

생태계 모방형 시스템 플랫폼의 설계 및 구현

문주선^o 낭종호

서강대학교 컴퓨터공학과 멀티미디어 시스템 연구실

serenity0605@mlneptune.sogang.ac.kr, jhnang@sogang.ac.kr

Design and Implementation of a Bio-Inspired System Platform

Joosun Moon^o Jongho Nang

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University

오늘날 널리 개발되고 있는 생태계 모방형 시스템은 대규모 네트워크 응용 서비스를 위한 효과적인 시스템 모델로 각광 받아왔지만, 이런 모형의 특징인 확장성과 적응성, 생존성 등을 응용에 맞추어서 구현하기 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 각각의 응용 분야가 매우 다양하고, 생태계 자체가 거대하고 복잡한 시스템이어서, 이를 모방하는 것 자체가 하나의 큰 문제이기 때문이다. 따라서 생태계 현상의 특징인 확장성, 적응성, 생존성을 만족하며 동시에 다양한 응용도 쉽게 개발할 수 있는 생태계 모방형 시스템 플랫폼 개발이 필요하게 되었다. 이러한 플랫폼을 위해서는 우선 자발적인 조직화 과정을 통하여 문제를 해결하는 개미처럼 지능적인 에이전트(Agent)의 개발이 필요하며, 이러한 에이전트들의 서비스를 제어하고 관리할 수 있는 플랫폼 개발이 필요하다. 이를 위해 Ecogent라는 Agent를 개발하고, 이 Ecogent들을 위한 서비스를 제공하기 위해 ERS Platform과 BIO Platform을 개발하였다.

본 논문에서 설계한 지능형 멀티 에이전트의 이름은 개미와 벌의 습성을 모방하여 설계한 Ecogent로써, Ecology와 Agent의 합성어이다. Ecogent는 생태계 모방형 플랫폼의 가장 기본이 되는 단위로, Initiated, Active, Waiting, Transit 및 Suspend와 같은 5가지 상태를 가지며, 생성된 후 소멸될 때까지 다양한 서비스와 기능을 제공하면서 생태계 모방형 시스템을 구성 및 유지하는 작업을 맡는다. 에코전트가 실제로 활동하게 되는 상태인 Active 상태로 변하면, 모니터, 분석, 설계, 실행 과정을 순환적으로 수행하게 되는데, 자신에게 전달 된 Message를 수행하거나, 다른 에코전트에게 Message를 전달하는 역할을 맡는다. 에코전트가 더 이상 수행할 작업이 없다고 판단되면 에코전트는 활성화 상태를 빠져나가 terminate된다.

에코전트들의 서비스를 통해 생태계 모방형 시스템을 구축하는 플랫폼은 ERS(Ecogent Runtime Services)플랫폼과 BIO 플랫폼으로 나누어지는데, ERS 플랫폼은 Ecogent의 등록, 이주, 통신 등과 같은 여러 가지 기본 서비스들을 제공해주고, BIO 플랫폼은 이러한 ERS 플랫폼을 이용하여 진화 및 Stigmergy 기능을 제공해주는 플랫폼이다. Ecogent들이 생태계 모방형 시스템의 특징인 확장성, 적응성 및 생존성을 갖도록 도와주는 ERS Platform의 6가지 서비스들과 BIO 플랫폼이 제공하는 기능들에 대한 설명은 다음과 같다.

- Registration: 이 서비스는 에코전트 객체들을 해당 플랫폼과 endpoint에 등록하고 endpoint로부터 고유한 아이디를 생성 받는 작업을 담당하는 서비스로서 다른 서비스들의 작업을 위한 에코전트의 레퍼런스, 에코전트에 관한 정보를 제공하게 된다.
- Life Cycle: Life Cycle은 에코전트를 사용하는 상위 계층에서 에코전트를 생성, 소멸하고 각각의 목적에 맞게 에코전트의 상태를 변화시키기 위해서 필요한 서비스이다.
- Communication: 에코전트와 에코전트간의 메시지를 전달하는 서비스로, ACL Message를 사용하며, 내부적인 통신은 ERS의 하위 계층인 endpoint를 이용한다.

