워크플로우 마이닝 기술 및 연구개발 동향

박 민 재* 김 광 훈*

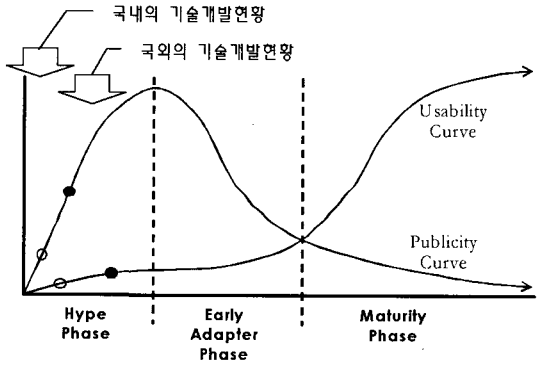
◈ 목 차 ◈

1. 서 론
2. 워크플로우 마이닝 기술
3. 워크플로우 마이닝 연구개발 동향
4. 결 론

1. 서 론

최근 몇 년 동안 국내외의 많은 기업들은 워크플로우 및 BPM을 도입하였고, 그로 인해, 비즈니스 프로세스의 가시화와 투명화, 비즈니스 프로세스 실행비용의 감소화, 비즈니스 프로세스의 가속화, 자동화, 생산성 향상, 비즈니스 프로세스의 복잡도 개선, 비즈니스 프로세스 실행 오류의 감소, 비즈니스 프로세스의 투명한 관리 및 외부 비즈니스와의 조정으로 기업 품질 자체를 향상시켜 고객 만족도를 증가 시켰으며, 변화에 대한 민첩한 대응력 및 유연성을 갖추었다. 하지만, 정의 시에 정의된 프로세스 정의정보와 워크플로우 제정 서비스(Workflow Enactment Service)의 실행 시 발생하는 프로세스 인스턴스와의 불일치가 일어난다는 점을 발견하게 되었다. 이는 워크플로우 모델링 도구를 통해 정의한 프로세스 모델이 실제로 일어나는 비즈니스 프로세스를 반영한 최적화 된 모델이 아니라는 것을 의미하며, 정의한 프로세스 모델은 분명히 개선이 필요하다는 것을 의미한다.

프로세스의 정의정보와 실행정보 사이의 불일치를 해소하고, 프로세스를 개선하기 위한 목적으로 워크플로우 웨어하우징, 워크플로우 마이닝 기술이 등장하였다.



(그림 1) 워크플로우 마이닝 기술의 국내외 기술 현황

그림 1은 Howard Fosdick 박사에 의해 1992년 발표된 "The Sociology of Technology Adaptation" 논문에서 제시한 새로운 기술의 채택모델을 기반으로 현재 워크플로우 마이닝 기술의 국내외적인 기술개발 및 그의 채택현황을 표현한 것이다. 본 그림에서 나타내었듯이 국내외 모두에서 워크플로우 마이닝에 대한 기술개발은 새로운 기술의 첫 단계인 연구 및 광고 단계(Hype phase)에 있어 워크플로우 마이닝 기술의 대중적 인지도(Publicity curve) 측면뿐 만 아니라 그의 적용사례(Usability curve) 측면에서도 매우 초보적인 상황이라고 판단된다. 그리고, 선진 외국에서의 워크플로우 마이닝 기술개발은 국내의 기술에 비해 약간의 우위를 보이고 있지만, 차이가 크지 않음을 알 수 있다.

워크플로우 관리 시스템(WFMS: Workflow Mana-

* 경기대학교 대학원 전자계산학과 석사과정
** 경기대학교 정보과학부 조교수, 부교수

gement System)을 중심으로 워크플로우 웨어하우징(Workflow Warehousing) 기술, 워크플로우 마이닝(Workflow Mining) 기술에 관한 개념은 데이터 베이스 관리 시스템(DBMS: Database Management System)을 중심으로 한 데이터웨어하우징 기술, 온라인 분석 처리(OLAP: on-line analytical processing)와 데이터 마이닝(Data Mining) 기술로부터 출발했다고도 볼 수 있다.

