

자율 재구성형 협업 공급망 프레임워크 및 기업간 신뢰모델 기반 이익분배 전략 개발

이기열¹ · 류광열^{2*} · 문일경² · 정무영³

¹포항공과대학교 산업경영공학과 / ²부산대학교 산업공학과 / ³울산과학기술대학교 테크노경영학부

Framework for Self-reconfigurable and Collaborative Supply Chains and Revenue Sharing Strategy based on Trust Models of Enterprises

Kiyoul Lee¹ · Kwangyeol Ryu² · Ilkyeong Moon² · Mooyoung Jung³

¹Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology,
Pohang, 790-784, Korea

²Department of Industrial Engineering, Pusan National University, Busan, 609-735, Korea

³School of Technology Management, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan, 689-798, Korea

Globalization of market and diversification of customers' needs make enterprises to collaboration of participants in supply chain. To establish collaboration, supply chain must have the flexibility and reconfigurability, which are supported by fractal based supply chain management (FrSCM). In this paper, base on the FrSCM, formulation of trust model among the enterprises in the supply chain, and development of profit sharing strategies in the supply chain based on the trust model are investigated. To evaluate trust model, generation of enterprise's goal and its description, extraction and systematic composition of trust factors and trust evaluation are investigated. Based on the developed model, we developed the fuzzy inference engine to evaluate the trust value in terms of numerical value. And then revenue sharing strategies are developed based on the fractal concept and trust model for the collaborative SCM. The fractal concept is used to obtain the optimal production and transportation plans. In addition, the trust model will be integrated into the RS model. In such an RS model, the supply chain will obtain the maximum total profit and profit of each participant depends on its trust value.

Keywords: Collaborative Supply Chain, Trust Model, Revenue Sharing, Fractal

1. 서론

시장의 글로벌화, 고객의 요구의 다양화 및 이머징 테크놀로지(Emerging technology)의 등장에 대응하기 위하여 기업들은 내·외부 협업의 강화가 필요하다. 즉, 글로벌 비즈니스 환경에서 기업들은 기업 활동을 자사의 조직만으로 수행하는 것이

아니라 전 세계가 연결된 사이버 공간상의 협력업체, 공급업체 및 고객과의 연계가 필요함을 인식하고, 제품 기획에서 생산 및 판매에 이르는 공급망의 모든 참여자의 협업이 필요함을 인식하고 있다. 또한, 세계 시장이 정적이고 집중화된 환경에서 동적이고 분산된 환경으로 변화함에 따라 공급망에서 관리해야 할 요소는 납품기한의 변화, 재고량 변화, 주문수량 변

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2009-0087861).

* 연락처: 류광열 교수, 609-735 부산광역시 금정구 부산대학교 63번길 2(장전동) 부산대학교 산업공학과, Tel : 051-510-2473,

Fax : 051-512-7603, E-mail : kyryu@pusan.ac.kr

2011년 9월 10일 접수; 2011년 10월 16일 수정본 접수; 2011년 11월 10일 게재 확정.

화 및 수요량 변화뿐만 아니라 정부 규제, 고객요구의 다양화, 경쟁기업의 등장 시기, 신기술 동향 등으로 확대되고 있으며, 기업들은 이러한 변화에 대응하기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 그 예로써, 글로벌 시장 환경에 대응하고 위험요인을 감소시키기 위하여 기업들은 분산된 공급망 구축에 주력하고 있다. 이러한 변화로 인하여, 협업적 공급망 관리 체계의 비중이 높아지고 있으며, 공급망에서의 이익 분배(Revenue Sharing; RS)에 대한 관심이 증가하고 있다. 기업 내·외부적인 공급망을 효율적이고 체계적으로 관리하기 위하여 공급망에서 발생하는 이익을 투명하게 분배함으로써 공급망 전체의 효율을 제고하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

그러나 이익 분배에 있어 기준을 설정하는 것과 동시에, 공정한 이익 분배로 기업의 협업 공급망에 참여 의식을 높일 수 있는 연구는 미흡한 실정이다. 우선 협업 지원을 위해서는 수직적인 공급망 관리뿐만 아니라 수평적인 공급망 관리가 필요하며, 이를 지원할 수 있는 공급망 관리 모델이 필요하다. 기존 중앙 집중형의 공급망 관리 모델은 이미 구축된 공급망을 최적화하는 문제에 초점을 두고 있기 때문에 동적으로 변화하는 분산 공급망 환경에 대응하기 어렵다. 동적인 시장 환경에서는 시장 역동성이 공급망에 참여한 모든 기업에 빈번하게 발생하며, 이러한 시장 변화를 빠르게 감지하고 대처하는 능력의 보유가 중요하다. 이를 위해서는 분산 공급망 환경을 지원하고 동적인 시장 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 자율 재구성형 공급망 모델의 개발 뿐 아니라 자율 재구성형 공급망에서 협업으로 인해 발생하는 이익을 분배하는 연구가 필요하다. 기존의 연구는 주로 수직적 관계에서 발생하는 이익을 분배하여 최적화하는 것에 초점을 맞추고 있으나, 협업적 자율 재구성형 공급망은 수평적인 관계까지 고려해야 하는 복합적인 문제를 다루고 있으므로 참여 기업의 수직적, 수평적 관계를 고려한 다차원적 이익 및 분배에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 협업 환경에서 공급망의 자율재구성 능력 발현을 위한 기본 프레임워크에서 공급망에 참여한 기업 간 신뢰 모델과 신뢰도에 기반을 둔 자율 재구성형 협업 공급망에서의 최적화된 이익 분배 모델을 개발한다. 자율 재구성형 공급망 모델은 분산성, 목적지향성, 재구성 능력을 갖추어야 하므로 프랙탈(Fractal) 개념을 도입한 프랙탈 기반 공급망 관리(Fractal-based SCM; FrSCM)를 제안한다. 그리고 기업 간 신뢰 모델은 가상 기업 구성에 사용되는 기업 간 신뢰모델을 확장하여 일반 기업에서의 신뢰요소를 도출하고 신뢰성 평가를 위한 퍼지 추론 모델을 개발한다. 마지막으로 이익 분배 모델 개발을 위해 공급망의 모든 구성원들의 신뢰도를 기반으로 이익을 분배하는 수리모형을 개발한다. 우선 기본적 공급망 모델인 Two-stage 공급망(retailer, manufacturer)에서의 수리 모형을 기반으로 N-stage 모델로 확장한 모형을 개발한다. 이후의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 자율 재구성 협업 공급망 프레임워크와 가상 기업에서의 신뢰 평가 모델 및 이익분배 모델과 관련된 연구를 소개하며, 제 3장에서는 일반 기업에서의 신

