 배치의 중요성이 강조된다. 과학 워크플로우 응용의 경우 데이터 센터에 대량의 데이터가 분산되어 있고, 분산되어 있는 데이터를 사용하여 응용이 실행되기 때문에 데이터의 배치가 중요하다. 본 논문에서는 예제 시나리오를 통해 기본 전략을 통한 클러스터링 결과 (Clustered dependency Matrix)와 워크플로우 실행 도중 실행이 완료된 태스크를 제외하여 데이터를 재배포했을 때 클러스터링 결과가 바뀔을 통해 워크플로우의 실행 도중 재배포가 의미 있음을 보였다.

### 1. 서 론

최근 분산된 대용량 데이터를 사용하는 대규모 HPC 실시간 대규모 데이터 분석을 위해 한국의 KISTI KREONET, 일본 동경대학교, 호주 ARNET, 유럽 SURFNET 등에서 참여한 ScienceDMZ [1] 인프라와 같은 고성능 데이터 전송 체계 연동을 통해 데이터의 저장과 계산 실행을 위한 데이터 배치의 중요성이 강조된다. 또한 아마존과 구글과 같은 클라우드 미러링 서비스[2]의 경우 데이터가 저장되고 분산되는 데이터 센터의 위치에 따라 데이터의 전송 속도가 달라질 수 있으므로 적절한 데이터 배치가 필수적이다. 이와 같이 대규모 과학 워크플로우 응용의 데이터는 여러 데이터 센터에 분산되어 있고, 이를 이용하여 응용을 실행하기 때문에 저장되는 데이터 위치에 따라 실행 결과가 달라질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 과학 워크플로우 응용에 대한 실행 도중 데이터 재배포가 의미 있음을 보인다.

1장의 서론에 이어 2장에는 데이터 배치에 관한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 과학 워크플로우 예제 시나리오를 통해 실행 도중 변화된 워크플로우 예제의 데이터 재배포에 대해 설명한 뒤 마지막 4장에서 결론을 내린다.

### 2. 관련 연구

데이터 집약적인 과학 응용의 경우 데이터 배치의 중요성이 강조된다. Dong Yuan[2]은 의존도를 고려한 k-means 클러스터링을 통한 데이터 배치를 제안하였다. 의존성이 있는 데이터를 배치함으로써 워크플로우를 실행하는 동안 전체 데이터 이동을 최소화한다. Qing[3]은 데이터 크기를 고려한 데이터 집약적인 응용의 데이터 레이아웃 알고리즘을 제안하여 데이터 센터 간의 데이터 이동을 줄이는 것을 목표로 한다. S. Agarwal et al.[4]은 대역폭과 데이터 센터의 크기를 고려하여 지연 속도를 최소화하는 데이터 배치 전략을 제안하였다.

위의 연구에서는 데이터 집약적인 과학 워크플로우의 데이터 센터 간 데이터 이동을 감소시키지만 실행 도중 변화된 데이터 셋과 태스크들 간의 상태에 대해서는 고려하고 있지 않다. 본 논문에서는 과학 워크플로우의 실행 단계에 따른 데이터 재배포를 분석한다.

### 3. 본 론

#### 3.1 워크플로우의 데이터 배치 분석

그림2는 워크플로우의 데이터 셋과 워크플로우 태스크 간의 예를 나타낸다. 그림2의 워크플로우 예제에서 t1과 t2는 d1을 input 데이터 셋으로 필요로 하는 태스크를 의미한다. 또한 t3가 실행되려면 t1이 선행되어야 하고, t4가 실행되려면 t1, t2, t3가

\* 교신저자

선행되어야 한다. t4가 실행되면 마지막으로 t5가 실행된다.

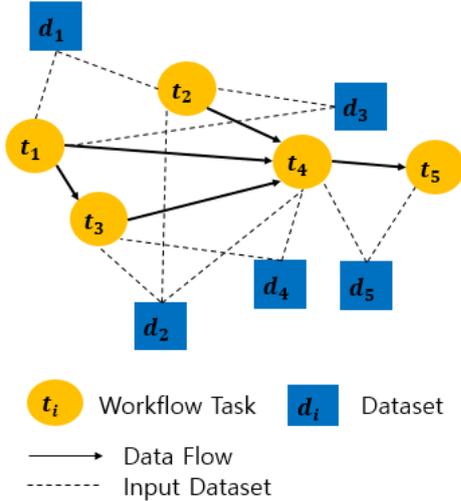


그림2 워크플로우 예제

이러한 워크플로우 응용은 데이터 센터 간 데이터 이동에 많은 시간이 소요된다. 본 논문에서는 이를 줄이기 위해 데이터를 무작위로 배치하지 않고 데이터들 간의 의존도를 고려한 알고리즘[3]을 사용하여 배치한다.

