

논문 2011-48CI-5-7

사례기반 추론을 이용한 실시간 전술 생성 시스템 설계

(Realtime Strategy Generation System using Case-based Reasoning)

박종안*, 홍철의**, 김원일***

(Jongan Park, Chuleui Hong, and Wonil Kim)

요 약

사례기반 추론(Case-Based Reasoning, CBR)은 새로운 문제가 주어질 때 과거의 유사한 문제해결 사례를 기반으로 그 해법을 적절히 변용함으로써 새로운 문제에 적합한 해결책을 효율적으로 도출하고자 하는 문제해결 방법으로 인간이 문제를 해결해 나가는 절차와 매우 유사하여 일상생활 속에 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 사례기반 추론을 국방 전술 시스템에 적용하여, 전투행위 시 과거의 유사한 사례를 기반으로 현재의 상황에 가장 적절한 전술을 사용할 수 있도록 하는 시스템을 설계하고자 한다. 국방 전술 시스템의 경우, 분대원(Non-Player Character, NPC)들이 모여 분대 규모의 작전을 수행할 때, 분대는 최종 목표에 도달하기 위해 정해진 작전에 따라서 행동하게 된다. 이 과정에서 공격, 매복, 전술적 이동 등의 행위를 위한 전술이 구성되어야 한다. 다시 말해 주변 환경, 엄폐물의 위치, 적의 위치에 따라 상황에 맞는 새로운 전술이 필요하며 이러한 전술은 분대장 혹은 소대장 등이 교범에서 배운 과정과 경험에서 축적된 지식을 토대로 생성된다. 본 연구는 사례기반 추론을 사용하여 각 지휘통제 에이전트를 통해 정보가 전달되면 사례기반 데이터베이스에 저장되어 있는 사례와 유사도를 측정하고 가장 적절한 사례를 선택하여 사용하며 새로운 사례는 사례 데이터베이스에 저장하여 다음 번 사례검색 시 사용될 수 있도록 시스템을 설계한다.

Abstract

Case-based reasoning is an efficient method to find solutions for new problems by using past cases after appropriate changes. It is widely used in everyday life because it resembles the way human acts. In this paper, we propose a military system that generates the most appropriate tactics for CGF (Computer Generated Forces) by utilizing past practices. It indeed applies case-based reasoning at the process of armed conflict. When the CGF squad on a mission, they will be given an action plan to reach the final goal. In the process of executing, tactics for specific action should be organized such as attacks, ambushes, and tactical moves. By using the proposed method, tactics were generated by case-based reasoning. The proposed system successfully receives input through each command and control agent, measures the degree of similarity with the case in case DB, selects the most similar case, modifies, uses, and then stores it for next time.

Keywords : Case-Based Reasoning, Computer Generated Forces, Artificial Intelligence, Mission Planning, Autonomy

I. 서 론

사례기반 추론(Case-Based Reasoning, CBR)은 새로운 문제가 주어질 때 과거의 유사한 문제해결 사례를

기반으로 그 해법을 적절히 변용함으로써 새로운 문제에 적합한 해결책을 효율적으로 도출하고자 하는 문제해결방법이다^[1]. 귀납법(Induction) 혹은 유추(Analogy)와 유사한 개념이며, 유사한 과거 문제의 해결에 기초해서 새로운 문제를 해결하는 과정이다. 의사가 환자를 진료할 때 과거의 비슷한 증상에 기초해서 처방하는 것 또는 판사가 법적 판례에 기초해서 재판에 임하는 것 등이 이에 속한다^[2]. 이와 같이 CBR은 일상생활 중 인간의 문제해결에 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 사례기반 추론을 자율지능형 가상군(Computer Generated Forces, CGF)에 적용하여, 전투행위 시 과거

* 학생회원, *** 정회원-교신저자, 세종대학교 디지털콘텐츠학과

(Department of Digital Contents, Sejong University)

** 정회원, 상명대학교 컴퓨터 과학과 (Department of Computer Science, Sangmyung University)

접수일자: 2011년 8월16일, 수정완료일: 2011년9월6일

의 유사한 사례를 기반으로 현재의 상황에서 가장 적절한 전술을 사용할 수 있도록 하는 방법을 제안하고 제안된 방법으로 시스템을 설계하였다.

