

가상기업을 위한 프랙탈 기반 협업 모델*

Fractal-based collaboration model for a virtual enterprise

문정태, 차영필, 정무영

포항공과대학교 산업경영공학과/제품생산기술연구소

Abstract

In this research, fractal approach is applied to the realization of a virtual enterprise. Virtual enterprise is a temporarily built organization to cope with new business opportunity. It is composed of diverse business partners such as suppliers, manufacturers, customers, and service providers in value chains. Therefore, communication and interoperability problems between heterogeneous participants are one of the main concerns in developing collaboration models of a virtual enterprise. Fractal-based reference model can be a solution for this problem. The term 'fractal' is used to represent a participant of the value chains. There are many advantages when participants try to embody fractal-based collaboration model such as; (1) no restriction of inner configuration, (2) guarantee of autonomy, (3) easy implementation of interfaces, etc. Fractals are self-similar, however, this does not mean that they should have same configuration. In this paper, a fractal-based collaboration model for a virtual enterprise is proposed and described with (1) a formal formulation of fractal concept, (2) functional requirements and interfaces, and (3) a goal model as a driving force of the virtual enterprise.

가상기업의 구축 및 운영에 대한 종합적인 모델의 설립이 어려운 실정이고, 부분적인 문제들의 해결에 초점을 두고 연구들이 진행되어 왔다. 대부분의 연구들은 가상 기업에 대한 계획 및 구축 (Planning and creation)에 초점을 맞추고 있으며 비즈니스 프로세스, 프레임워크, 데이터 모델, 서비스 중심 아키텍처 등등 여러 관점에서의 협업을 위한 기업 모델을 제시하고 있다. 하지만 아직까지 여러 분야에 걸친 수평적인 관점에서의 가상기업 모델에 대한 연구가 부족하고 많은 연구들은 특정 분야에 기반한 수직적 관점에서의 가상 기업 모델 (Cooperative design in manufacturing, dynamic supply chain management in agribusiness, etc)에 초점을 두고 있다.

본 연구는 수평적 관점에서의 협업 모델로서의 프랙탈 기반 프레임워크를 제시하고자 한다. 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 프랙탈에 대한 개념과 프랙탈 생산 시스템을 설명하고, 거기서 확장된 프랙탈 시스템을 소개한다. 3 장에서는 가상기업에 대해 설명한다. 4 장에서는 가상 기업을 위한 프랙탈 기반 협업 모델의 프레임워크와 개념을 설명하고 5 장에서는 결론 및 추후 연구 과제를 소개한다.

1. 서론

빠르게 변화하는 기업환경에 대응하기 위해 유연한 가상 기업(Virtual enterprise) 또는 가상 조직(Virtual organization)의 개념이 제시되고 활발하게 연구되고 있다. 많은 개념적인 장점에도 불구하고 가상 기업의 구현과 적용에 대한 연구가 부족한 실정이며, 이것은 여러 분야에서 응용할 수 있는 가상 기업의 참조 모델과 여러 상황에서 적절하게 사용할 수 있는 톨의 부재에서 비롯된다(Camarinha-Matos and Afsarmanesh, 2003). 파트너의 검색과 선택, 계약을 위한 협상 메커니즘, 분산 작업 할당, 성능 평가, 비즈니스 프로세스 관리, 정보 통합 프로토콜, 온톨로지(Ontology) 등의 산재한 문제들로 인해

2. 프랙탈 시스템(Fractal system)

2.1 프랙탈(Fractal)

프랙탈은 Mandelbrot 에 의해 제시된 자가유사성(Self-similarity)과 소수차원을 특징으로 갖는 기하학을 말한다. 자가유사성이란 확대/축소를 하여도 같은 패턴이 반복되는 스케일에 독립적인 특징을 일컫는다. 프랙탈에서의 차원은 다음의 식에 의해 구해진다. 여기서 D 는 프랙탈 차원, N 은 개체의 수, r 은 축소율을 나타낸다.

$$D = \frac{\log N}{\log(1/r)} \quad (1)$$

일반적으로 잘 알려진 코흐곡선 같은 경우 조각의 개수는 1, 4, 16, ..., 4^k 와 같이 증가하고 축소율은 1/3 이 된다. 식(1)에 의해 차원을 구해보면 1.26 이라는 소수점 차원이 나타나게 된다. 프랙탈이라는 것은 자가유사성과 소수차원이

* 이 논문은 2004 년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2004-041-D00805).