뢰요소 도출 및 평가 모델을 제시한다. 그리고 제 4장에서는 신뢰성 기반의 이익분배 모델을 설명한다. 마지막으로 제 5장에서는 결론 및 추후 연구를 소개한다.

2. 관련 연구

2.1 자율 재구성형 협업 공급망

2.1.1 협업 공급망 모델

Vendor-managed inventory(VMI; Achabal *et al.*, 2000)는 생산자가 판매자의 재고를 관리하는 협업 공급망 모델의 대표적인 예이다. 월마트에서 성공한 이후 많은 분야에 확대 적용되고 있으며, VMI 성공을 위해서는 생산자와 판매자 사이의 실시간 정보공유가 필수적인 요소이다. 정보의 복잡성과 인프라 구축의 어려움으로 대형회사에서 재고관리 수준에서만 사용되는 실정이며, 공급망 전체의 생산관리 및 계획에는 적용되지 못하고 있다.

공급망 참여자 간의 협업을 통한 계획, 예측, 구매, 판매가 이루어지는 협업 공급망 모델의 이상적인 모델은 Collaborative planning, forecasting, and replenishment(CPFR) 모델(Sari, 2008)이다. 이 모델은 공급망의 모든 참여자 간의 높은 수준의 정보 공유가 필요하기 때문에 강력한 IT 솔루션이 지원되어야 실행이 가능하다는 단점이 있다. 이로 인하여 중소기업에서는 활용이 어렵고, 구축된 IT 솔루션의 복잡도로 인하여 구조의 변경이 용이하지 않아 공급망 구조의 변화가 잦은 산업에서는 활용하기 힘들다는 한계가 존재한다.

분산 환경에 적용 가능한 자율 재구성 능력을 갖춘 공급망 모델로는 멀티에이전트(Multi-agent) 기반 공급망 모델(Swaminathan *et al.*, 1998)과 홀로닉(Holon) 기반 공급망 모델(Tuzkaya and Onut, 2007)이 있다. 멀티에이전트 기반 공급망 모델은 각각의 공급망 참여자를 하나의 에이전트로 모델링하여 외부 환경을 감지하고, 에이전트 간의 협상을 통하여 외부 환경 변화를 반영한 계약관계와 계약 내용을 결정하는 연구로, 공급망의 분산성에 역점을 두고 있어 재구성 능력에 대한 연구가 부족하다. 즉, 전체 공급망을 제어할 에이전트의 부재로 인하여 공급망 구조를 자유로이 변경할 수 없는 한계를 지닌다. 홀로닉 기반 공급망 모델은 홀론(Holon)이라는 홀로닉 시스템의 기초 단위를 이용하여 각각의 공급망 참여자를 모델링한 연구로 공급망의 분산성과 목적지향성에 초점을 두고 있다. 홀론의 목적모델은 수식 모델을 기반으로 하여 정성적인 시장 변화를 반영하지 못하는 한계를 지닌다.

2.1.2 프랙탈(Fractal)

프랙탈은 Mandelbrot에 의해 제시된 자가유사성(Self-similarity)을 가지는 기하형상으로, 반복적으로 확대/축소를 하여도 같은 모양과 패턴을 보인다. 따라서 프랙탈은 자가유사성, 자가조직성, 목적지향성, 역동성, 지속성의 5가지 고유의 특성을

지닌다. 생산 시스템에 적용된 프랙탈은 5가지의 기능 모듈로 이루어지며 각 기능 모듈은 멀티에이전트로 구성되며(<Figure 1> 참조), 각 모듈의 기능은 다음과 같다(Ryu and Jung, 2003).