그림3은 [3]의 의존도 고려 데이터 배치를 기반으로 그림2의 예제의 데이터 셋과 태스크 간의 의존도를 계산하여 DM(Dependency Matrix)을 구하는 과정이다. d1과 d2의 경우 교집합으로 묶을 수 있는 태스크가 t2 1개이기 때문에 행렬 값으로 1을 가진다. 같은 방식으로 d1~d5까지의 행렬 값을 구한다.

	DM(Dependency Matrix)				
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>
d <sub>1</sub> = {t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub> }	2	1	2	0	0
d <sub>2</sub> = {t <sub>2</sub> , t <sub>3</sub> , t <sub>4</sub> }	1	3	1	2	1
d <sub>3</sub> = {t <sub>1</sub> , t <sub>2</sub> }	2	1	2	0	0
d <sub>4</sub> = {t <sub>3</sub> , t <sub>4</sub> }	0	2	0	2	1
d <sub>5</sub> = {t <sub>4</sub> , t <sub>5</sub> }	0	1	0	1	2

그림3 DM(Dependency Matrix) 구하는 과정

그림4는 그림2의 워크플로우 예제를 DM으로 변환한 후 BEA(Bond Energy Algorithm)[5]를 적용하여 CM(Clustered dependency Matrix)를 구한 것을 나타낸다. 도출한 CM을 기반으로 모든 데이터 셋을 데이터 센터에 배치시킨다. 그림4의 CM에서는 d1, d2, d3을 데이터센터1에 배치하고 d4, d5를 데이터 센터 2에 배치시킨다.

	DM(Dependency Matrix)					CM(Clustered dependency Matrix)				
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>
d <sub>1</sub>	2	1	2	0	0	d <sub>1</sub>	2	1	0	0
d <sub>2</sub>	1	3	1	2	1	d <sub>3</sub>	2	1	0	0
d <sub>3</sub>	2	1	2	0	0	d <sub>2</sub>	1	3	2	1
d <sub>4</sub>	0	2	0	2	1	d <sub>4</sub>	0	2	2	1
d <sub>5</sub>	0	1	0	1	2	d <sub>5</sub>	0	1	1	2

그림4 그림2 워크플로우 예제의 DM과 CM

### 3.2 실행 단계에 따른 데이터 재배치 분석

그림2의 워크플로우에서 t1, t3 태스크가 실행이 종료된 시점에서 워크플로우 실행 도중의 데이터 셋과 태스크들 간의 상태가 변했다고 가정한다.

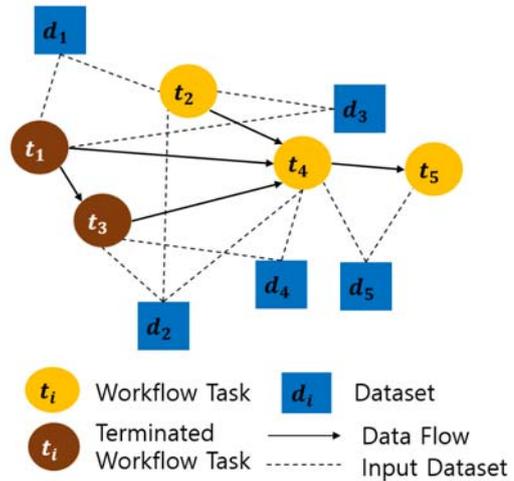


그림5 실행 도중 변화된 워크플로우

그림5는 실행 도중의 데이터 셋과 태스크들 간의 상태가 변한 워크플로우를 나타내고, 그림6은 변화된 데이터 셋과 태스크들 간의 의존도를 다시 계산하여 DM을 도출한 뒤, BEA를 사용하여 의존도에 따라 클러스터링 된 CM을 나타낸다.