나타나게 하는 패턴의 법칙이라 생각할 수 있다. 이런 프랙탈의 성질은 자연의 여러 형상 및 성질들을 규명하는 데 많이 사용이 되었으며, 시스템을 분석하고 정의하는 방식에도 응용이 되었다.

2.2 프랙탈 생산 시스템(Fractal Manufacturing System, FrMS)

프랙탈이 시스템의 아키텍처 모델로서 제시된 것은 Fractal factory 로서, 자가유사성, 자가조직성(Self-organization) 등의 특징을 가진 BFU(Basic Fractal Unit)를 생산시스템에서의 기본 제어 요소로 모델링 하였다(Warnecke, 1993). 개념적으로 여러 우수한 특징을 지니는 Fractal factory 의 장점을 구현하기 위해, 에이전트 기술에 기반한 프랙탈 생산 시스템이 제시되었다(Ryu and Jung, 2003). 프랙탈 생산시스템은 그림 1 과 같이 자가유사성을 지닌 프랙탈들이 계층 구조를 이루면서 동시에 분산제어 구조의 특징을 가지게 된다. 이런 복합제어구조(Hybrid control architecture)는 계층제어구조와 분산제어 구조의 장점들을 가지면서, 각 제어구조에서의 단점들도 수반한다. 이를 위해 프랙탈 생산시스템은 에이전트들의 논리적 구성을 지원하기 위한 동적 재구성 프로세스(Dynamic restructuring process)를 통해 시스템을 구성하고 골을 기반으로 시스템을 운영한다(Goal generation process, goal balancing process, goal harmonizing process).

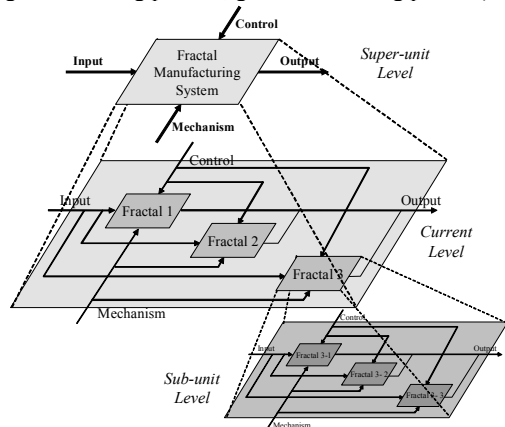


그림 1. 프랙탈 생산시스템의 복합제어구조 (Ryu and Jung, 2003)

2.3 프랙탈 시스템(Fractal system)

프랙탈 시스템은 프랙탈 생산 시스템에서의 프랙탈 개념을 확장하여, 다양한 소프트웨어 시스템에서 프랙탈의 추상적인 기능과 인터페이스를 사용함으로써 프랙탈 구조를 구축할 수 있도록 제시된 것이다. 프랙탈 구조를 이루는 기본 단위는 가상 프랙탈 개체(Virtual Fractal Unit, VFU)로, VFU 는 프랙탈 구조를 이루기 위해 독립적으로 구현된 소프트웨어 시스템일 수도 있고 (e.g. agent), 혹은 기본적인 인터페이스만이 구현된 어떤 소프트웨어 시스템의 일부분(e.g. plug-in module)일 수도 있다. 체계적인 시스템 구축이 완성되지 않은 중/소규모의 기업(Small and medium enterprises, SME)인 경우 다른 VFU 와의 인터페이스만을 구축하여 메시지를 해석하고 포장하며, 그 분석과 의사결정은 사용자에게 의해 이뤄지는 경우도 VFU 라 할 수 있다. VFU 는 프랙탈 기반의 가치사슬 네트워크에서 서비스를

제공하거나 제공 받기 위한 인터페이스와 메커니즘을 추상적으로 일컫는 용어이다.

