

공급망에서 신경망을 이용한 멀티에이전트 기반 협동 모델

이건수* · 김원일** · 김민구***

Coordination Model for Multi Agent System using Neural Networks in Supply Chain

Keonsoo Lee* · Wonil Kim** · Minkoo Kim***

{lks7256, wikim, minkoo}@ajou.ac.kr

요약

인터넷의 발달로 전자 상거래는 오늘날 일상생활의 한 부분이 되었다. 그러나, 수많은 쇼핑몰들과 그 쇼핑몰들이 제공하는 다양한 제품들 속에서 소비자가 원하는 물건을 찾아내는 것은 점점 많은 시간과 노력이 필요하게 되었다. 본 논문에서는 멀티에이전트 시스템을 이용해 공급망(Supply Chain)에서 구매자의 요구에 부합하는 제품을 제공할 수 있는 생산자를 보다 쉽게 연결시켜주는 방법을 제안한다. 기존의 멀티에이전트 기반 공급망에서 주로 사용되는 협동 전략인 Joint Intention Theory와 SharedPlan Theory, 이 논문에서 제안하는 신경망을 이용한 방법을 비교해, 신경망을 이용한 방법이 갖는 효율성을 알아보고, 신경망을 이용한 멀티에이전트 기반의 협동 모델을 제시하였다. 이 모델은 구매자가 제품을 선택할 때 사용하는 소비평가 기준의 가중치를 소비자로부터 받아들여 그 기준에 가장 부합하는 판매자를 신경망을 이용한 분류(classification)방법을 통해 찾아내고, 이렇게 선택된 생산자를 소비자에게 연결시켜준다.

Key words : 공급망 (Supply Chain), 신경망 (Neural Network), 협동 (Coordination), 멀티 에이전트 시스템(Multi Agent System)

1. 서론

오늘날 전자 상거래는 이미 생활 깊숙이 자리해 오고 있다. 인터넷으로 물건을 주문하고, 카드로 결제하고, 물건의 배송 상황을 실시간으로 체크하는 것은 그리 낯설지 않은 구매과정이다. 그러나 이 기술의 발전은 생활상의 편리함을 주는 동시에 새로운 문제점을 안겨주고 있다. 인터넷의 확산으로 다양한 정보를 보다 쉽게 접근 할 수 있지만, 그 많은 정보들 속에서 자신이 필요로 하는 정보를 찾는 것이 문제가 되어 왔듯이, 전자 상거래역시, 손쉽게 물건을 검색하고 구매할 수 있는 기회를 제공해 주고 있지만, 자신이 원하는 물건을 찾기란 점차 어려워지고 있는 것이 오늘날의 현실이다[8].

정보 검색 분야에서 mochanni[25]같은 메타 검색엔진이나 search[26]같은 통합 검색 엔진이 등장했던 것과 마찬가지로, 전자 상거래역시 enuri[27]이나, bestbuyer[28]같은 메타 쇼핑몰 사이트들이 만들어지고 있다. 그러나 이런 사이트들은 사용자

가 원하는 제품을 분석해 추천해 주는 능력을 갖고 있지 못하다. 다만, 자신의 사이트에 가입한 다른 쇼핑몰들이 제공하는 제품들을 정렬해 가격, 출시, 업체, 제조사 등의 순서로 정렬해서 보여줘, 사용자의 선택의 폭을 넓혀주는 것이 전부이다.

가령, 어떤 구매자가 CD 플레이어를 사려고 한다고 가정해 보자. 이 구매자는 메타 쇼핑몰을 통해 현재 구매 가능한 CD 플레이어의 종류와 가격 리스트를 얻을 수 있다. 그리고는 대략 자신이 원하는 규격과 가격에 맞는 제품을 선택하고, 그 제품을 파는 쇼핑몰을 검색한 후, 적합한 조건의 쇼핑몰을 선택해서 물건을 구입하는 과정을 거치게 된다. 이처럼, 구매자가 물건을 구입하기 위해 여러 쇼핑몰들을 직접 찾아보고 각각의 쇼핑몰들이 제시하는 조건들을 비교하는 방법은 기존의 오프라인 시장을 직접 돌아다니며 물건을 찾는 것과 유사한 노력을 사용자에게 요구한다. 아무리 메타 쇼핑몰이 여러 쇼핑몰들에 대한 통합 정보를 제공한다고 해도, 이는 여러 쇼핑몰이 각기 상이한 조건으로

그 물건을 제공하고 있다는 식의 하급 정보만을 제공하기 때문에 실제적으로 쉽고 편한 전자 상거래의 확산에 별다른 도움이 되지 않는다.

간신히 “요청한 제품은 A, B 쇼핑몰에서 다음과 같은 가격대에서 판매하고 있다”라는 정보를 제공하는 기존 메타 쇼핑몰의 한계를 극복하기 위해, 우리는 멀티 에이전트 기술이 도입했다. 이미 전자 상거래는 B2B, B2C, 증권거래, 제품관리 등 다양한 분야에서 사용되고 있는데, 본 연구에서는 생산자와 소비자를 연결해주는 공급망(Supply Chain)하에서 멀티 에이전트 기술이 어떻게 적용되고, 이런 방법을 통해 어떠한 이득을 볼 수 있는지를 알아보고자 한다. 그리고 마지막으로 기존의 멀티 에이전트 시스템에서 공급망에 적용했던 방법대신 신경망을 사용해 공급망을 연결해 가는 모델을 제시하고자 한다. 2장에서는 기존의 멀티 에이전트 기술에 대해 알아보고, 3장에서는 이 멀티 에이전트가 전자 상거래에서 어떻게 사용될 수 있는지가 설명된다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 신경망 기반의 멀티 에이전트 기술을 제안한다. 5장과 6장은 제안한 모델을 직접 구현해 보고 그 결과를 보여준다.

2. 관련 연구

2.1 멀티 에이전트 시스템

전자상거래에서 발생하는 여러 문제들을 해결하기 위해 가장 각광받는 대안은 멀티 에이전트 시스템이다. 멀티 에이전트 시스템은 여러 에이전트들의 협업을 통해 주어진 과제를 수행하는 시스템으로 이미 전자 상거래뿐만 아니라 네트워크 기반의 분산 시스템 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 일반적으로 멀티 에이전트 시스템은 자동화된 에이전트(Autonomous Agent)들의 집합으로 정의된다. 멀티 에이전트 시스템은 일반적으로 다음의 특성을 갖고 있다 [11].

- 1) 모든 에이전트는 혼자서 힘만으로는 주어진 문제를 해결할 수 없다
- 2) 시스템 전체를 통괄하여 통제할 수 있는 기능이 존재하지 않는다
- 3) 데이터는 분산되어 있다
- 4) 모든 작업은 비동기식으로 처리된다.