그리고, 워크플로우 마이닝 기술은 비즈니스 프로세스 리엔지니어링(BPR:Business Processs Reengineering), 비즈니스 인텔리젼스(BI: Business Intelligence), 비즈니스 프로세스 분석(BPA: Business Process Analysis), 계속적인 프로세스 개선활동(CPI: Continuous Process Improvement), 그리고 지식 관리(KM: Knowledge Management)와 관련이 있다.

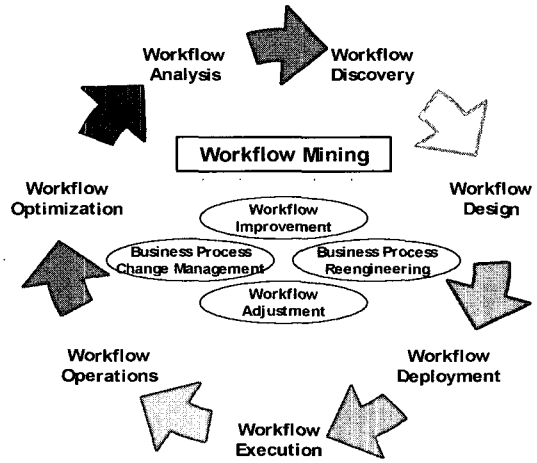
본 논문은 워크플로우 마이닝과 관련된 기술 개요와 국내외의 워크플로우 마이닝 시스템 연구개발 동향에 관련하여 기술한다.

2. 워크플로우 마이닝 기술

워크플로우 마이닝이란 용어는 워크플로우를 연구하는데 있어서 더 이상 생소한 용어는 아니다. 이미 국외에서는 워크플로우 및 프로세스 마이닝이라는 주제로 깊이 있는 연구가 진행되고 있다. 하지만, 국내의 워크플로우 및 프로세스 마이닝에 관한 연구가 아직 미약함으로 다음과 같이 간단히 정리하고 넘어가고자 한다.

워크플로우 마이닝에 관한 정의와 그 의미를 살펴보면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- 워크플로우 마이닝이란 실행 시에 발생한 워크플로우 로그 데이터로부터 정의시점에 알려지지 않은 프로세스의 정보를 추출해 내는 프로세스 발견 방법이다.
- 워크플로우 마이닝은 프로세스를 발견하거나 재발견하는 방법, 그 기술 자체만을 의미하는 것이 아니며, 비즈니스 프로세스의 문제를 이해하고, 이러한 문제를 해결하기 위하여 여러 가지 정보기술을 적용하는 포괄적인 과정을 의미한다.



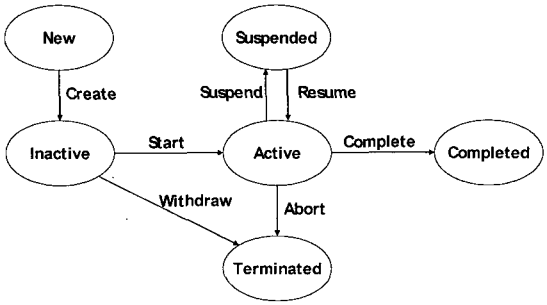
(그림 2) 워크플로우 마이닝 과정

현재 워크플로우 마이닝(Workflow Mining)은 프로세스 발견 또는 재발견(Process Discovery or Rediscovery)이라고도 불리며, 그 이외에 프로세스 마이닝(Process Mining)이라고도 불린다.

일련의 워크플로우 마이닝 과정은 워크플로우 발견, 워크플로우 디자인, 워크플로우 전개, 워크플로우 실행, 워크플로우 운용, 워크플로우 최적화, 워크플로우 분석 단계의 반복으로 이루어질 수 있으며, 이러한 워크플로우 마이닝의 과정을 거치면서, 워크플로우의 개선, 비즈니스 프로세스 리엔지니어링, 비즈니스 프로세스 변화 관리, 워크플로우 조정 등을 이룰 수 있다.

워크플로우 마이닝 기술 연구의 근간을 이루고 있는 것은 크게 워크플로우 로그와 워크플로우 마이닝 알고리즘이라고 볼 수 있다.