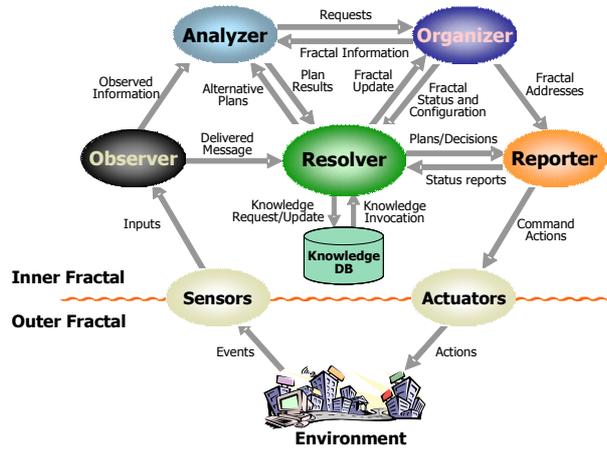


Figure 1. Functional modules in the fractal(Ryu and Jung, 2003)

- Observer : 외부 환경의 변화 감지, 다른 프랙탈의 정보수집
- Reporter : 수집된 정보를 Resolver, Organizer 에게 전달
- Analyzer : 현 프랙탈의 상태 및 목적을 분석하고, 계획에 따른 프랙탈의 만족도 및 자신의 하위 프랙탈의 신뢰도를 평가
- Resolver : 프랙탈의 목적 달성을 위한 의사 결정을 수행하고, 프랙탈 목적모델의 형성 및 최적화와 프랙탈 목적 완수를 위한 계획을 생성
- Organizer : Analyzer 및 Resolver에게서 받은 프랙탈 만족도 및 계획에 따른 프랙탈 구조를 생성하는 등 프랙탈 구조의 자율적 재구성 추진

2.1.3 FrSCM 프레임워크

프랙탈은 5가지의 기능 모듈로 이루어지며 하위 프랙탈을 가질 수 있다. <Figure 2>는 프랙탈 모델을 표현한 것이다.

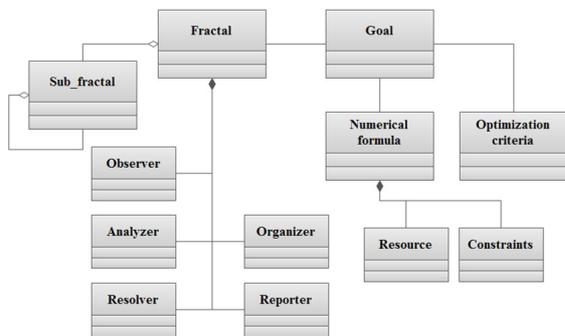


Figure 2. Class diagram of the fractal model

FrSCM은 기업 간 협업지원을 위한 수직적 공급망 관리뿐만 아니라 수평적 공급망 관리를 제공한다. 프랙탈을 기본 구성요소로 사용하며, 계층적 제어구조와 분산형 제어구조의 복합적

형태인 혼합형 제어구조를 따르며, 프랙탈의 특징을 따르기 때문에 다음과 같은 장점을 갖는다.

- 자가유사성으로 인해 복잡한 구조의 시스템도 쉽게 모델링 하고 제어할 수 있음
- 자가조직성으로 인하여 환경변화에 적절한 SCM 구조를 도출하여 변화에 빠르게 대처할 수 있음
- 멀티에이전트로 구성되기 때문에 공급망 최적화를 위한 계산부하와 시간을 분산시킬 수 있음

FrSCM에서 각 공급망 참여 기업 및 조직 내부 부서는 하나의 프랙탈로 표현되며, 각 제품과 관련된 기업들 혹은 프로젝트 팀의 수평적 관계가 하나의 프랙탈로 표현된다(Oh et al., 2010). 즉, 전체 공급망에서의 Seller-Buyer 관계를 프랙탈로 표현하면 <Figure 3>과 같다.

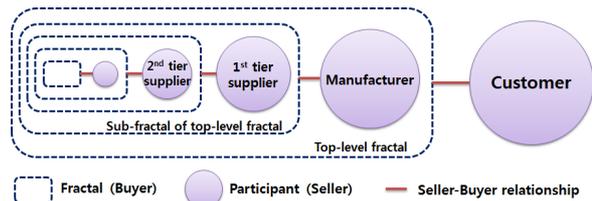


Figure 3. Fractal model for the seller-buyer relationship

2.2 가상 기업의 신뢰평가 모델

가상기업 개념의 적용과 관련된 연구들은 2000년 초반 EU 소속 국가들을 중심으로 활발한 연구가 이루어졌다(Camarinha-Matos and Afsarmanesh, 2007). 가상기업과 관련된 초기 연구들은 각 분야별 프로젝트를 통해 몇 개의 기업들을 하나의 네트워크로 통합하는 방안에 대한 연구로 이루어진데 비해(Filos, 2006) 현재는 가상기업의 생성 부분에 초점을 두고 있다. 즉, 가상 기업을 구성하기 위한 파트너 선정이 중요 이슈이다. 파트너의 선정 기준은 파트너 대상 기업에서 제공하는 서비스 또는 제품의 품질과 시간, 가격을 포함한 기업 규모, 재무 현황, 신뢰도, 문화 차이, 가상 기업의 목표, 환경 등 다양한 요소들로 평가된다. <Figure 4>는 가상 기업의 핵심 구성 요소를 클래스 다이어그램으로 표현한 것이다(Mun et al., 2009).

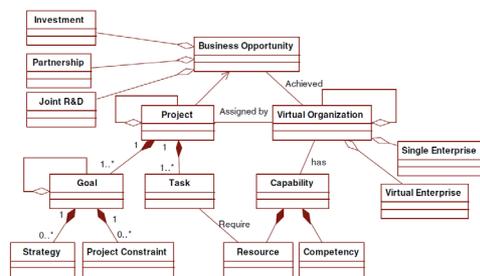


Figure 4. Core constructs of the virtual organization model (Mun et al., 2009)

가상 기업의 신뢰도를 평가하기 위해서는 가상 기업의 목적과 관련된 신뢰요소에 대한 분석이 필요하다. 일반적으로 가상기업에서 기업의 신뢰도를 평가하는 입력 값은 기업 역량 및 협업 결과를 포함한 기업 정보와 네트워크에서의 기업의 평판과 신뢰 정보이며, 신뢰 관계는 Trustor, Trustee, Context로 구성되며 이는 <Figure 5>와 같다.