이러한 멀티 에이전트 시스템은 다양하고 복잡해지는 문제를 해결하기 위한 분산 시스템의 개념이 인공지능에 결합되어 나타나게 됐다.

멀티 에이전트 시스템은 분산된 에이전트들 간의 협동을 바탕으로 주어진 과제를 수행하기 때문에 어떻게 적절한 에이전트들을 모아 팀을 구성하는가가 가장 큰 문제점으로 대두되어 왔다. 그런 이유로, 각기 다른 역할을 하는 에이전트들을 모아 주는 Middle Agent 개념이 도입되었다. 이 에이전트는 특정 작업이 주어지면, 그 작업을 세분화시켜 적절한 에이전트들에게 각기 할당함으로써 문제를 해결한다. 이 방법은 에이전트간 상호작용 기능을

필요로 했고, 이러한 에이전트간 상호작용을 위해 에이전트들 간의 통신기술, 온톨로지 및 협동 방법 등이 함께 연구되어 왔다 [11].

이런 연구를 바탕으로 멀티 에이전트연구를 위한 몇몇 표준안이 제시되었다. 이렇게 제시된 표준안으로는 Object Manager Group(OMG) 모델[16], Foundation for Physical Agents(FIPA) 모델[17], Knowledgeable Agent oriented System(KAoS) 모델[18], General Magic 모델[19] 등이 있다.

2.2 협동(coordination) 방법

기존의 멀티에이전트 시스템을 구현하는데 있어 중요한 문제점 하나는, 특정 작업이 주어졌을 때, 그 작업을 해결하기 위해 어떤 에이전트들이 협력해야 하는지를 알아내는 방법이다. 각각의 에이전트들마다 무엇을 할 수 있는지가 서로 상이하기 때문에 주어진 작업에 필요한 최소한의 에이전트들을 모으는 것은, 시스템의 효율성을 높이기 위한 가장 중요한 기능이기 때문이다. 이러한 에이전트들 간의 협동을 위해서, 기존의 멀티에이전트 시스템들은 주로 Joint Intention Theory와 SharedPlan 방법을 사용하고 있다.

2.2.1 Joint Intention Theory

Joint Intention Theory 이론은 하나의 작업이 주어지면, 그 작업에 동참하고자 하는 에이전트들을 모아 팀을 구성해 결과를 얻어내는 방법이다 [12]. 일단, joint persistent goal이라는 작업을 수행하고자 하는 에이전트는 자신이 그 팀에 속해서 주어진 일을 수행하고자 한다는 의지를 다른 에이전트들에게 알려야 한다. 시스템 내의 모든 에이전트들이 자신의 의도를 다른 에이전트들에게 알려주고, 다른 에이전트들로부터 자신의 메시지를 받았다는 확인 메시지를 받게 되면, 그 작업에 대한 팀이 구성된다. 이렇게 만들어진 팀은 다음의 조건들을 만족하는 한 유지된다.

- (1) 팀 구성원으로 참가하고 있는 모든 에이전트들이 주어진 작업이 실행 가능한 일이라고 판단하지 않으면, 팀은 해체된다.
- (2) 팀 구성원으로 참가하고 있는 에이전트가 탈퇴하려고 하면 팀은 해체된다.
- (3) 주어진 작업이 완료되면, 팀은 해체된다.
- (4) 팀 구성원으로 참가하고 있는 동료 에이전트들이 탈퇴하려고 하면 팀은 해체된다.

일단 팀이 조직되면, 팀을 구성하고 있는 에이전트들은 팀이 수행하기를 바라는 일을 제안하고, 제안된 일들 중에서 팀으로써 수행했으면 좋은 일을 합의를 통해 결정하고 수행하게 된다. 이 방법은 에이전트들 간의 통신 모듈의 중요성과 팀 기반의 행동을 관찰하는데 있어 기본 모델이 되어 왔지만, 정작 각 에이전트들이 어떻게 팀의 목표를 위해 주어진 작업을 분배하고, 자신의 작업 수행정도를 팀의 목표와 비교하고, 언제 팀의 목표가 달성

됐는지를 알아낼 수 있는 방법은 제시하고 있지 못하다. 더구나, 일단 팀이 완성되면, 새로운 에이전트들을 팀에 받아들이거나 쓸모없는 에이전트들 팀에서 제외시킬 수 없다. 구성원이 바뀌려면, 팀이 재구성되어야 한다는 단점을 갖고 있기 때문에, 동적으로 변하는 작업을 수행할 수 없었다.

2.2.2 SharedPlan

SharedPlan 방법은 팀을 구성하고 있는 각각의 에이전트들이 자신이 속해있는 팀이 어떤 목표를 갖고 구성되었는지를 알고 있어야 한다는 점에 초점을 맞추고 있다[13, 14]. 물론 에이전트들이 팀 목표를 달성하기 위한 세부 사항이나, 달성을 위한 자원들이 어떻게 충당되어야 하는지를 알고 있을 필요는 없다. 각 에이전트들은 팀의 목적을 달성하기 위해, 어떠한 작업들이 선행되어야 하고, 각각의 작업을 완수하기 위해서는 어떤 능력이 필요한지를 알고 있어야 한다. 이 같은 지식을 바탕으로, 자신이 할 수 있는 능력을 확인하고, 자신이 할 수 있는 일이 있다면, 그 팀에 소속되어 그 일을 하게 된다.

그렇지만, 각각의 에이전트는 팀의 목적을 위한 요구조건에 대한 완전한 정보를 언제나 갖고 있을 수 없다. 더구나 다른 에이전트들의 상태를 올바르게 알고 있지 못하다면, 각각의 에이전트들은 같은 조건하에서도 잘못된 정보로 인해 공동 작업을 수행할 수 없게 된다. 즉 SharedPlan은 각 에이전트들이 서로 얼마나 기민하게 의사소통할 수 있는가를 바탕으로 협력을 시행하는 방법이기 때문에, ACL(Agent Communication Language)의 해결과 그에 따른 온톨로지가 미리 정의되어야 요구되는 작업을 적절히 수행할 수 있다[24].

2.3 협상(negotiation) 방법

협동 방법을 통해 팀이 구성되면, 팀 구성원들에게 각기 역할을 분배하는 과정이 필요하다. 가령, 빵을 만드는 작업을 3명의 에이전트들이 한다면, 각각의 에이전트는 반죽을 하는 작업, 빵을 굽는 작업, 데코레이션을 하는 작업을 나눠서 수행하게 된다. 이처럼, 주어진 과제를 팀 구성원 각자의 능력에 맞게 분배하기 위한 방법이 협상(negotiation)이다. 멀티 에이전트 시스템에서는 structured negotiation방법이 주로 사용된다.