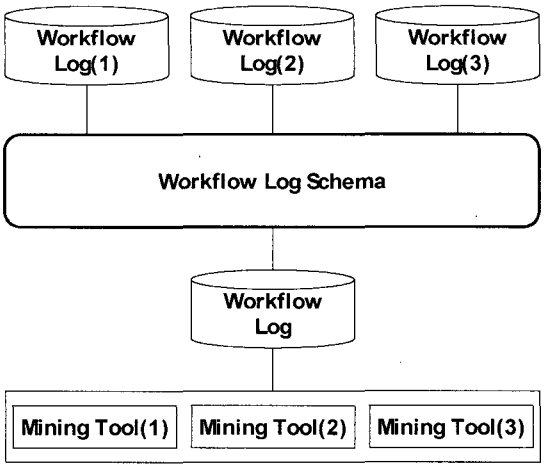
워크플로우 로그는 워크플로우 관리 시스템에서 운용되는 이벤트에 의해 발생하는 몇 가지 상태의 변화에 따라 남겨질 수 있는 데이터이다. 일반적인 워크플로우는 각각의 생성, 시작, 중지, 재개, 취소, 완료 이벤트들에 의해 생성, 준비, 활성화, 중지, 종료, 완료의 기본적인 상태변화를 일으킬 수 있다.



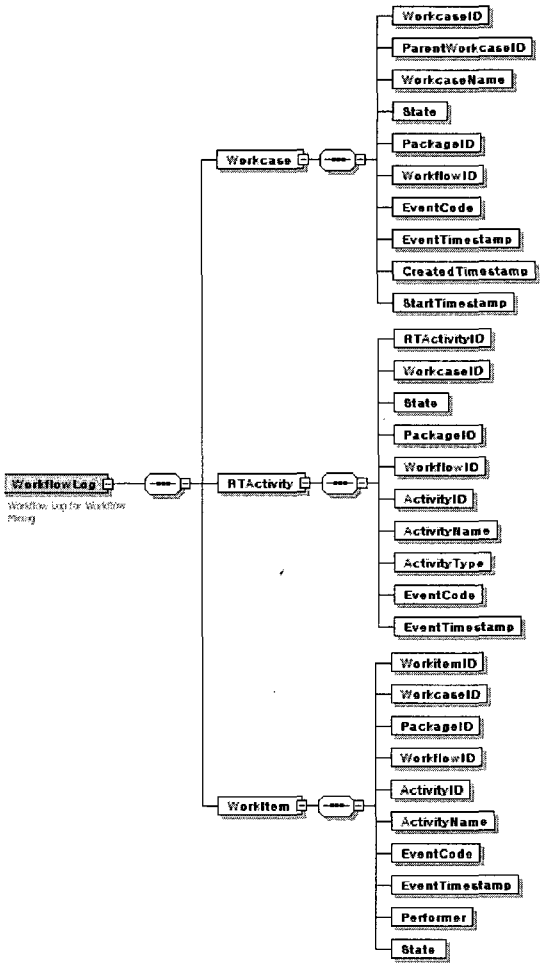
(그림 3) 워크플로우의 기본 상태 변화

워크플로우 엔진에서 운용되는 워크플로우 제정서비스의 몇 가지 이벤트에 의해 발생한 워크플로우 로그는 의미상의 일정한 구성요소를 가지고 있으며, 정해진 프로세스 모델에 관하여 서로간의 통합이 필요하다. 일정한 워크플로우 로그 스키마에의 의해 통합된 워크플로우 로그는 각각의 목적을 가지고 있는 워크플로우 마이닝 도구에 의해 분석된다.

워크플로우 로그를 통합하고 활용하기 위한 워크플로우 로그 스키마는 워크플로우 엔진에서 발생할 수 있는 경우의 일반화를 통해 일정한 데이터 형식의 구조로써 구성될 수 있다. 일반적으로 크게 워크케이스(프로세스 인스턴스), 런타임 액티비티(액티비티 인스턴스), 워크아이템으로 이루어질 수 있으며, 각각의 구성요소 또한 구성요소에 관련한 식별 값