본 논문에서는 먼저 II장에서 사례기반 추론의 개념에 대해 살펴보고, III장에서는 사례기반 추론 방법을 이용하여 실제 전투행위 시 전술을 생성, 수행하는 방식에 대해 3단계로 나누어 제안한다. IV장에서는 제안하는 방법을 이용한 시스템 시뮬레이션 내용을 보여주고, 마지막 V장에서 결론 및 향후 연구 과제를 논한다.

II. 사례기반 추론 개념

사례기반 추론은 과거의 사례를 현재의 비슷한 문제에 적용하여 문제를 해결하는 방법으로, 현재의 주어진 문제를 해결하기 위하여 과거에 동일하거나 유사하게 수행된 이력이 있는 문제를 추론하여 도출된 해결 방법을 수정 혹은 그대로 재사용하여 현재의 문제를 해결하는 인공지능 기법이다^[1]. 이러한 사례기반 추론은 인간이 문제를 해결하는 절차와 매우 유사하여 기존에 존재하는 지식 베이스 기반에 새로운 지식을 추가하는 과정을 자동화할 수 있으며, 지식 습득이 용이하다^[2].

사례기반 추론은 사례를 통해 지식 정보를 생성하므로 제대로 정의되지 않은 비정형 정보를 쉽게 표현할 수 있으며, 지식의 추가가 쉽다. 또한, 시간에 대해 동적인 변화를 나타내는 영역에 적용하는 것이 이상적이다. 따라서 실시간으로 일어나는 전장에서 과거 사례를 이용하여 전술을 습득하는 것은 효율적이다. 즉, 이전의 전투경험 혹은 전술교리를 바탕으로 현재 직면해 있는 전장상황에서의 해결책을 획득하는 것이다. 왜냐하면, 하달된 명령을 정해진 가용시간 내에 해결하는데 과거의 전투 경험을 이용하여 현재의 상황에 맞는 전략을 선택하여 사용할 수 있기 때문이다. 또한, 전투임무, 해당지형, 기상, 적과 아군의 무기체계, 적의 배치상태, 아군의 사기, 절대적인 인원수 차이 등 정해진 내용을 기반으로 대응할 전술을 추론하기에 적합하게 부합되는 상황이 발생할 수 있는 경우는 드물기 때문에 사례기반 추론을 이용하는 것이 효율적이다.

특정 임무에 대한 전투행위 시 이에 적절한 전술 생성은 다음과 같이 이루어진다. 즉, 전투상황 시 에이전트로부터 아군과 적군의 위치 및 상태에 대한 정보가 전달되면, 사례 데이터베이스에 저장되어 있는 사례와 현재 상황 간의 유사도를 측정하고 가장 적절한 사례를

선택하여 현재의 상황에 맞는 전략으로 수정하고 이 전술을 사용하여 부대 이동 및 전술적 행동을 수행하게 된다.

III. 사례기반 추론을 이용한 전술 생성

본 장에서는 사례기반 추론 방법을 이용하여 실제 전투상황에서 각 에이전트를 통해 얻어진 값들을 통해 행동을 하게 되는 소부대의 행동 및 전술을 생성한다. 이는 3단계로 분류하여 (1) 사례기반 데이터베이스(Database, DB) 레코드 구성 (2) 저장되어 있는 유사사례 선정(인덱싱) (3) 사례 수정 및 적용을 순으로 본 장을 마무리 하고자 한다.

3.1 사례기반 DB 레코드 구성

전술생성 시 사용되는 사례DB는 결과 값의 신뢰성을 높이기 위해 상황분석 에이전트로부터 각 속성 값을 선정하고 또한, 계획수립 에이전트로부터 소부대에 하달된 임무를 중심으로 구성한다.

입력변수로는 에이전트로부터 적군상황(Enemy situation)과 아군상황(Troop, Friendly situation)을 획득하고, 환경 분석 에이전트로부터 지형 및 기상(Terrain & Weather)등 환경정보를 획득하고, 계획수립 에이전트로부터 임무(Mission)와 시간(Time available)을 획득하여 사용한다. 그 외에도 민간 요소 등 작전에 영향을 미치는 요소일 경우 입력대상물이 된다.