2.3.1 structured negotiation

structured negotiation방법은 팀을 구성한 에이전트들 사이에, 역할을 선택할 때, 충돌이 일어나는 경우 해결하기 위한 방법이다. 충돌이 일어나는 경우는, 각 에이전트들이 현재 자신의 상황을 제대로 인식하지 못하고 있거나, 다른 에이전트의 능력을 제대로 알고 있지 못한 경우에 일어난다[15]. 그렇기 때문에, 여기에서는 다른 에이전트와의 협동 작업을 요청할 때, 요청하려는 작업의 수행 조건을

함께 구조화해서 전달하는 방법을 사용한다. 협동 요청을 받은 에이전트는 자신의 상황과 능력이 작업의 수행 조건을 만족시키지 않는다면, 협동 작업에서 자신에게 주어진 역할을 거절한다.

이 structured negotiation방법 역시 에이전트간 통신을 통한 지식의 공유가 중요한 역할을 차지하고 있다.

3. MAS기반의 전자 상거래 모델

전자 상거래에서 멀티 에이전트가 많이 사용되는 주된 이유는 일반적인 전자 상거래 활동의 복잡성에 있다고 할 수 있다. 가령, 주식시장의 경우에도 다양한 모델을 비교하고 급격하게 변화하는 사회 흐름에 따라 동적으로 변화하는 주식 시장의 흐름을 따라가기에는 단일 시스템만으로는 감당하기가 어렵다. 주식시장뿐만 아니라 재고관리, 생산 관리, 고객정보 구축 등 다양한 요소에 따라 동적으로 변화하는 전자 상거래에서 단일 시스템으로 급변하는 변화 상황을 체크하고 그에 적합한 판단을 내리는 것은 이미 그 한계점을 맞고 있는 상황이다. 다양한 전자 상거래 분야 중에서도 특히 공급망은 이미 멀티 에이전트 시스템이 많이 도입해 사용하고 있다[8, 2].

3.1 Supply Chain과 MAS

공급망(Supply Chain)은 생산자로부터 소비자까지의 생산 및 유통의 연쇄구조를 나타낸다. 즉 고객-소매상-도매상-제조업체-부품 및 자재 공급자 사이의 연쇄 구조사이에서 가장 효율적인 서비스 제공자를 선택할 것을 택하는 과정이라고 할 수 있다 [23].

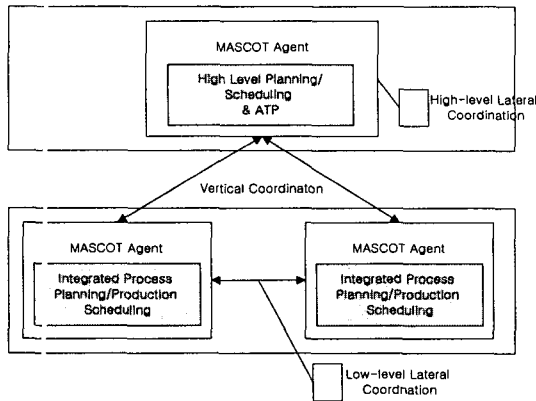
이러한 공급망의 관리는, 산업기술의 발달과 세계화에 따라 생산 및 유통과정이 점차 복잡해지고, 기업 활동의 불확실성이 증가함에 따라 점차 그 중요도가 높아지고 있다. 공급망은 각기 구매자와 판매자 사이에서 서로에게 가장 적합한 상대를 찾아 거래 관계를 맺는 과정의 반복으로 이뤄진다. 가령, 소매상의 경우, 도매상으로부터는 구매자가 되지만, 일반 소비자에게는 판매자가 된다. 이러한 거래의 연쇄과정 속에서 자신에게 가장 적절한 서비스를 제공하는 판매자를 찾고, 자신이 제공하는 서비스에 가장 잘 맞는 구매자를 찾는 과정은 기업의 생존 전략의 필수 요소로 자리매김해 왔고, 효율적인 공급망 구축을 통한 물류비용등의 생산비 절감과 효과적인 재고 관리는 동일 기업간 경쟁력 확보의 주요 수단으로 사용되고 있다.

다양한 판매자와 구매자 사이에서 각각의 요구 사항을 가장 충실히 만족시켜주는 상대를 찾아 효율적인 공급망을 구축하는 시스템으로는 멀티 에이전트 시스템이 가장 적절하다고 할 수 있다. 이는 공급망을 구성하는 각각의 구성원들에게 에이전트를 할당함으로써 구성원들의 자율성(autonomous)을 부여하고 그로 인한 공급망의 능동적인 관리가 가능하기 때문이다 [3].

3.2 Supply Chain에서의 MAS모델

컬티에이전트 시스템을 이용한 공급망을 구축 방법은 많은 연구가 되어왔다. 이러한 연구 중 가장 대표적인 모델로는 MASCOT (Multi Agent Supply Chain coordination Tool)가 있다. 이 모델은 공급망에서 파트너를 동적으로 찾아내고, 거래 계획과 일정에 대한 세부적 조작 방법에 대한 프레임 워크를 제공한다[2].

<그림 1> MASCOT 모델

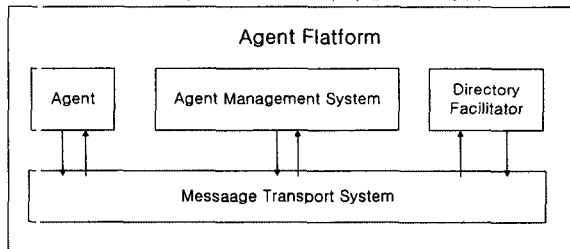


<그림 1>에서처럼, 각 MASCOT 에이전트는 계획과 일정 조정에 대한 역할을 수행한다. 하위 레벨의 에이전트들은 시스템내의 구매자나 판매자들에 대한 하위 일정 조정을 담당하고, 상위 레벨 에이전트는 각각의 하위 레벨 에이전트들의 협동 및 통합 과정을 담당한다.

4. 새로운 협동 모델 제안

본 연구에서 제안하는 모델은 FIPA 에이전트 플랫폼을 변형하여 사용한다. FIPA의 에이전트 플랫폼은 개방형 멀티 에이전트 시스템 상에서 각 에이전트를 관리하는데 필요한 기본적인 프레임워크를 제안하고 있다 [17]. FIPA의 에이전트 플랫폼은 <그림 2>에 나타난 모습과 같다.