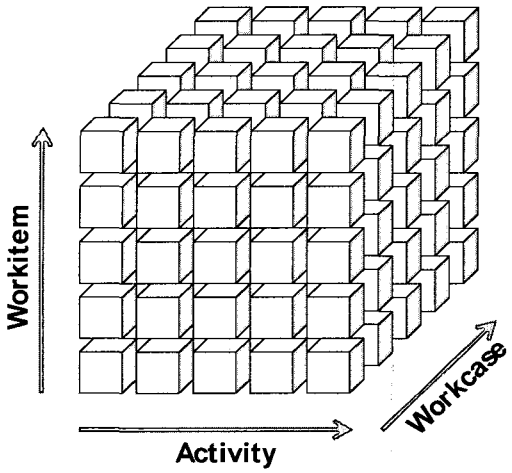
(그림 4) 워크플로우 로그 스키마 - 워크플로우 로그의 통합과 활용



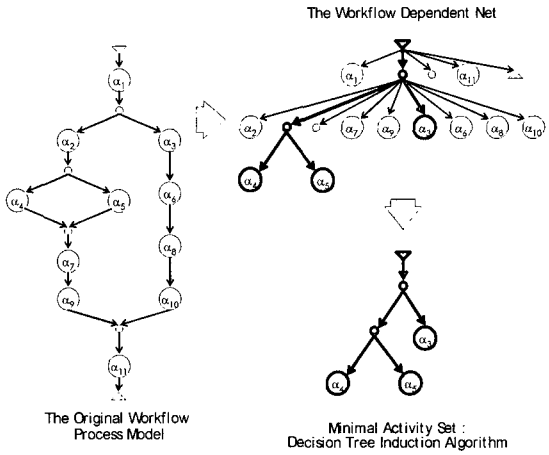
(그림 5) 워크플로우 로그 구조

과 인스턴스를 발생시키는 부모개체의 식별 값, 그리고 일어나게 한 이벤트의 구성요소 및 이벤트 발생 시간정보 등을 필수적으로 필요로 하게 된다.

정형화된 워크플로우 구조로 형성된 워크플로우 로그는 데이터 자체에 대한 접근 방법뿐만 아니라, 다차원적 마이닝에 관하여 요구된 조건에 따른 로그의 다차원적인 접근방법이 요구된다. 다음 그림은 워크플로우 로그의 다차원적 접근 방법의 예로써, 워크케이스, 액티비티, 워크아이템 중심적인 3차원 큐브의 구성을 나타내며, 워크케이스, 액티비티, 워크아이템의 범위뿐만 아니라, 워크플로우 마이닝시스템의 시스템적 요구에 따른 범위의 축소나 확대를 할 수



(그림 6) 워크플로우 로그의 다차원적 접근 - 워크케이스, 액티비티, 워크아이템을 중심으로



(그림 7) 의존성 기반 워크플로우 마이닝 기법 - 경기대학교 워크플로우 기술 연구실

있으며, 또한 다른 측면으로 구성될 수 있음을 나타낸다.

워크플로우 마이닝을 연구에 있어, 앞서 언급한 워크플로우 로그와 더불어 어떠한 방식으로 워크플로우 마이닝을 해야 하는지에 관련된 알고리즘 및 기법에 관한 연구 또한 워크플로우 마이닝 기술의 핵심 연구 이슈이다.

현재로써 워크플로우 마이닝 알고리즘에 관해서는 많은 이론들이 정립되지 않은 상태이며, 데이터 마이닝에 의존적인 초기단계라고도 볼 수 있다. 즉, 마이닝에 어떠한 알고리즘으로 어떠한 데이터를 어떻게 접근해야 할지에 관한 것은 워크플로우 마이닝을 연구 개발하고자 하는 연구자의 몫이다.

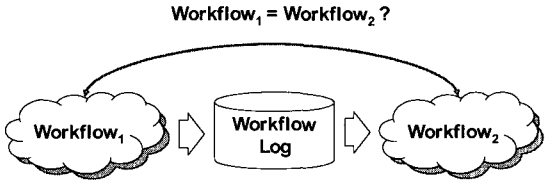
워크플로우 마이닝 알고리즘이나 기법들은 여러 가지가 있을 수 있으며, 확장해 나갈 수 있다. 다음 그림 7은 경기대학교 워크플로우 기술 연구실에서 연구하고 있는 워크플로우 마이닝 기법 중 한가지인 의존성 기반 워크플로우 마이닝 기법이다. 워크플로우 마이닝 알고리즘이나 기법에 관하여 전체적으로 설명할 수는 없지만, 다음과 같은 기법도 있다는 것을 나타내는 적절한 예제라고 생각된다.