프랙탈 시스템은 시스템의 골을 바탕으로 구조가 변화하게 된다. 프랙탈 시스템은 골 주도 시스템으로 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 자가유사성(Self-similarity) 기하학에서의 자가유사성은 스케일에 따라 패턴이 불변함을 의미한다. 프랙탈 시스템에서의 자가유사성은 계층구조의 레벨에 따라 같은 인터페이스를 지닌 가상 프랙탈 개체(Virtual Fractal Unit, VFU)들이 논리적으로 연결되어 있는 것을 의미한다. 어떤 특정 목적을 위해 VFU 들이 계층 구조를 형성하고 있는 모습을 프랙탈 또는 프랙탈 구조라고 지칭한다.
- 자가조직성(Self-organization) 자가조직성이란 일반적으로 시스템이 자신의 특성을 스스로 정의하고 결정할 수 있는 성질을 지칭한다(Tharumarajah, 2003). 자가조직성을 위해 가장 중요한 요소는 자율성(Autonomy)이며, 이를 위해 자율적인 개체들간의 협동(Cooperation)이 필요하다. 자가재구성 능력을 갖춘 시스템의 각 개체는 개체 스스로 시스템의 매니저 역할을 수행할 수 있어야 자가조직성을 가지고 있다고 정의할 수 있다. 프랙탈 시스템에서의 VFU 는 자율적인 개체이며 스스로의 판단에 의해 네트워크에서 서비스를 제공하거나 요청하게 된다. 이런 VFU 들은 골에 의해 필요한 작업들을 정의하고 프랙탈 구조를 형성하게 된다. 이 과정은 VFU 들간의 협동, 협상, 조율 과정을 통해 이뤄지고 환경의 변화에 따라 스스로 골을 변경하고 프랙탈 구조를 재구성하게 된다.

프랙탈 시스템은 서비스 기반 컴퓨팅(Service-Oriented Computing, SOC)을 근간으로 한다. SOC 는 Object-oriented 패러다임 이후 등장한 새로운 컴퓨팅 개념으로 어플리케이션의 개발이나 협업을 디자인할 때 서비스를 기본 요소로 생각한다. 서비스는 자율적이고 플랫폼 독립적인 컴퓨팅 요소로, 호환 가능한 분산 어플리케이션을 개발하기 위해 XML 기반으로 described, published, discovered, orchestrated, programmed 될 수 있어야 한다(Shen, et. al., In press). 웹 서비스 기술은 SOC 모델을 구현하기 위한 기술로, 상위 레벨에서의 비즈니스 통합과 재구성을 지원하는 것을 주 목적으로 한다. 하지만 현재 웹 서비스의 기술/발견을 비롯한 협업을 위해 필요한 여러 표준들에 Semantic 요소가 부족하고, 다양한 분야의 사용자들이 서비스를 제공하고 제공 받기 위한 통합 모델이 존재하지 않는다. 이를 위해 프랙탈 시스템에서는 웹 서비스의 발견 이후의 과정을 지원하기 위한 톨로서 VFU 모델을 사용한다.

3. 가상 기업(Virtual Enterprise)

빠르게 변화하는 오늘날의 글로벌 시장 환경으로 인해 모든 활동을 기업 내에 통합하여 관리하던 경영활동이 점차 네트워크로 이루어진 가치 사슬(value chain) 전체에 대한 관리와 경영으로 이동하고 있다. 이런 환경에서 각각의 기업들은 일시적인 기업의 연합을 통해(가상 기업, Virtual Enterprise) 빠르게 변화하는 환경 속에서 새로운

사업 기회에 보다 유연하고 빠르게 대처할 수 있다. 기업들은 가상기업을 형성함으로써 다음과 같은 다양한 이점을 취할 수 있다 (Camarinha-Matos and Afsarmanesh, 2003).