<그림 2> FIPA 에이전트 플랫폼



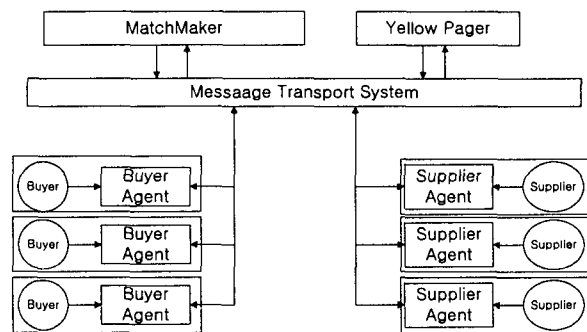
위의 그림에서 보여지는 에이전트들의 역할은 다음과 같다. Agent Management System(AMS)은 플랫폼 안에서 실질적인 에이전트 간 coordination

을 담당한다. Directory Facilitator(DF)는 시스템에 들어오는 에이전트들의 주소와 각 에이전트들의 능력에 대한 정보를 담당한다. Message Transport System은 에이전트들 간의 통신 채널의 역할을 담당한다. 이로서, 일반 에이전트(Task Agent)가 특정 작업을 위한 협력을 제안하면, AMS는 요청받은 작업을 완료하기 위해 필요한 역할들을 분석하고 각각의 역할을 수행할 수 있는 능력을 갖고 있는 에이전트는 어느 것인지를 DF에게 문의한다. DF는 AMS의 문의에 답변하게 되고, 이 정보를 바탕으로 AMS는 요청된 작업을 수행하기 위한 적절한 에이전트들을 모아 작업 그룹을 구성하게 된다.

4.1 제안 모델

본 연구에서 제안하는 협동 모델은 <그림 3>에 나타나 있다. 이는 FIPA의 에이전트 플랫폼을 변형시킨 것으로 MatchMaker, Yellow Pager라는 두 개의 Middle Agent와 구매자 에이전트(Buyer Agent)들, 판매자 에이전트(Supplier Agent)들로 구성되어 있다.

<그림 3> 제안 협동 모델



4.1.1 MatchMaker

이 모델에서는 2개의 Middle Agent가 존재한다. 그중에 하나인 MatchMaker는 FIPA의 AMS의 역할을 한다. Buyer 에이전트에게서 요청이 들어오면, Buyer로부터 구매자 데이터를 받아와, 그 Buyer 에이전트의 요구에 부합하는 Supplier 에이전트를 찾아 연결해 준다. MatchMaker는 Buyer 에이전트와 Supplier 에이전트를 연결시켜주기 위해 신경망 모듈을 사용한다. MatchMaker 에이전트가 요청한 Buyer 에이전트에 가장 잘 맞는 Supplier 에이전트를 찾아주면, Buyer 에이전트는 Supplier 에이전트와 직접 연결되어 그 후의 필요한 정보들을 직접 주고받을 수 있다.

4.1.2 Yellow Pager

이 모델에 존재하는 다른 Middle Agent로 시스템 내에 존재하는 모든 에이전트들의 주소와 각 에이전트들이 담당하는 구매자와 생산자의 데이터 필

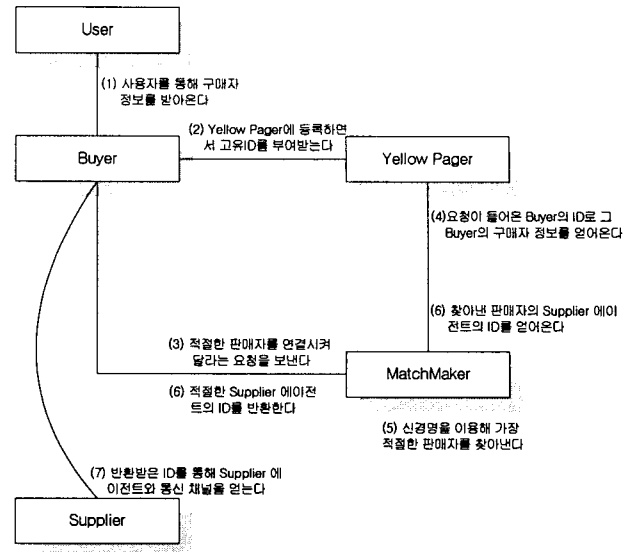
드 타입에 대한 정보를 갖고 있다. Buyer 에이전트가 MatchMaker에게 자신에게 맞는 Supplier 에이전트를 찾아달라는 요청을 보내게 되면, MatchMaker는 요청한 Buyer 에이전트의 고유 정보를 Yellow Pager에게 요청해 받아오게 된다. MatchMaker는 이렇게 받아온 정보를 바탕으로 신경망을 통한 적절한 Supplier 에이전트 선택 과정을 거친 후, 나온 결과를 다시 Yellow Pager에게 문의하여, 결과로 나온 Supplier 에이전트의 주소를 전달 받는다. 이 전달 주소를 통해 MatchMaker는 Buyer 에이전트와 Supplier 에이전트를 연결시켜 준다.

4.1.3 Task Agent

Task 에이전트들은 구매자들을 각각 대표하는 Buyer 에이전트들과 생산자들을 각각 대표하는 Supplier 에이전트들로 구성되어 있다. 이들 에이전트들은 시스템에 등록하는 구매자와 판매자들을 각각 대변하는 에이전트들로 자신이 담당하고 있는 시스템 참여자에 대한 정보를 갖고 있게 된다. 가령, 시스템에 구매자로 참가하고자 하는 사람이 있다면, 그 사람은 시스템에 등록할때, 자신의 Buyer 에이전트와 ID를 할당받는다. Buyer 에이전트는 사용자의 특성을 저장하게 된다. 사용자의 특성을 나타내는 데이터 필드는 4.2.2장에서 소개하고 있다. 이 Buyer 에이전트가 시스템에 등록하게 되면, 각기 고유의 ID를 할당받게 되고, 이 ID는 Yellow Pager에이전트에 저장되게 된다. Buyer 에이전트의 ID뿐만 아니라, 담당하고 있는 구매자 정보 또한 Yellow Pager에 저장된다. 이렇게 저장된 값은 MatchMaker가 구매자의 특성에 가장 부합하는 Supplier 에이전트를 찾기 위해 사용된다. 구매자가 Buyer 에이전트를 통해 Supplier를 찾기를 희망하면, MatchMaker는 요청한 Buyer 에이전트의 ID를 검색해 그 에이전트가 담당하고 있는 구매자 정보를 Yellow Pager를 통해 검색한 후, 신경망 처리 과정을 통해 적합한 Supplier 에이전트를 검색하고 그 Supplier 에이전트의 주소를 Yellow Pager에게 문의한다. 이렇게 얻어온 Supplier의 ID를 Buyer 에이전트에게 전달함으로써, Buyer 에이전트는 자신에게 가장 적합한 Supplier 에이전트와 연결할 수 있게 된다. 본 시스템 내에서 에이전트들의 협동 과정은 <그림 4>에 나타나 있다.

Supplier 에이전트 역시, 자신이 담당하고 있는 판매자의 정보를 Yellow Pager에 등록함으로써 자신의 ID를 받게 된다. 시스템내의 Supplier 에이전트들의 작동 방법은 Supplier는 판매자를 담당한다는 것을 제외하면, Buyer 에이전트와 동일하다.