	DM(Dependency Matrix)					CM(Clustered dependency Matrix)				
	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>3</sub>
d <sub>1</sub>	1	1	1	0	0	d <sub>1</sub>	1	1	0	0
d <sub>2</sub>	1	2	1	1	1	d <sub>2</sub>	1	2	1	1
d <sub>3</sub>	1	1	1	0	0	d <sub>5</sub>	0	1	2	0
d <sub>4</sub>	0	1	0	1	1	d <sub>4</sub>	0	1	1	0
d <sub>5</sub>	0	1	0	1	2	d <sub>3</sub>	1	1	0	0

그림6 그림5 워크플로우 예제의 DM과 CM

변화된 데이터 셋과 태스크들 간의 의존도를

고려하여 클러스터링 한 결과 그림6의 CM에서 d2, d4, d5가 같은 데이터 센터에 배치되어야 한다. 데이터 재배치 전의 클러스터링 결과에 따르면 d1, d2, d3이 데이터 센터1에 배치되기 때문에, 재배치를 위해서는 d2를 데이터 센터1에서 데이터 센터2로 전송해야 한다.

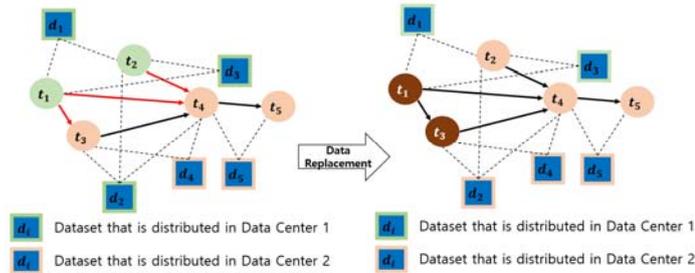


그림7 데이터 재배치 전과 후 데이터 이동

그림7은 데이터 재배치 전과 후의 데이터 이동을 나타낸다. 데이터 재배치 전의 데이터 센터 간 데이터 이동은 총 3회 일어나는 것을 알 수 있다. d2를 데이터 센터 2로 재배치 한 후, 데이터 센터 간 데이터 이동은 0회로 줄어들었다.

### 3.3 재배치 전략

과학 워크플로우 응용의 데이터 집약적인 단계를 프로파일링을 통해 미리 알고 있다고 가정하고 재배치 전략을 수립한다. 데이터 셋을 데이터 센터에 배치하기 위해 의존도를 계산하여 DM을 생성한 뒤 BEA를 적용하여 CM을 도출한다. 데이터 재배치를 위해 데이터 집약적인 단계 진입 전에 재배치를 위한 새로운 CM을 생성한다. 도출한 CM에 따라 클러스터링 결과를 도출하고 데이터 센터 간 재배치가 필요한 데이터 셋을 재배치한다.

워크플로우 응용은 저장되는 데이터 위치에 따라 실행 결과가 바뀌기 때문에 본 논문에서 사용한 예제 시나리오의 실행 도중 데이터 재배치는 의미 있다는 결론을 도출할 수 있다.

## 4. 결론 및 향후 연구

데이터 집약적인 과학 응용의 경우 데이터 배치의 중요성이 강조된다. 본 논문에서는 예제 시나리오를 통해 기본 전략을 통한 클러스터링 결과와 워크플로우의 실행 도중 데이터 재배치를 통한 클러스터링 결과가 바뀔을 통해 워크플로우의 실행 도중 재배치가 의미 있음을 보였다.

향후 연구로는 실제 과학 워크플로우를 기반으로

의존도 행렬을 구한 뒤, 실제 환경과 시뮬레이터를 사용해 실험 도중 재배치가 의미 있음을 증명할 계획이다.

### Acknowledgement

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017R1A2B4005681)

### 참고 문헌

- [1] Moon Jeonghoon and Lee Minsun, “데이터 집중형(Data-Intensive Science)과학을 위한 ScienceDMZ 기반 빅데이터 전송 연구”, 2016년 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, pp.1359-1361
- [2] D.Yaun, Y.Yang, X.Liu and J.Chen, A data placement strategy in scientific cloud workflows, J.Future Generation Computer Systems, 26, 8(2010)
- [3] Q.Zhao, Xiong, C., Zhang, K., Yue, Y., & Yang, J. A Data Placement Algorithm for Data Intensive Applications in Cloud. International Journal of Grid and Distributed Computing, 9(2), 145-156 (2016)
- [4] S. Agarwal et al., Volley: Automated Data Placement for Geo-Distributed Cloud Services, Proc. 7th USENIX Conf. Networked Sys. Design and Implementation (2010)
- [5] W.T. McCormick, P.J. Schweitzer, T.W. White, Problem decomposition and data reorganization by a clustering technique, Operations Research, 20, pp. 993-1009 (1972)