워크플로우 마이닝 기법 및 알고리즘 중 하나의 예로써 나타낸 아래 그림 7은 의존성 기반 워크플로우 마이닝 기법을 표현하고 있다. 의존성 기반 워크플로우 마이닝 기법은 워크플로우 프로세스의 의존성을 파악하고, 마이닝 알고리즘을 적용하여, 워크플로우 프로세스의 경로를 결정 짓는 최적 축소 모델의 결정 트리를 구성하는 워크플로우 마이닝 기법이다.

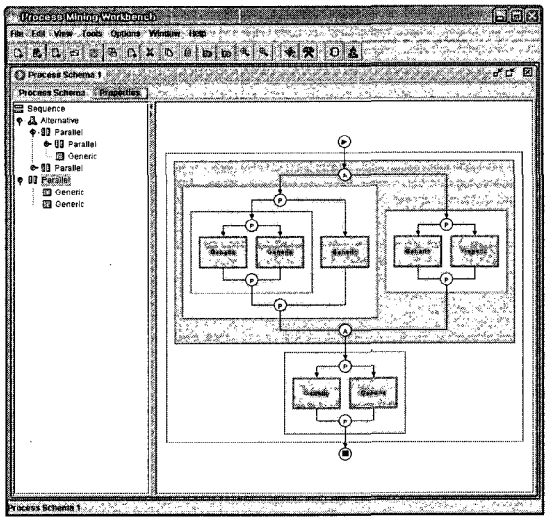
3. 워크플로우 마이닝 연구개발 동향

국내외의 워크플로우 마이닝 연구진은 워크플로우 모델이 기본적으로 워크플로우 정의 모델과 워크플로우 제정서비스를 거쳐 생성된 로그 정보로부터 생성한 워크플로우 생성 모델이 다른 측면을 갖는다는 것을 전제로 워크플로우 정의 모델과 워크플로우 로그 기반 워크플로우 생성 모델간의 불일치를 줄여나아가고자 하는 측면으로 연구개발하고 있다.

국외에서는 연구되고 있는 워크플로우 및 프로세스 마이닝 기술의 선진 그룹은 네델란드 아인트호벤



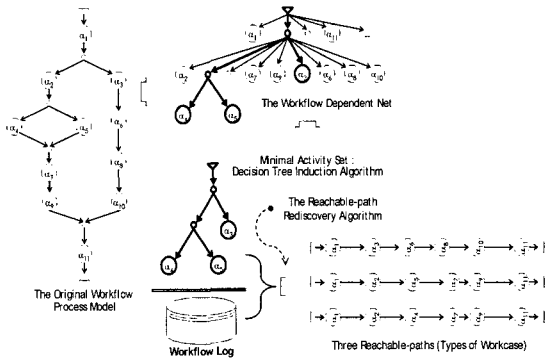
(그림 8) 워크플로우 정의 모델과 로그 기반 형성된 모델과의 불일치



(그림 9) 워크플로우 마이닝 도구

기술 대학교(Eindhoven University of Technology)의 W.M.P. (Wil) van der Aalst 교수 연구실이라고 생각되며, 패트리넷을 기반으로 워크플로우를 모델링하고, 워크플로우 모델을엔진에서 운용하는 워크플로우 제정 서비스을 통해 얻어진 워크플로우 로그를 기반으로 프로세스를 재구성하는 방법과 그에 따른 워크플로우 마이닝 시스템에 관하여 연구개발하고 있다. 자세한 연구자료는 웹사이트(http://www.process-mining.org/)를 통해 얻을 수 있다.