<그림 4> 에이전트간 협동 프로세스



4.2 협동 방법

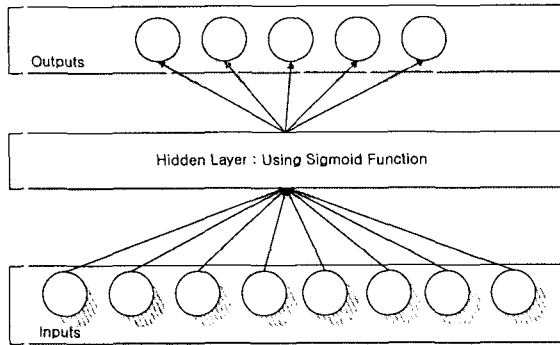
멀티 에이전트 시스템에서 협동의 방법으로는 Joint Intention Theory와 SharedPlan Theory가 주로 사용된다. 그러나 본 연구에서는 신경망을 사용해 적절한 에이전트들을 사용하는 방법을 제안한다. 위에서 살펴본 MatchMaker는 Buyer 에이전트와 그 에이전트에 가장 적합한 Supplier 에이전트를 신경망을 이용해 연결시켜주는 방법을 사용한다.

4.2.1 신경망(Neural Networks)

일반적으로 신경망(Neural Networks)은 단순한 프로세서들의 네트워크로 정의되어진다. 네트워크를 구성하는 각각의 프로세서들은 다양한 방법으로 인코딩된 데이터를 표현한다. 이들 프로세서들은 서로 연결되어 있고, 각각의 연결들은 학습 과정을 통해 강화되거나 약화되게 된다[20].

본 시스템은 Back-propagation을 사용해 신경망을 학습시킨다. Back-propagation은 입력층(input layer)과 출력층(output layer) 사이에 하나 이상의 은닉층(hidden layer)를 사용하여 입력 패턴에 대해 발생하는 평균 제곱 오차를 최소화하는 방향으로 연결 강도를 조정하는 학습 알고리즘이다. 여기에서 사용된 Back-propagation 방법에 대해서는 4.3장에서 자세히 설명하도록 한다. <그림 5>는 본 논문에 사용된 신경망 구조를 보여준다.

<그림 5> 본 시스템에서 사용된 Back-propagation 학습 방법을 이용한 신경망 모델



4.2.2 Date Fields

일반적으로 구매자가 생산자를 선택하기 위한 조건을 알아내기 위해서는 고객가치 모델을 파악해야 한다[10]. 고객 가치 조사는 크게 4가지 분야로 나뉘어 시행되는데, 각각은 다음과 같다.

- (1) 고객 경험에서 특별한 가치를 갖는 요소는 무엇인가?
- (2) 각 요소는 다른 것들에 비해 얼마만큼의 가중치를 갖는가?
- (3) 가중치가 높은 요소들은 어떤 평가를 받는가?
- (4) 중요한 요소들을 어떻게 발전시킬 수 있는가?

이런 과정을 거쳐 구매자가 어떤 기준에 따라 생산자를 선택하는지를 알아낼 수 있다. 일반적으로 사용되는 요소들은 환경적 요소, 미적요소, 절차적 요소, 대인관계 요소, 정보 요소, 제공수단 요소, 경제성 요소들이 있는데, 여기에서는 전자 상거래에서 구매자가 생산자 선택 시 높은 가중치를 갖는 요소를 다음의 <표 1>에 제시하였다.

구매자는 <표 1>의 조건들을 바탕으로 자신에게 맞는 생산자를 택하게 된다. 각 데이터 요소의 값이 의미하는 것은 구매자가 생산자를 선택하기 위해 어떤 조건들을 얼마만큼 중요시 하는가 하는 것이다. 가령, 조금 더 가격을 비싸게 주더라도 빨리 배송을 받고자 하는 구매자라면, 배송 비용의 값이 높을 것이고, 반품이나 A/S에 신경을 쓰는 구매자라면, 신뢰도가 높은 값을 갖게 될 것이다. 생산자가 시스템에 등록할 때 <표 1>의 데이터 필드 즉 다시 한번 사용된다. 이 데이터 필드를 바탕으로 구매자는 자신의 요구를 가장 충실히 반영하고 있는 판매자를 선택할 수 있게 된다.

<표 1> 구매자를 위한 데이터 필드

데이터 필드	의 미
제품 가격	생산자가 제공하는 제품의 가격
배송 비용	제품을 배송을 받는데 소비되는 비용(배송시간 및 배송 비)
신뢰도	생산자의 신뢰도(평판)
결제 방법의 편의성	신용카드, 무통장입금등 결제를 하기위에 소요되는 비용
충실도	소비자의 생산자에 대한 충실도
제품 규격	제품 사양(spec)
추가 혜택	구매과정에 추가되는 혜택정도(예) 마일리지
다양한 상품의 연계	여러 종류의 제품을 구입할시 주어지는 혜택

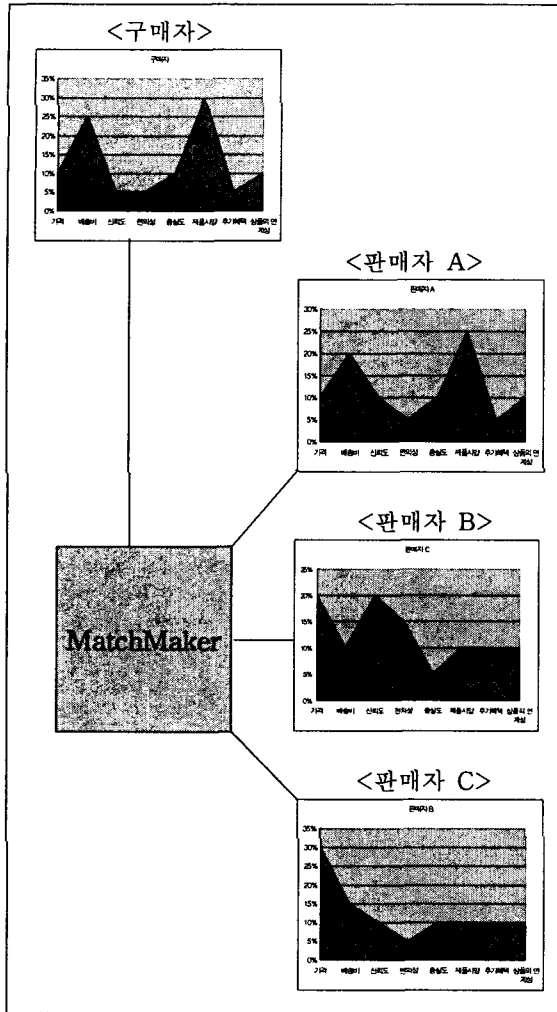
4.3 Coordination Methods

구매자와 그에 적절한 판매자를 연결시키기 위해, 이 시스템에서는 신경망을 이용한 분류(Classification)방법을 사용한다. 각 판매자들이 제공하는 서비스 타입을 사용해 Back-propagation으로 네트워크를 학습 시킨다. Back-propagation을 통해 학습한 시스템은 구매자가 판매자 선택 시 중요시 하는 요소들의 가중치 값을 바탕으로 그 구매자에게 가장 잘 어울리는 서비스를 제공하는 판매자를 찾아낼 수 있다. 가령, 어떤 구매자는 가격에는 상관없이 가장 좋은 기능의 물건을 빨리 받고자 한다고 하자. 그렇다면, 네트워크는 자신이 시스템에 속한 판매자들을 검색해, 고급품을 다루고, 배송시간이 가장 빠른 판매자와 연결 시켜 줄 것이다.