- Location: Location은 다른 ERS 플랫폼을 찾는 서비스로, 지역 플랫폼의 Registration 서비스를 이용하여 원하는 정보를 찾게 된다.
- Migration: 에코전트의 요청에 따라 코드와 데이터를 다음에 실행할 다른 플랫폼으로 이동시키는 역할을 수행한다.
- Fault Tolerance: 에코전트의 Fault-Tolerant한 기능을 수행하기 위해, 에코전트의 상태를 주기적으로 기록하거나 에코전트의 복사본을 동시에 수행하는 서비스다.
- Evolution Control: Evolution Control은 전반적으로 유전자 알고리즘에 기초하여 분산 환경에서 에코전트의 특성이나 수행방식을 결정짓는 파라미터 값들에 대한 진화와 적응을 관리하는 부분이다.
- Stigmergy Control: 에코전트는 자신이 가져온 정보를 분석 및 추출하여 해당 어플리케이션에 솔루션을 제공한다.

다음은 실제로 생태계 모방 플랫폼을 다양한 응용 프로그램 개발에 적용하여 그 효율성과 유용성 및 편의성을 검증해 보았다. 먼저, 생태계 모방 플랫폼을 이용한 응용 프로그램으로 인터넷 교육방송용 서버의 과부하를 분산시키기 위한 Load balancing system을 개발하였다. 본 응용은 과부하가 걸린 서버에서 접속자를 idle상태의 서버로 보내고 idle상태의 서버에서는 과부하가 걸린 서버에서 접속자를 끌어오는 방식으로, 서버의 과부하를 막고 전체적인 서버의 활용도를 높이는 응용이다. 이러한 문제는 생태계 모방 플랫폼의 Stigmergy Control을 사용한다면 매우 쉽게 해결할 수 있다. Stigmergy control에서는 각 에코전트가 다음 홉의 대상이 될 노드를 결정하는 데에 있어서, AntNet과 비슷한 개념의 라우팅 테이블을 유지한다. 각 라우터(router)에는 ERS가 있고, 이런 라우터 상에서 Ecogent가 이동하며 주위 라우터에 대한 정보를 남긴다. 어떤 에코전트가 자신이 지나간 노드에 대한 네트워크 부하 정보를 페로몬 형태로 해당 라우팅 테이블에 남기면, 과부하 발생시 이를 분산시키기 위해 이동해야 할 노드의 방향을 빠르게 제공하여, 보다 효율적이고 분산된 환경에 적합한 과부하 분산을 촉진하는 역할을 한다.

또 다른 응용으로, 유전자 알고리즘과 에코전트를 이용한 침입탐지 시스템을 개발하였다. 침입탐지 시스템은 알려지지 않은 공격에 대한 패턴을 분석 및 탐지하기가 어려운 문제가 있다. 따라서 환경 변화에 따라 재빨리 대응될 수 있는 플랫폼의 유동성과 적응력이 문제 해결을 위한 핵심인데, 생태계 모방 플랫폼은 BIO 플랫폼의 Genetic Optimizer 클래스를 이용하여 침입 탐지 시스템을 만들 수 있다. Genetic Optimizer는 다양한 침입 패턴에 대한 학습과정 중 산출되는 결과들을 적절히 변환한다. 이 변환된 결과를 선택, 교배, 돌연변이 연산을 시킨 후, 적합도가 높은 에코전트를 선별하여, 다양한 침입에 효과적으로 대응할 수 있는 에코전트를 만들게 된다. 이렇게 변형된 에코전트는 ERS 플랫폼의 Migration 서비스를 통해 전체 시스템으로 전달되어, 다양한 침입을 감지할 수 있는 시스템을 구축한다. 만약, 시스템이 침입을 당해 일부 에코전트가 손상을 당해도, ERS 플랫폼의 Fault Tolerance 기능이 작동되어 손상된 에코전트는 금방 복구된다.

본 논문에서 개발한 Ecogent와 이러한 Ecogent를 위한 서비스를 제공하는 ERS Platform, BIO Platform을 통해, 대규모 네트워크 시스템의 개발을 위한 생태계 모방형 시스템의 응용 개발이 편리하게 될 것이다. 각각 자율적이고 독립적인 성격을 가지고 있는 Ecogent는 시스템 확장 시 발생하는 bottleneck 문제를 해결하여 확장성을 제공해주며, 모듈화 구조로 설계된 플랫폼과 Evolution Control 기능은 응용 시스템의 적응성을 지원한다. 또한, Fault Tolerance 기능을 갖춘 Ecogent의 특징으로 인해, 생존성이 강하고 안정적인 시스템 개발이 가능하게 될 것이다.