이러한 가상기업의 신뢰 평가 모델은 게임 이론(Game theory)을 이용한 Learning-based 모형과 협업 성능(Collaboration performance)을 이용하는 Reputation-based 모형, 그리고 에이전트 간의 상호작용을 기본으로 하는 Sociocognitive-based 모형 등의 크게 세 가지 접근법으로 연구되고 있다(Sarvapali et al., 2004).

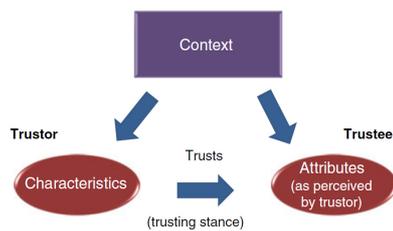


Figure 4. Components of a trust relationship(Mun et al., 2009)

기존의 연구들은 단순히 가격 또는 시간과 같은 정량적 척도를 이용하여 목적식을 만족하는 기업을 선택하는 최적화 방식을 이용하였다. 그러나 기업 환경에서 서로 간의 신뢰환경의 구축이 협업을 위한 중요한 요소로 작용하지만 이를 평가할 수 있는 연구는 부족하다.

2.3 협업 공급망 이익분배 모델

2.3.1 Two-stage 공급망에서 RS contract 모델

협업 공급망에서 이익 분배 모델은 계약과 관련하여 다양한 연구가 진행되었다. Cachon and Lariviere(2005)는 Two-stage 공급망에 대해 도매가(ω)와 소매업체의 이익 분배율(ϕ)을 이용하여 (ω, ϕ)의 의사결정 변수를 가지는 이익 분배 모형을 제시하였으며, Giannoccaro and Pontrandolfo(2005)는 three-stage 공급망에서 retailer, distributor, manufacturer로 구성되는 이윤 분배 모형을 제안하였다. Buy-back(BB) 모형(Pasternack, 1985)은 전체 수익 모두 전체 BB 신뢰성과 미판매 상품에 대한 반환이 차선이라는 것을 보여주었으며, Wei and Choi(2009)는 도매가와 이익 공유제도에서의 two-stage 공급망의 이익에 대해 분석하였다. Chen(2011)은 협업적 공급망에 대한 도매가 discount scheme (Returns-discount contract)을 포함한 반환 정책을 제안하였으며, Chen and Bell(2011)은 가격 중속 확률적 수요에 대한 분산형 공급사슬 조정에 대한 고객의 반품과 함께 BB 정책을 연구 수행하였다.

2.3.2 N-stage 공급망에서 RS contract 모델

N-stage 공급망은 <Figure 6>과 같은 관계 트리로 구성되며,

각 node는 공급망의 구성원인 retailer, manufacturer, supplier를, arc는 fund의 흐름을 의미한다(Feng and Moon, 2010). Retailer의 가격은 시장에 의해 결정되며, 판매가격은 한 판매시즌에 고정된다. N-stage 공급망에서 RS contract 모델은 모든 구성원의 이익이 증가하는 비율이 동일한 경우와 증가하는 이익의 절대 값이 동일한 경우로 나누어진다. 전통시장에서의 공급망 전체의 이익과 공급망 참여자의 이익을 비교 결과, 두 시나리오에서 공급망의 모든 구성원은 전통시장보다 높은 수익을 얻는 결과를 보인다.

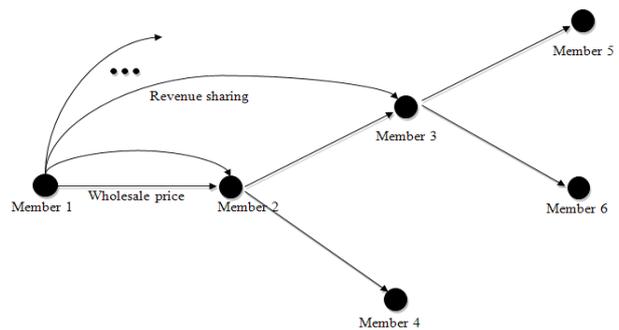


Figure 6. Branching tree of N-stage supply chain (Feng and Moon, 2010)

그러나 기존 연구들은 구성원의 기여도에 따른 이익 분배가 이루어지지 않기 때문에 구성원의 참여도를 신장시키기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 공급망 구성원의 참여도를 향상시키기 위하여, 구성원의 공급망 기여도를 신뢰도로 측정·평가하고, 이에 기반한 이익 분배전략을 개발하고자 한다.