이런 구매자와 판매자가 있을 때, MatchMaker는 구매자와 가장 잘 어울리는 판매자 A를 구매자의 파트너로 지정해 준다.

이때, 구매자와 판매자가 얼마나 잘 어울리는지를 알기 위해서 시스템은 Back-propagation으로 학습한 내용 사용해 분류한다. Back-propagation은 신경망의 실제 결과 값과 원하는 결과 값 사이의 평균 제곱 오차를 최소화하기 위해 신경망상의 가중치들을 조정하는 알고리즘이다[22].

<그림 6. 협동 예제>



5. 제안된 모델 구현

이상의 방법을 토대로 실제 시스템을 구현해 보았다. Yellow Pager가 서버 프로그램으로 동작하고, Buyer 에이전트들과 Supplier 에이전트들이 클라이언트 프로그램으로 동작한다. 각각의 에이전트들과 신경망 모듈에 대한 세부 구현 사항은 다음과 같다.

5.1 Agent 구현

본 시스템에서는 4종류의 에이전트가 사용된다. 실질적인 에이전트 협력을 담당하는 MatchMaker와 시스템에 등록된 task agent들의 정보를 관리하는 Yellow Pager, 그리고 실제 구매자와 생산자를 담당하는 Buyer와 Supplier 에이전트들이 그들이다. 각각의 에이전트들이 갖추어야 할 세부 모듈을 정의한다.

5.1.1 MatchMaker

MatchMaker의 역할은 신경망을 사용해, Buyer 에이전트의 요청이 들어오는 경우, 그 Buyer 에이전트에 가장 잘 어울리는 Supplier 에이전트를 연결시켜 주는 역할을 한다. 이러한 역할을 수행하기 위해 MatchMaker는 다음의 기능을 수행할 수 있어야 한다.

- (1) 협동 모듈 : 실질적으로 Buyer와 Supplier를 연결시켜 주는 역할을 한다. 협동 모듈의 세부 사항은 5.2장에서 소개한다.
- (2) 통신 모듈 : MatchMaker는 Buyer 에이전트로부터 협동 상대를 구해달라는 요청을 받고, Yellow Pager로부터 그 Buyer 에이전트의 정보를 얻어와 그에 맞는 Supplier 에이전트를 선택해 그 결과를 Buyer 에이전트에게 전달할 수 있는 통신 모듈을 갖추어야 한다.

MatchMaker는 이상의 모듈을 포함함으로써 각 Task 에이전트들을 연결시켜주는 역할을 수행한다.

5.1.2 Yellow Pager

Yellow Pager는 시스템에 등록된 Task 에이전트들의 정보를 관리하는 역할을 한다. Task 에이전트들은 시스템에 등록하는 과정에서 자신이 담당하고 있는 구매자 혹은 관리자의 개별 정보를 저장하고, MatchMaker의 요청에 따라 그 정보를 전달한다. 이때 사용되는 사용자 정보는 <표 1>에 나와 있는 필드를 따른다. 이상의 작업을 위해 Yellow Pager는 다음의 기능을 수행할 수 있어야 한다.

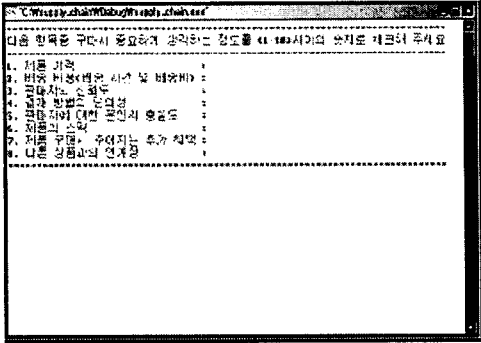
- (1) 정보 관리 모듈 : 시스템에 등록하는 Task 에이전트들의 ID와 각각의 Task 에이전트가 담당하고 있는 사용자의 정보 데이터를 저장한다.
- (2) 통신 모듈 : Yellow Pager는 MatchMaker의 요청에 따라, 요구되어지는 Task 에이전트의 정보를 MatchMaker에게 전달한다.

Yellow Pager는 이상의 모듈을 포함함으로써, MatchMaker를 도와 적절한 Buyer 에이전트와 Supplier 에이전트를 연결하는 과정을 돕게 된다.

5.1.3 Task Agent

Task 에이전트는 구매자를 담당하는 Buyer 에이전트와 판매자를 담당하는 Supplier 에이전트로 나뉜다. Buyer 에이전트는 시스템에 등록 시, 구매자의 고객 가치 요소의 가중치를 입력 값으로 받아 Yellow Pager에 저장하게 된다. 이렇게 받은 요소별 가중치는 계속되는 판매자 선택 과정을 거쳐 변화하면서, 동적인 구매자의 판단 기준을 반영한다.

<그림 7>. Buyer 에이전트의 사용자 인터페이스



Supplier 에이전트 역시 시스템 등록 시, 판매자가 제공할 수 있는 서비스 타입의 가중치를 입력받아, Yellow Pager에 전달한다. 이상의 역할을 수행하기 위해, 다음의 기능을 갖는다.

- (1) 사용자 인터페이스 : 시스템에 등록하기 위한 사용자 정보를 입력받고, Buyer 에이전트의 경우 MatchMaker가 내부 모듈을 통해 추천해주는 Supplier 에이전트를 소개 받을 수 있다.
- (2) 통신 모듈 : Buyer 에이전트는 Yellow Pager에 자신이 담당하고 있는 사용자의 정보를 등록하고, 고유 ID를 할당 받고, MatchMaker가 알려준 Supplier 에이전트와 통신할 수 있다.
- (3) 사용자 관리 기능 : Task 에이전트는 자신이 담당하고 있는 사용자 관리 기능을 갖고 있다. 가령, 사용자의 결제 수단 방법 보조나, 금전 관리 기능 등을 갖고 있다. 이상의 기능은 Task 에이전트의 개별 기능으로, 멀티 에이전트 시스템의 구성원으로써 협동 과정과는 독립되어 있다.

Task 에이전트는 이상의 모듈을 포함함으로써, 궁극장에서 주어진 역할을 수행하게 된다.