- **Agility:** 예측치 못한 환경 변화를 인지하여 사업 기회, 고 품질, 빠른 시장 접근 등을 이뤄낼 수 있다.
- **Complementary roles:** 상호 보완적인 관계의 파트너를 찾음으로써 시너지 효과를 얻음과 동시에 시장 진출 및 창출을 보다 효율적으로 달성할 수 있다.
- **Achieving dimensions:** 중소형 기업의 경우 연합을 통해 기업의 규모를 확장한 효과를 얻을 수 있다.
- **Competitiveness:** 분산된 자원의 효율적 이용과 협동을 통해 비용절감 효과를 얻을 수 있다.

가상기업은 일반적으로 라이프 사이클에 따라 다음과 같은 생성(Creation), 운영과 진화(Operation & Evloution), 해체(Dissolution)의 국면을 가지게 된다.

- 생성 국면에서는 새로운 사업 기회(Business Opportunity)에 대처하기 위해 그 대상과 시장에 대한 조사를 통해 새로운 사업 영역을 개척한다. 이를 위해 필요한 다양한 파트너들을 찾아 필요한 서비스 제공에 대한 계약 및 비즈니스 시나리오나 프로세스, 이익 분배 등 가상 기업 운영에 필요한 여러 모델에 대한 합의의 과정을 거치게 된다.
- 운영과 진화 국면에서는 비즈니스 환경 변화에 유연하게 대처해가면서 가상 기업을 운영해가게 된다.
- 해체 국면에서는 사업 기회가 사라지거나 가상 기업의 목표를 달성하면 비즈니스 프로세스의 진행을 멈추고 가상 기업을 해체한다.

4. 프랙탈 기반 가상 기업

4.1 프레임워크

프랙탈 기반 가상 기업 모델은 기업에서 가상 기업의 활동에 참여할 부분이 VFU 로 표현되고, 이런 프랙탈들이 서로간의 유기적인 연결을 통해 가상 기업을 구축한다. 그림 2 는 각 기업이 가상기업을 구축하기 위한 가치 사슬에 어떻게 참여를 하게 되는지를 보여준다. Enterprise A 는 자신이 제공하고자 (혹은 제공 받고자) 하는 서비스를 기반으로 VFU 를 생성한다. 여기서 VFU 는 서비스 기반의 아키텍처를 구현한 다른 프랙탈과의 의사소통 채널을 갖춘 추상적인 어플리케이션을 의미한다. 기업이 프랙탈 기반 가상 기업의 가치사슬에 참여하기 위해서는 VFU 의 인터페이스를 기반으로 VFU 의 기능들을 구현하여야 한다. VFU 의 기능들을 구현하며 VFU 로서의 인증을 획득하고 서비스를 등록하거나 사용자로서 프랙탈 기반 웹 서비스 네트워크에 참여할 수 있게 된다. 인증을 위해 기본적으로 구현해야 할 사항들은 다음과 같다.