3. 일반기업 대상 신뢰성 평가 모델

신뢰성 평가 모델 개발을 위해서는 목적 모델과 신뢰요소 체계도가 필요하다. 일반기업의 목적 모델은 가상 기업에서 기업의 신뢰도를 평가하는 입력 값은 가상기업의 목적에 포함되어 있기 때문에 가상기업의 목적 모델을 활용한다. 가상기업의 목적 모델에서 Goal (목적)은 식 (1)과 같이 정의되며 사업 기회를 포착한 주도 기업이 진행하고자 하는 사업과 그와 관련된 다양한 요소들의 제한을 포함한다. 일반적으로 기업의 목적은 언어로 표현되며 정량화하기는 힘들다. 이를 해결하기 위하여 퍼지 멤버십 함수를 활용한다.

$$G = \left\{ \begin{array}{l} \tilde{g}_{(i,j)}; \tilde{g}_{(i,j)} = \left(g_{(i,j)}, \underline{g}_{(i,j)}, \overline{g}_{(i,j)} \right), \\ \underline{g}_{(i,j)} \geq 0, g_{(i,j)} \geq 0 \end{array} \right\} \quad (1)$$

기업 역량 및 협업 결과를 포함한 기업 정보와 네트워크에서의 기업의 평판과 신뢰 정보를 이용한다. 그러나 일시적으로 기업의 역량 중에서 일부를 사용하여 만들어지는 가상기업

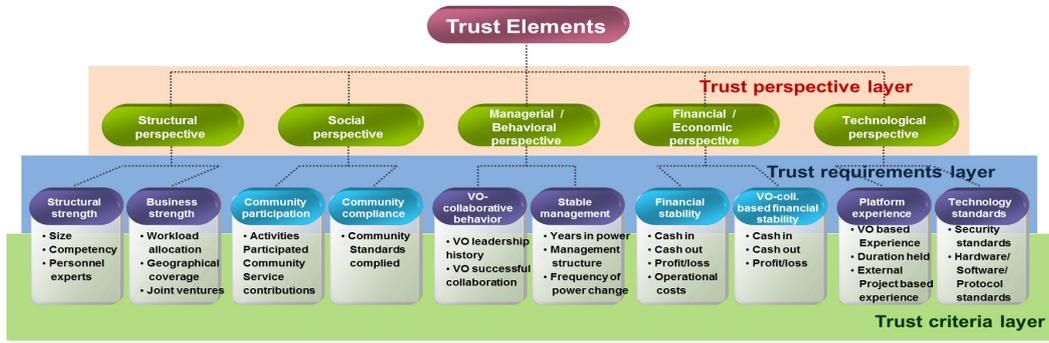


Figure 7. Trust factors in real enterprise(Modified from Msanjila and Afsarmanesh, 2008)

과 달리 일반기업에서는 신뢰도를 평가할 수 있는 요소가 더 많다. 따라서 일반기업의 신뢰요소는 가상 기업에 비하여 매우 광범위하기 때문에 체계적인 신뢰요소 도출을 위하여 <Figure 7>과 같이 신뢰요소의 Layer를 perspective layer, requirement layer, criteria layer로 구분한다(Msanjila and Afsarmanesh, 2008). 프랙탈은 기업의 목적에 따라 관련 신뢰요소를 도출한다. <Figure 8>은 <Figure 7>의 신뢰요소 중 생산계획 및 재고관리에서 관련하여 도출된 신뢰요소의 예이다. 신뢰 요소 간 상관관계는 <Figure 9>와 같이 표현할 수 있다(Msanjila and Afsarmanesh,

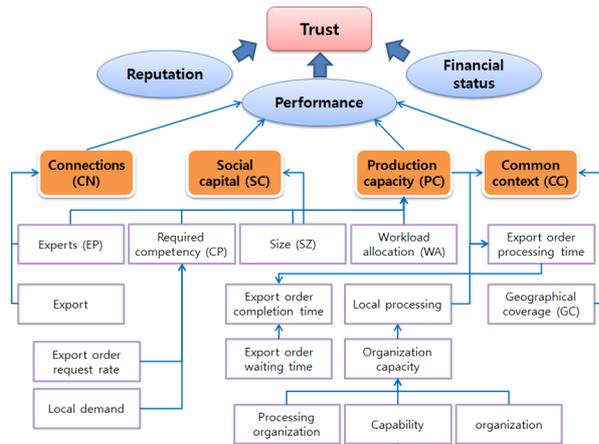


Figure 8. Trust factors map for production plan and inventory management

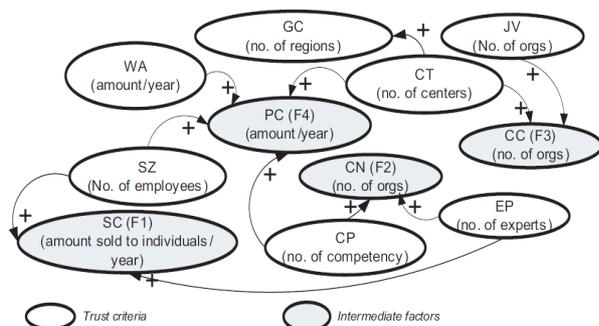


Figure 9. Correlation of the trust factors in structural perspective layer(Msanjila and Afsarmanesh, 2008)

2008).

목적 모델과 신뢰요소 체계도를 기반으로 신뢰성 평가를 위한 퍼지 추론 모델 디자인은 다음과 같은 단계로 수행된다.

- 요소 선정
 - 프랙탈은 기업의 목적에 따라 신뢰도 평가를 위한 요소 선택
 - 대표적인 요소로는 지연시간, 납기준수, 불량률, 평판 정보 등이 있음
- 퍼지 추론 엔진 디자인
 - 퍼지 집합, 멤버십 함수 정의(<Figure 10>)
 - <Table 1>과 같은 퍼지 규칙 정의
 - 신뢰성 평가 모듈 개발

신뢰성 평가 퍼지 추론 모델에 의해서 평가된 공급망 참여 기업의 신뢰성은 향후 이익분배 정책의 입력 값으로 활용하며, 퍼지추론 모델의 전체적인 구성은 <Figure 11>과 같다(Mun et al., 2011). 프랙탈 프록시 서버로부터 신뢰요소 관련 data를 제공받은 후 퍼지 추론 엔진에서 퍼지 집합과 퍼지 규칙을 사용하여 신뢰도를 평가한다. 평가된 신뢰도는 defuzzification을 거쳐 정량화된 형태로 도출된다.