5.2 협동 모듈 구현

협동 모듈은 Back-Propagation 학습을 사용한 분류(classification)방법을 사용했다. 신경망 모듈은 판매자의 서비스 정보를 바탕으로 학습을 한 후에, 서비스를 요청하는 구매자의 정보를 바탕으로 가장 잘 어울리는 판매자를 분류해 내게 된다. 판매자 정보를 학습시키기 위해, 각각의 판매자들에 대한 샘플 데이터를 만든 후 미리 이 샘플 데이터를 기반으로 신경망을 학습시켰다.

샘플 데이터를 만들기 위해 각 판매자들이 제공할 수 있는 서비스에 대한 차이점을 부각시켜 분류에 용이하게 만들었다. 판매자들의 서비스 타입의 요소는 <표 1>에서 나온 데이터 필드를 사용했고, 그 값들은 판매자들 사이의 비교를 통해 나타냈다.

<판매자별 요소 가중치 결정 함수>

$$f(x_{ij}) = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}$$

n : 총 판매자의 수

x_{ij} : i 번째 판매자의 j 번째 요소의 값

이 함수를 토대로 각각의 판매자별 요소 가중치가 결정된다. 이렇게 만들어진 각각의 판매자들의 서비스 데이터들 바탕으로 훈련 데이터(training data)를 만들었다. 이 훈련 데이터를 바탕으로 학습된 네트워크는 새로운 구매자 데이터가 들어왔을 경우, 그 값을 입력받아 가장 잘 어울리는 판매자를 선정해 준다.

이 연구에서 사용된 신경망은 다음과 같은 조건 하에서 학습과정을 수행하였다.

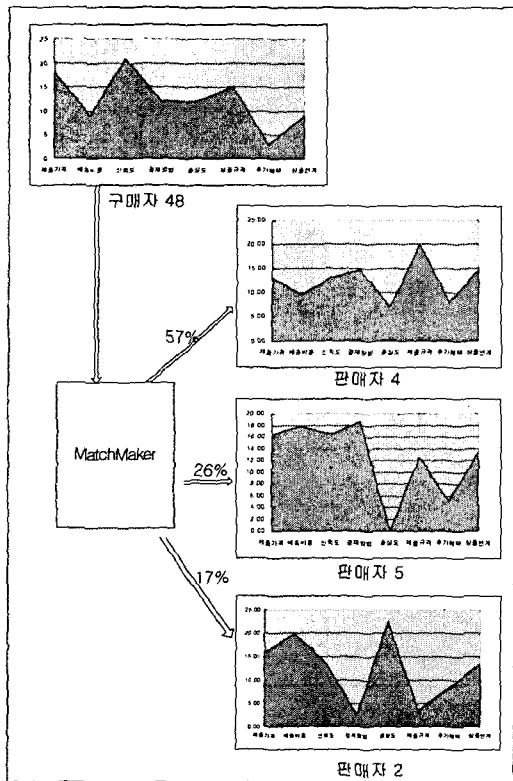
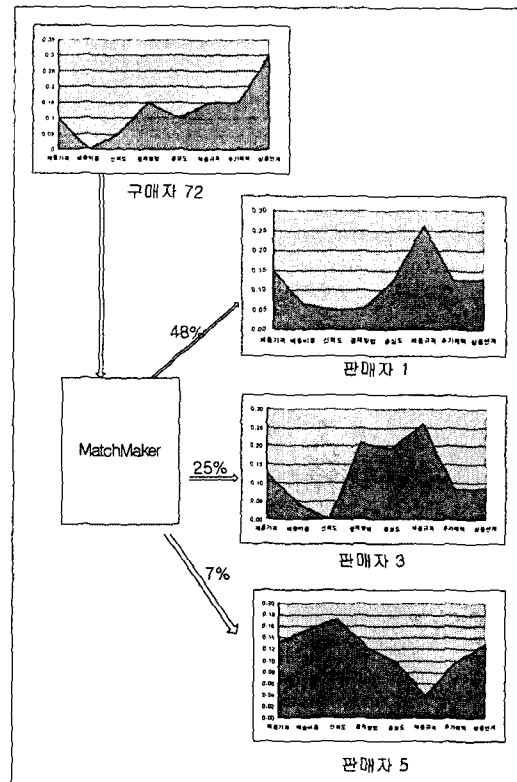
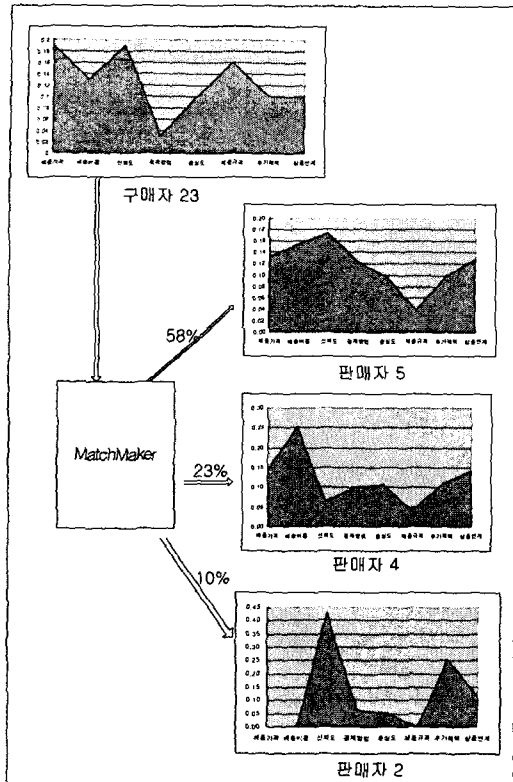
- (1) Hidden layer의 개수 = 1
- (2) Hidden layer의 node 개수 = 30
- (3) Learning rate error = 0.001
- (4) Max number of iteration = 100000

5.3 구현 결과

이상의 방법으로 구현된 시스템은 특정 구매자와 그 구매자에 가장 적절하다고 판단되는 판매자를 연결시켜 준다. 연결을 위해 사용된 신경망은 훈련 데이터를 사용해 Back-propagation을 이용해 학습하였다. Buyer 에이전트가 자신에게 맞는 Supplier 에이전트를 연결시켜 달라고 요구하면, MatchMaker는 구매자에 대한 정보를 Yellow Pager로부터 얻어와 미리 학습된 신경망을 사용해 가장 적절한 Supplier 에이전트를 선택해 낸다. 이때, MatchMaker는 분류결과로 나온 Supplier 에이전트들 중 상위 3개의 에이전트를 선택해 Buyer 에이전트에게 알려준다. Buyer 에이전트는 MatchMaker로부터 얻어온 Supplier 에이전트들로 실제 사용자와 상호작용을 통해 최적의 판매자를 선택해내게 된다.