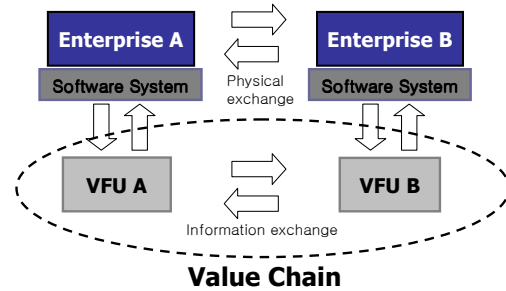


그림 2. VFU 를 통한 가치사슬 참여

- **인터페이스 (Interface)**
인터페이스는 다른 VFU 들과의 통신을 위해 필요하다. 웹 서비스 발견 이후 계약을 맺기 전까지 서로간에 서비스를 제공하고 제공 받기 위해서는 복잡한 과정을 거치게 되며, 계약 이후 가상기업이 운영되는 동안에는 비즈니스 프로세스와 관련된 다양한 정보들을 교환하게 된다. 이를 위해 VFU 의 인터페이스는 웹 서비스의 발견/선택 프로세스를 위한 것과 가상기업 운영을 위한 것으로 나뉘어진다. 기업 환경에 따라 자동화된 시스템이 구축되어 있지 않은 경우를 위해 인터페이스는 기기를 위한 것과 사용자의 이해를 돕기 위한 두 가지 버전의 해석 모델이 존재한다. 인터페이스 인증은 준비된 다양한 시나리오에 따른 메시지 (XML 기반의 SOAP 문서)를 보냈을 경우에 바른 해석을 해서 응답을 해오는지 체크를 한다. 서비스를 제공하는 경우라면, 등록된 서비스에 대해 인증기는 서비스를 사용 가능한지 묻는 요청에서부터 협상에 관련된 메시지, 계약에 관련된 메시지, 비즈니스 프로세스 정의와 운영에 관련된 메시지 등을 보내어 돌아오는 메시지를 검증하여 인증 한다.

- **듀얼 골 모델 (Dual goal model)**
프랙탈 기반 가상 기업에서 프랙탈 구조는 가상 기업 전체의 골에 따라 다양한 모습을 갖게 되고, 전사적 활동 또한 골의 달성을 위해 정렬된다. VFU 는 자신의 기업 자체를 위한 골과 자신이 서비스를 제공하게 된 가상기업의 골 두 가지를 가지게 된다. VFU 는 자신의 기업의 골과 가상기업의 골을 모두 만족시키려 노력해야 하며, 골들의 충돌이 있을 경우는 적절히 해소하여야 한다. 골 모델은 기업의 전략에 관련된 요소와 서비스에 관련된 요소로 이루어진다. VFU 의 골 모델은 프랙탈 생산시스템의 Reference goal model 과 Goal generation process 를 기업 모델에 맞추도록 확장한 것이다.

- **협상 기능**
프랙탈 구조는 계층구조와 분산구조의 복합 구조를 따른다. 에이전트에 관련된 많은 연구들은 자율적인

개체들의 협동과 조율을 위한 다양한 협상 프로토콜들에 대해 연구하여 왔으며, 계층 구조에서의 마스터/슬레이브 관계의 다양한 레벨의 협상과 분산구조의 “peer-to-peer”모드의 협상을 기본으로 하고 있다(Readdy et al., 2006). 프랙탈 시스템에서는 VFU 를 통해 협상에 관련된 메시지가 도착하고, 협상 모듈을 통해 의사 결정을 내리게 된다. 프랙탈 시스템에서의 협상에 관련된 인 증은 협상 모듈의 구현에 대한 부분은 관여하지 않는다. 다만 협상과 관련된 메시지를 해석하고 의사 결정을 내리는 과정이 유기적으로 연결되어 정해진 순서와 시간에 맞추어 이루어지는 지를 검증한다. 서비스에 대한 협상에서 비즈니스 프로세스 통합에 이르기까지의 다양한 협상이 진행되고 워크플로우가 정의되는 과정까지를 담당할 모듈 또는 실무자가 있어야 한다.

위의 사항들 이외에도 재무나 자원, 재구성 등에 관련한 많은 사항들이 있으며, 실제 구현 시 가상기업을 위한 프랙탈 시스템의 참조 모델들을 참고한다.

4.2 가상기업 생성 과정

프랙탈 기반의 가상 기업의 생성은 다음과 같다.

1) 골 생성(Goal generation)

사업 기회가 발생하였을 때 이에 대해 정의를 내리고 분석한다. 최종 목표는 무엇이고, 이를 위해 필요한 일들이 무엇인지에 (Task decomposition) 대한 전체적인 명세서를 작성한다. 또한 추상적인 워크플로우를 작성하고 프랙탈의 골을 생성한다. 이 과정은 골 생성 프로세스 (Goal-generation process)를 통해 자동으로 이루어지거나, 담당자의 의사 결정을 통해 이루어질 수 있다.

2) 서비스 발견/선택 (Service discovery/selection)

● 발견 (Discovery)

프랙탈들은 SOA (Service Oriented Architecture)를 통해 구현되며, 각 기업들은 자신들이 제공하는 서비스를 Repository 에 등록해놓게 된다. 골이 생성되면, 이를 바탕으로 필요한 서비스들을 Repository 에서 찾고 해당 서비스 리스트를 받게 된다. 이 부분은 웹 서비스에서의 일반적인 과정을 따르게 된다.