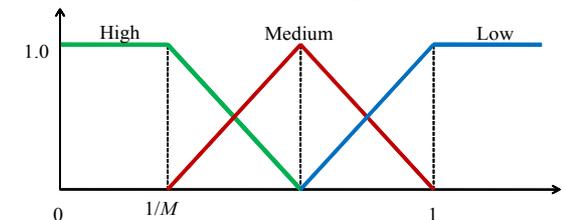
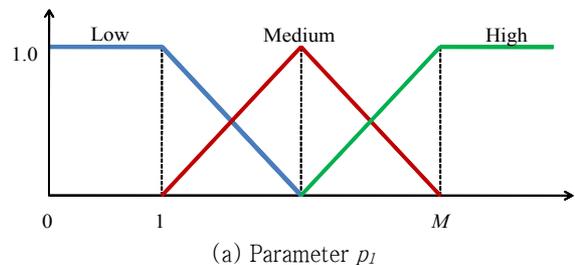


Figure 10. Fuzzy set

Table 1. Fuzzy rule

| IF | AND | THEN |
|--------|--------|--------|
| p_1 | p_2 | Trust |
| Low | Low | Good |
| Low | Medium | Good |
| Low | High | Normal |
| Medium | Low | Good |
| Medium | Medium | Normal |
| Medium | High | Bad |
| High | Low | Normal |
| High | Medium | Bad |
| High | High | Bad |

4. 협업 공급망에서의 신뢰성 기반 이익분배 모델

4.1 신뢰성 기반 RS contract 공급망 모델

협업 공급망에서 신뢰성 기반 이익분배 모델은 기존의 N-stage 공급망에서의 RS-contract 모델에 신뢰성 요소를 적용하기 위하여 각 구성원의 asset 총 생산량과 구성원 i 가 구성원 j 에게 주문한 asset량을 추가적으로 고려하여야 한다. N-stage 공급망에서의 RS contract 공급망 모델 구성을 위해 사용한 가정 사항은 다음과 같다.

- 모델에는 오직 하나의 시작 구성원이 존재함
- 소매업체 가격은 “ p ”이고 시장에 의해 결정됨
- 판매가격은 한 시즌에서는 고정되어 있음

신뢰성(Trust) 기반의 이익분배 모델은 신뢰 값을 고려하여 확장한 RS contract 공급망 모델로써 임의의 모든 구성원의 이익 할당을 보여준다. 신뢰성을 고려한 RS contract 공급망 모델에서 구성원 i 의 이익은 공급망에서의 위치에 따라 달라진다. 신뢰성 기반의 RS contract 공급망 모델을 수식으로 표현하면 다음과 같다(식 (2)~식 (7)).

| | |
|--------------|--|
| p | retail price per unit |
| q | order quantity of the final product |
| q_j | total production quantity of an asset of member j $j = 1, 2, \dots, N$ |
| q_{ij} | order quantity of an asset from member i to member j $i = 1, 2, \dots, N$ $j = 2, 3, \dots, N$ |
| $R(q)$ | member 1's total revenue |
| N | number of members in the supply chain |
| $C_j(q)$ | production cost of member j $j = 1, 2, \dots, N$ |
| $C(q)$ | total cost of supply chain |
| $\Pi_j(q_j)$ | expected profit of member j $j = 1, 2, \dots, N$ |
| $\Pi_0(q)$ | expected profit of the supply chain |
| S_j | set that contains all the direct upstream members of member j $j = 1, 2, \dots, N$ |
| T_j | set that contains all the direct downstream members of member j $j = 1, 2, \dots, N$ |

The decision variable

| | |
|----------------|---|
| ω_{ij} | wholesale price that member j charges member i per unit |
| λ_{ij} | wholesale price factor of ω_{ij} |
| Φ_j | member j 's share of the revenue generated from each unit $i, j = 1, 2, \dots, N$ |

- 구성원 i 가 상위 구성원 j 에게 지급받는 도매가

$$\omega_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{q_{ij}} \left(U_j + \sum_{k \in S_j} \lambda_{jk} U_k + \dots + \sum_{k \in S_j} \dots \sum_{v \in S_k} \lambda_{jk} \dots \lambda_{uv} U_v \right) \quad (2)$$

- 구성원 j 에서 유지되는 공급망 총이익의 비율

$$\Phi_j + \Delta \Phi_j \frac{R(q) - 2C(q)}{R(q)} \quad (3)$$

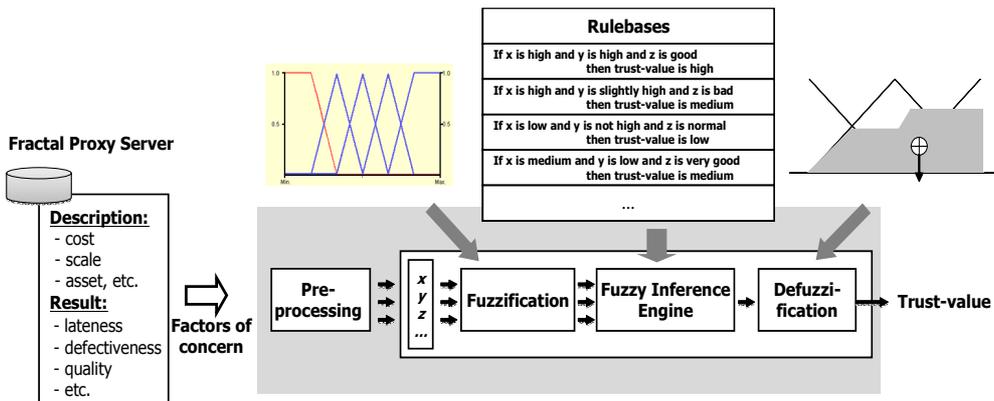


Figure 11. Fuzzy inference model for trust evaluation(Mun et al., 2011)