다음 그림 9는 네델란드 아인트호벤 기술 대학교

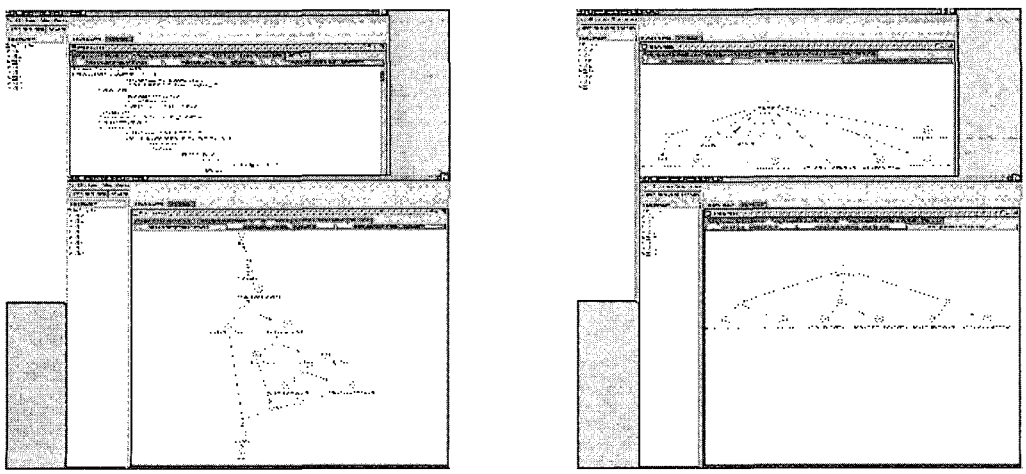


(그림 10) 워크플로우 마이닝 프레임워크

(Eindhoven University of Technology)의 W.M.P. (Wil) van der Aalst 교수의 연구그룹에서 개발한 프로세스 마이닝을 하기 위한 워크플로우 마이닝 도구 중의 하나이다.

국내에서는 워크플로우 마이닝 기술에 관한 연구로 대표적으로 경기대학교 워크플로우 기술 연구실(CTRL: Collaboration Technology Research Laboratory)에서 워크플로우 의존성 기반의 워크플로우 마이닝 기법과 알고리즘, 시스템에 관하여 연구개발하고 있으며, 알고리즘 및 아키텍쳐에 관한 연구를 확대해 나가고 있다. 그리고 '워크플로우 마이닝 프레임워크'을 정립하고 그에 대한 이론과 실제를 연구하고 개발하고 있다.

다음 그림은 경기대학교 워크플로우 기술 연구실에



(그림 11) 워크플로우 마이닝 도구 -의존성 기반 프로세스 분석 도구

서 개발한 XPDL(XML Process Definition Language) 정보로부터 프로세스 정보를 구성하고 알고리즘을 통해 분석하는 '의존성 기반 프로세스 분석 도구' 도구이다. 앞서 설명한 워크플로우 마이닝 프레임워크 개념을 기본 개념으로 두고 개발한 툴이며, 앞으로 계속적인 연구를 통해 알고리즘의 다양화, 기능의 다양화 등을 통해 지속적으로 발전해야 할 툴이다.

경기대학교 워크플로우 기술 연구실의 워크플로우 마이닝 등 워크플로우 관련 기술 연구에 관련된 연구 문헌은 웹사이트(http://ctrl.kyonggi.ac.kr/)를 통해 서비스를 받을 수 있다.

4. 결 론

본 고에서는 워크플로우 및 프로세스 마이닝의 필요성과 탄생배경, 기술적 개요 및 국내외의 연구개발 동향에 관하여 기술하였다. 워크플로우와 관련된 다른 연구분야와 달리 워크플로우 마이닝 기술개발 분야는 아직 연구해야 할 것이 많고, 그만큼의 필요성이 있으며, 그만한 가치가 있다.

워크플로우 마이닝 기술 및 시스템에 관련한 기술개발은 워크플로우 로그의 다차원적인 접근방식에 관련하여, 여러 가지 측면에 관한 효율적이고 최적화된 알고리즘의 개발이 필요하며, 다차원적인 워크플로우 로그의 접근 방식과 그에 따른 다차원적이고, 최적화된 마이닝 알고리즘을 지원하는 워크플로우 마이닝 시스템이 필요하다.