● 협상 (Bidding Process)

서비스 리스트를 받게 되면 해당 프랙탈들에게 의사 타진과 서비스에 대한 여러 관심사항에 대한 문의를 포함한 SOAP 기반의 “Call-for-bid”메시지를 보내고, 해당 VFU 들은 이에 대한 Bid (가격, 서비스 타임 등등)를 응답한다.

● 선택 (Selection)

선택은 복잡한 과정에 따라 이루어 진다. 이 과정은 프랙탈 시스템의 동적 재구성 과정 (Dynamic Restructuring Process)를 따르게 되며, 가격, 서비스 타임, 신뢰도(Trust), 품질(Quality) 등을 고려하여 여러 다양한 대안의 협업 네트워크 (프랙탈 구조)를 구축한다. 이후 기업 환경에 알맞은 구조를 Automatic 혹은 Interactive 하게 결정한다.

3) 계약 (Contracting)

서로간의 Business agreement 를 맺는 과정으로 리소스 프랙탈과 상위 프랙탈간에 계약서를 교환하는 과정이다. 이 과정에서 프랙탈들 사이에서는 상위에서 하위로 Goal propagation 이

일어나고 추후 Business process 에 맞추어 기업활동을 진행한다.

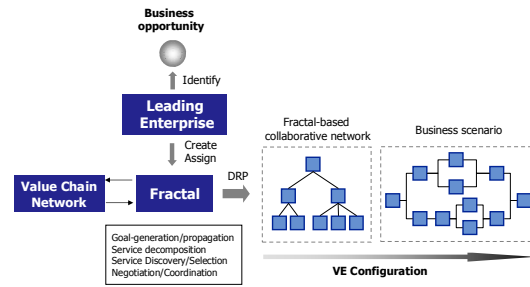


그림 3. 프랙탈 기반 가상기업 생성

5. 결론

프랙탈 시스템은 자가유사성과 자가재구성능력을 지닌 가상프랙탈 개체(VFU)를 기반으로 하여 VFU 들간의 논리적 연결을 통해 프랙탈 구조를 형성하여 문제를 해결해가는 분산 시스템이다. 본 연구에서는 VFU 를 기반으로 하는 가상기업 협업 모델을 제시하였다. VFU 는 인터페이스와 프로세스, 제약들을 추상화한 것으로 각 기업들은 추상화된 VFU 를 가져와 자신의 환경에 맞게 구현하거나 수정하여 사용할 수 있다. 기업들은 VFU 를 통해 프랙탈 가치사슬에 참여하여 서비스를 제공하거나 제공 받을 수 있다. 추후 연구과제로는 일반 기업들의 참여를 위한 Reference model 과 Dual goal model 의 체계화가 있으며, 다양한 시나리오에 기반한 운영 모델을 정립하여야 한다.

Reference

- Camarinha-Matos, L.M., and Afsarmanesh, H. “Elements of a base VE infrastructure”, *Computers in Industry*, 51(2), 139-163, 2003.
- Readdy, J., Massotte, P., and Diep, D., “Comparison of negotiation protocols in dynamic agent-based manufacturing systems”, *International journal of production economics*, 99(1-2), 117-130, 2006.
- Ryu, K., and Jung, M. “Agent-based fractal architecture and modeling for developing distributed manufacturing systems”, *International Journal of Production Research*, 41(17), 4233-4255, 2003.
- Sehn, W., Hao, Q., et. al. “An agent-based service-oriented integration architecture for collaborative intelligent manufacturing”, *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, In Press.
- Sreenath, R. M., and Singh M. P. “Agent-based service selection”, *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 1(3), 241-320, 2004.
- Tharumarajah, A. “A self-organizing view of manufacturing enterprises”, *Computers in Industry*, 51(2), 185-196, 2003.
- Warnecke, H. J. “The Fractal Company: a Revolution in Corporate Culture”, *Springer-Verlag*, Berlin, 1993.