- 계약에 따른 각 구성원의 이익함수

$$\begin{aligned} \Pi_j(q) &= \left(\Phi_j + \Delta\Phi_j \frac{R(q) - 2C(q)}{R(q)} \right) R(q) \\ &+ \sum_{i \in T_j} \omega_{ij} q_{ij} - C_j(q_j) - \sum_{k \in S_j} \omega_{jk} q_{jk} \end{aligned} \quad (4)$$

신뢰성을 고려한 RS contract 공급망 모델은 다음과 같은 세 가지 경우를 고려하여야 한다.

- 시작 구성원일 경우

$$\begin{aligned} \Pi_1(q_1) &= (\Phi_1 + \Delta\Phi_1)R(q) - (\Phi_1 + \Delta\Phi_1)C(q) \\ &= (\Phi_1 + \Delta\Phi_1)\Pi_0(q) \end{aligned} \quad (5)$$

- 마지막 구성원일 경우

$$\begin{aligned} \Pi_j(q_j) &= \left(\Phi_j + \Delta\Phi_j \frac{R(q) - 2C(q)}{R(q)} \right) R(q) \\ &+ \sum_{i \in T_j} \omega_{ij} q_{ij} - C_j(q_j) \\ &= (\Phi_j + \Delta\Phi_j)\Pi_0(q) \end{aligned} \quad (6)$$

- 그 외의 경우

$$\begin{aligned} \Pi_j(q_j) &= \left(\Phi_j + \Delta\Phi_j \frac{R(q) - 2C(q)}{R(q)} \right) R(q) \\ &+ \sum_{i \in T_j} \omega_{ij} q_{ij} - C_j(q_j) - \sum_{k \in S_j} \omega_{jk} q_{jk} \\ &= (\Phi_j + \Delta\Phi_j)R(q) - (\Phi_j + \Delta\Phi_j)C(q) \\ &= (\Phi_j + \Delta\Phi_j)\Pi_0(q) \end{aligned} \quad (7)$$

4.2 신뢰성 기반 RS contract 공급망 예제

신뢰성 기반 RS-contract 공급망 모델을 전통 시장과 기존 RS-contract 공급망 모델과 비교하기 위해 4개의 공급업체가 존재하는 공급망을 구성하였다(Figure 12 참조). Member 1은 retailer이며, Member 2는 manufacturer, Member 3과 4는 supplier이며, 전통시장에서 각 구성원의 이익은 <Table 2>를 따른다. 구성원의 신뢰도는 각각 0.98, 0.94, 0.85, 0.84로 가정하였으며, <Table 3>은 APA(Adjustment of Profit Allocation; Feng *et al.*, 2011)를 사용하여 도출한 RS contract의 변수이다.

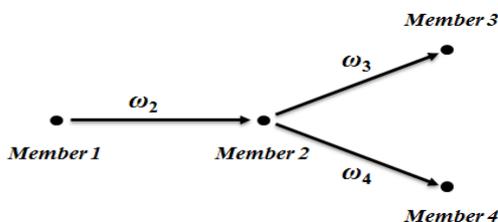


Figure 12. Supply chain model for exemplary scenario

Table 2. Profit of the traditional market

| Member | Profit(\$) | Percentage(%) |
|--------------|------------|---------------|
| 1 | 8010.6 | 30.4 |
| 2 | 6980.4 | 26.5 |
| 3 | 6481.8 | 24.6 |
| 4 | 4861.4 | 18.5 |
| Supply Chain | 26334.2 | 100.0 |

Table 3. Parameters and decision variables

| Member | $\Delta\Phi_j$ | $\Delta\Phi_{jL}$ | q_j | $\Delta\Phi_j$ |
|--------|----------------|-------------------|-------|----------------|
| 1 | 0.078 | / | / | 1.65% |
| 2 | 0.037 | / | / | 0.80% |
| 3 | -0.052 | -3.55% | 0.68 | -1.12% |
| 4 | -0.063 | -2.66% | 0.42 | -1.33% |

위 변수와 식 (2)~식 (7)을 이용하여 결과를 도출하면 <Table 4>와 같다. 결과를 살펴보면, 공급망 전체의 이익과 구성원의 이익 모두 RS contract 공급망과 신뢰성 기반 RS contract 공급망 모델이 전통시장보다 높다는 것을 알 수 있다. 그리고 기존의 RS contract 공급망 모델과 신뢰성 기반 RS contract 공급망 모델을 비교해 보면 공급망 전체의 이익은 동일하지만, 각 구성원의 신뢰도에 발생하는 이익에 차이가 발생할 수 있다. 즉, 신뢰도가 높은 구성원에서 더 많은 이익이 발생하고, 신뢰도가 낮은 구성원은 상대적으로 적은 이익이 발생하는 것이다.