훈련 데이터를 통한 학습 시 Error rate는 10%였고, iteration은 100000을 사용하였다. 학습 결과로 신경망이 Buyer 에이전트에 요청에 의한 실행 결과는 <그림 8>에 표현되어 있다.

<그림 8> 실험 결과



<그림 8>은 MatchMaker가 구매자 정보를 바탕으로 그에 가장 적절한 판매자를 찾아주는 과정을 보여주고 있다. MatchMaker는 선택과정에서 나온 Supplier 에이전트들 중, 상위 3개의 에이전트를 선택해 Buyer 에이전트에게 전달하면, 구매자는 자신의 에이전트를 통해 3개의 Supplier 에이전트 중 원하는 상대를 선택할 수 있다.

6. 결론 및 향후 과제

이 논문에서는 공급망에서 멀티에이전트 시스템을 기반으로 신경망을 사용해 구매자와 판매자를 연결시켜주는 방법을 연구했다. 구매자의 소비 가치 요소별 가중치를 얻어와, 판매자들이 제공하는 서비스를 비교해, 그 구매자가 원하는 서비스를 가장 잘 제공해줄 수 있는 판매자를 Back-Propagation으로 학습한 신경망을 이용해 연결시켜 주었다. 이런 방법은 <그림 8>에서 나타나는 것처럼 타당한 작업을 수행한다.

본 연구에서는 구매자의 소비 패턴을 파악하기 위해, <표1>에서 미리 정의된 고객 가치 평가 요소를 사용자로부터 입력받아 처리했지만, 이렇게 미리 정의된 요소만으로 모든 구매자의 소비 패턴을 적절히 표현할 수 없다는 한계가 존재한다. 가령, 어떤 사용자는 제품의 디자인을 무엇보다 중시한다고 해도, <표1>의 평가 요소에는 그러한 항목이 없기 때문에 그 사용자의 특성을 정확히 판단할 수 없었다. 향후 과제로서는 이러한 한계점을 극복하기 위해, 구매자들의 구매 정보기록을 바탕으로,

데이터 마이닝 기법을 사용해 구매자의 특성을 파악하는 추가적인 연구 작업이 요구된다. 또한 판매자의 서비스를 비교하기 위한 요소들 역시 구매자의 소비가치 요소와 동일한 요소를 사용했지만, 보다 구체적인 판매자 평가를 위해 새로운 기준이 필요하다.

참고 문헌

- [1] P. Stone and M. Veloso, "Multiagent Systems: A Survey from a Machine Learning Perspective" Under review for journal publication February, 1997
- [2] N. Sadeh, "MASCOT : An Agent Architecture for Multi Level Mixed Initiative Supply Chain Coordination" Internal Report, Intelligent Coordination and Logistics Laboratory, Carnegie Mellon University, 1996
- [3] D. Kjenstad, "Coordination Supply Chain Scheduling" Ph.D. Dissertation, Department of Production and Quality Engineering, Norwegian University of Science and Technology, 1998
- [4] B. Fordhan, K. Kalpakis, and Y. Yesha, "Extending KQML for Inter-Agent Negotiation" Master Thesis Computer Science Department, University of Maryland Baltimore Country, MAY 25, 1995
- [5] Dieter Merkl and Andreas Rauber, "Document Classification with Unsupervised Artificial Neural Networks" Resselgasse 3/188 A-1040 Wien Austria
- [6] K. Lee, W. Kim and M. Kim "Decision making using Topological Information" 7th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics
- [7] F.M.T.Brazier, D.G.A. Mobach, B.J.Overeinder, and N.J.E. Wijngaards "Supporting Life Cycle Coordination in Open Agent Systems" IIDS Group, Department of Artificial Intelligence, Faculty of Sciences, Vrije Universiteit Amsterdam.
- [8] 최중민, 에이전트 기술 및 전자상거래, 공학교육과 기술 (한국공학기술학회지) 7권 2호, pp 37-40, 2000
- [9] Torsten Eymann, Boris Padovan, Detlef Schoder: "Avalanche- An Agent Based Value Chain Coordination Experiment", presented at : Workshop on Artificial Societies and Computational Markets(ASCMA'98) at Autonomous Agents'98, Minneapolis, USA, May 9th-14th, 1998
- [10] 유동근 교수의 사이버 마케팅 스쿨 <http://www.marketingschool.com/>
- [11] Roberto A. Flores-Mendez, "Towards the Standardization of Multi-Agent System Architecture: An Overview" In ACM Crossroads, special issue on Intelligent Agent, Association for Computer Machinery, Issues5.4, pp.18-24, Summer 1999
- [12] H. J. Levesque, P. R. Cohen, and J. H. T. Nunes. "On acting together" Technical report, AI center, SRI International, 1990
- [13] B. Grosz and S. Kraus. "Collaborative plans for complex group action" Artificial Intelligence, 86(2):269-357. 1996
- [14] B. Grosz and S. Kraus. "The evolution of sharedplans" In Foundation of Rational Agencies, page 227-262, Kluwer Academic Publishers, March 1999
- [15] Charles L. Ortiz, Jr. Eric Hus, "Structured Negotiation" AAMAS'02 July 15-19, 2002, Bologna Italy
- [16] Virdhagriswaran, S., Osisek, D. and O'Connor, P. "Standardizing Agent Technology" ACM StandardView, 1995, Volume 3, Number 3, pages 96-101
- [17] FIPA FIPA97 Specification Part2 : Agent Management . Foundation for Intelligent Physical Agents Version 1.2 October 10, 1997
- [18] Bradshaw, J.M., Butfield, S., Benoit, P. and Woolley, J. D. "KAoS: Toward An Industrial Strength Open Agent Architecture" Software Agents, J. M. Bradshaw(Ed.), Menlo Park, Calif, AAAI Press, 1997, pages 375-418.
- [19] White, J. E. "Mobile Agents" Software Agents, J. M. Bradshaw(Ed.), Menlo Park, Calif, AAAI Press, 1997, pages 437-472.
- [20] <ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.html>
- [21] L. Smith "Introduction to Neural Network" <http://www.cs.stir.ac.uk/~lss/NNIntro/InvSlides.html>
- [22] K.Mehrotra, C. K. Mohan and S. Ranka "Element of Artificial Neural Network" A Bradford Book, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London England
- [23] http://ihelpyou.netian.com/frn_scm.htm
- [24] K. E. Lachbaum, B. J. Grosz and C. L. Sidner "Model of Plans to Support Communication" Harvard University Cambridge, MA 02138
- [25] <http://www.mochanni.com>
- [26] <http://search.com>
- [27] <http://www.enuri.com>
- [28] <http://bestbuyer.co.kr>

* 아주대학교 정보통신전문대학원 인공지능연구실
 ** 아주대학교 정보통신전문대학원
 *** 아주대학교 정보통신대학 정보및컴퓨터공학부