현재 워크플로우 및 프로세스 마이닝 분야에 있어 국내외의 기술적 차이는 크게 보이지 않는다. 그리고, 현재 워크플로우 및 BPM의 국내의 관심도는 매우 크다. 이에, 앞으로 워크플로우를 연구하고 개발하는 국내의 연구진은 워크플로우 마이닝 관련 기술에 있어 좀더 체계적이고 경쟁력 있는 알고리즘 및 시스템을 연구 개발하여 세계적 선진 그룹이 되길 기대한다.

Acknowledgement

본 연구는 정보통신연구진흥원 정보통신 기초기술 연구지원사업(04-기초-0005)의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

[1] Kwang-Hoon Kim, "Workflow Control Dependency Analysis and Its Implication on Distributed Workflow Systems", Journal of Applied Systems Studies, 2003.12

[2] W.M.P. van der Aalst , B.F. van Dongen, J. Herbst, L. Maruster, G.Schimm, and A.J.M.M. Weijters, Workflow Mining: a Survey of Issues and Approaches, Working Paper 74, Beta: Research School for Operations Management and Logistics.

[3] W.M.P. van der Aalst and B.F. van Dongen., Discovering Workflow Performance Models from Timed Logs.,In Y. Han, S. Tai, and D. Wikarski, editors, International Conference on Engineering and Deployment of Cooperative Information, Systems (EDCIS 2002), volume 2480 of Lecture Notes in Computer Science, pages 45-63. Springer-Verlag, Berlin, 2002

[4] Discovery of temporal patterns from process instances, San-Yih Hwang, Chih-Ping Wei, Wan-Shiou Yang, April 2004 Computers in Industry, Volume 53 Issue 3

[5] W. Aalst, A. Weijters, L. Maruster, Workflow Mining: Which Processes can be Rediscovered? BETA Working Paper Series, WP 74, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2002.

[6] Dustdar, S., Hoffmann, T. and van der Aalst, W.M.P., Mining of ad-hoc business processes with TeamLog, Technical Report TUV-1841-2004-07, Vienna University of Technology , 2004.

[7] B.F. van Dongen and W.M.P. van der Aalst, Multi-phase Process mining: Building

Instance Graphs, Conceptual Modeling - ER 2004, P. Atzeni, W. Chu, H. Lu, S. Zhou, T.W. Ling, LNCS 3288, pages 362-376, 2004., © Springer-Verlag Berling Heidelberg 2004

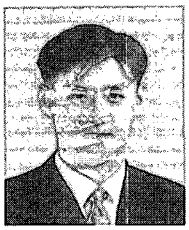
[8] A.K.A. de Medeiros and A.J.M.M. Weijters and W.M.P. van der Aalst, Using Genetic Algorithms to Mine Process Models: Representation, Operators and Results, BETA Working Paper Series, WP 124, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2004.

[9] W.M.P. van der Aalst and A.K.A. de Medeiros, Process Mining and Security: Detecting Anomalous Process Executions and Checking Process Conformance, Second International Workshop on Security Issues with Petri Nets and other Computational Models (WISP 2004), N. Busi and R., Gorrieri and F. Martinelli, STAR, Servizio Tipografico Area della Ricerca, CNR Pisa, Italy, pages 69-84, 2004.

[10] Clarence A. Ellis, Karim Keddara, A Workflow Change Is a Workflow, Business Process Management, Models, Techniques, and Empirical Studies, p.201-217, January 2000

[11] 박민재, 원재강, 김광훈, "워크플로우 도달가능 경로 분석도구", 한국정보과학회 추계학술발표 논문집(II), 31권 2호. pp.127-129, 2004.10

◐ 저 자 소 개 ◑



박 민 재

2004년 경기대학교 전자계산학과 학사

2004년~현재 경기대학교 대학원 전자계산학과 석사과정

김 광 훈

1984년 경기대학교 전자계산학과 학사

1986년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 석사

1994년 University of Colorado at Boulder, Computer Science, MS

1998년 University of Colorado at Boulder, Computer Science, Ph.D

1986년 2월~1991년 8월 한국전자통신연구원

1993년 5월~1994년 8월 American Educational Products, Inc., Professional DB Consultant

1994년 9월~1995년 8월 Colorado Advanced Software Institute, Research Assistant

1995년 9월~1997년 2월 Aztek Engineering, Inc., Software Engineer

1998년 3월~현재 경기대학교 정보과학부 조교수, 부교수