Table 4. Result of the exemplary scenario

| Member | Profit(\$) | | |
|--------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| | Traditional market | Basic RS contract | Extended RS contract |
| 1 | 8010.6 | 9360.5 | 9864.6 |
| 2 | 6980.4 | 8156.7 | 8395.8 |
| 3 | 6481.8 | 7574.1 | 7238.1 |
| 4 | 4861.4 | 5680.6 | 5273.4 |
| Supply chain | 26334.2 | 30771.9 | 30771.9 |

5. 결론

본 연구는 자율 재구성형 협업 공급망을 구성하기 위하여 프랙탈 개념을 공급망에 적용한 프랙탈 기반 공급망(FrSCM; Fractal-based Supply Chain Management)에서 참여 기업들의 신뢰도를 평가할 수 있도록 신뢰 요소 도출 및 평가 방법을 제시하였다. 기업의 목적 모델 개발과 신뢰요소 도출 및 체계도 구성을 바탕으로 신뢰성 평가 모델을 수립하고, 일반 공급망 환경에서 고려해야 할 신뢰요소 도출 및 체계도를 구성하였으며, 구

성된 체계도를 바탕으로 신뢰도를 평가할 수 있는 퍼지기반 신뢰도 평가모델을 개발하였다. 그리고 프랙탈 개념과 신뢰도 평가모델을 기반으로, 공급망 내의 이익분배 정책을 위한 수리모형을 개발하였다. RS contract 모델을 통하여 공급망의 최대 이익을 구할 수 있을 뿐 아니라, 각 참여멤버들의 신뢰도에 따라 할당되는 이익이 달라질 수 있음을 확인하였다. 즉, 이익을 할당하는 시점에서 공급망 구성원들의 신뢰도 항목을 적용함으로써, 신뢰도가 높은 구성원들은 더 높은 이익을 얻을 수 있는 반면, 신뢰도가 낮은 구성원들은 낮은 이익을 얻는 것을 확인하였다.

추후 연구 내용으로는 공급망 최적화를 위한 재고 및 운송 관리, 생산관리 등에 적합한 목적식 수립과 모델의 확대를 고려할 수 있다.

참고문헌

- Achabal, D. D., McIntyre, S. H., Smith, S. A., and Kalyanam, K. (2000), A decision support system for vendor managed inventory, *Journal of Retailing*, **76**(4), 430-454.
- Cachon, G. and Lariviere, M. A. (2005), Supply chain coordination with revenue-sharing contracts : strengths and limitation, *Management Science*, **51**, 30-44.
- Camarinha-Matos, L. and Afsarmanesh, H. (2007), A framework for virtual organization creation in a breeding environment, *Annual Reviews in Control*, doi:10.1016/j.arcontrol.2007.03.006.
- Chauhn, S. and Proth, J. (2005), Analysis of a supply chain partnership with revenue sharing, *International Journal of Production Economics*, **97**, 44-51.
- Chen, J. (2011), Return with wholesale-price-discount contract in a newsvendor problem, *International Journal of Production Economics*, **130**, 104-111.
- Chen, J. and Bell, P. C. (2011), Coordinating a decentralized supply chain with customer returns and price-dependent stochastic demand using a buyback policy, *European Journal of Operational Research*, **212**, 293-300.
- Feng, X., Moon, I., and Ryu, K. (2011), Revenue-sharing contracts in an N-stage supply chain considering reliability, *Proc. 21st Int. Conf. on Production Research*, Stuttgart(Germany).
- Feng, X. and Moon, I. (2010), Revenue Sharing Contracts in an N-Stage Supply Chain, *Proc. 15th Annual Int. Conf. on Industrial Engineering*, Mexico City(Mexico).
- Filos, E. (2006), Smart organizations in : Mezgar, I. (eds), *Integration of ICT in virtual organizations*, *Idea Group*.
- Msanjila, S. S. and Afsarmanesh, H. (2008), Trust analysis and assessment in virtual organization breeding environment, *International Journal of Production Research*, **46**(5), 1253-1295.
- Mun, J., Shin, M., and Jung, M. (2011), A goal-oriented trust model for virtual organization creation, *Journal of Intelligent Manufacturing*, **22**, 345-354.
- Oh, S., Ryu, K., Moon, I., Cho, H., and Jung, M. (2010), Collaborative fractal-based supply chain management based on a trust model for the automotive industry, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, **22**, 183-213.
- Pasternack, B. (1985), Optimal pricing and returns policies for perishable commodities, *Marketing Science*, **4**, 166-176.
- Ryu, K. and Jung, M. (2003), Agent-based fractal architecture and modelling for developing distributed manufacturing systems, *International Journal of Production Research*, **41**(17), 4233-4255.
- Sari, K. (2008), On the benefits of CPFR and VMI : A comparative simulation study, *International Journal of Production Economics*, **113**(2), 575-586.
- Sarvapali, D., Ramchurn, D. H., and Jennings, N. R. (2004), Trust in Multi-agent systems, *Knowledge Engineering Reviews*, **19**(1), 1-25
- Swaminathan, J. M., Smith, S. F., and Sadeh, N. M. (1998), Modeling supply chain dynamics : a multiagent approach, *Decision Sciences*, **29**(3), 607-632
- Tuzkaya, U. R. and Onut, S. (2007), A holonic approach based integration methodology for transportation and warehousing functions of the supply network, *Computers and Industrial Engineering*, **56**(2), 708-723.
- Wei, Y. and Choi, T. M. (2009), Mean-variance analysis of supply chains under wholesale pricing and profit sharing schemes, *European Journal of Operational Research*, **204**, 255-262.