이에 따른 산출물로 부대 기동에 대한 최적대안이 계획되어 진다. 이러한 부대기동에 대한 최적대안은 작전 중에도 실시간으로 계속 만들어지며 이때에도 위의 입력변수들이 평가되면서 대안을 만들어 간다. 또한, 작전 중 실시간으로 행해지는 부대행동에 대한 결정도 시시

표 1. 입력변수의 예
Table 1. Input variable examples

에이전트	상황분석(적군상황)				상황분석(아군상황)			
	인원	무기	배치 상태	위치	인원	무기	배치 상태	위치
입력 내용	10명	소총8 기관총2	진지 경계	x, y	10명	소총7 기관총3		x, y

에이전트	환경 분석			계획수립		
	지형	장애물 지역	기상	가용시간	명령 수행시간	임무
입력 내용	산악	x, y	흐림, 달없음	3시간	23:00	적 기습

각각 변화되는 에이전트를 통해 입력받은 변수에 대한 판단을 하게 되는 것이다.^[3]

3.2 유사사례 선정 (인덱싱)

유사사례는 사례DB에 저장된 사례와의 유사도측정을 통해서 결정한다. 유사도 측정은 식(1)을 이용하여 유사도를 측정하고, 이는 사례간의 유사도 정도를 정의함에 있어서 일반적으로 '0'에서 '1'사이의 정규화 된 실수 값으로 표현하는데, '0'에 가까울수록 유사성이 높다는 것을 의미한다.

$$Similarity(N, C) = \frac{\sum_{i=1}^n f(N_i, C_i) \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

- N : 새로운 사례
- C : 사례베이스에 저장된 과거 사례
- n : 사례가 가지는 속성의 개수
- N_i : 새로운 사례의 i 번째 속성 값
- C_i : 과거 사례가 가지는 i 번째 속성 값
- $f(N_i, C_i)$: 두 사례의 속성 사이의 거리측정 함수
- W_i : i 번째 속성에 대한 가중치^[4]

색인(Index)은 특정한 사례가 주어졌을 때, 사례DB에서 유사한 사례를 찾는 과정을 효율적으로 만들기 위해서 사례DB의 사례들을 조직화하고 표식을 붙이는 것이다. 사례의 개수가 증가하는 정도와 비슷한 사례를 추출하는데 걸리는 시간 등을 고려하여 색인을 구성하는 방법을 결정해야 한다. 이때 색인은 예측가능성, 목적성, 확장성, 명확성 등을 만족할 수 있어야 한다.

사례기반 추론을 이용한 문제해결 방법이 효과적으로 적용되기 위해서는 대상 문제 영역에 적합한 인덱싱 및 적용방법을 개발하여 적용해야 하는데 인덱싱 방법 및 적용 방법은 해당 문제에 따라 판이하게 다르다. 사례기반 추론의 대상이 되는 문제 영역에 대한 종속성을 줄이기 위해 과거 적용되었던 사례DB로부터 관련지식을 자동으로 추출하는 학습기법을 적용하는 방안들이 시도되고 있으며, 특히 상대적으로 자동화가 용이한 인덱싱 단계에 학습을 응용한 연구가 많이 진행되고 있다.

기본적으로 사례기반추론의 인덱싱에는 최근접 이웃 찾기(Nearest Neighbor, NN), 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN), 의사결정나무모형(decision tree) 등 학습에서 전통적인 문제의 하나인 분류

(classification)를 수행하는데 사용이 가능한 학습기법이면 모두 적용할 수 있다.^[5]

3.3 사례수정 및 적용

현재의 입력데이터와 사례DB를 비교하여 가장 유사한 사례의 행동계획(Schedule)을 적용하고 현재 상황의 계획에 맞게 수정하여 이를 현재 상황에 사용하고 성공 여부에 따라서 사례DB에 저장한다. 본 논문에서는 유클리디안 거리 함수를 이용하여 입력데이터와 사례DB에 저장된 사례를 유사성을 비교하여 가장 유사한 사례의 행동계획을 적용하고 현재의 상황과 정확히 일치하는 사례를 찾는 것은 사실상 불가능하기 때문에 속성들간의 비율차이, 속성들의 가중치, 대칭되는 속성들의 절대차이를 측정하여 현재 상황에 맞게 사례를 수정하도록 사용한다.

IV. 시뮬레이션

시스템에서 사용되는 사례DB는 HSQL DB를 이용하여 사례를 표현하였다. 최초의 사례DB에는 250개의 사례가 저장되어있다. 이는 엑셀을 통해 인원의 경우 25~45까지 임의로 생성하였고, 소총은 인원의 50%~70%비율로 설정하였고, 기관총과 박격포는 5%~20%비율로 설정하였다. 임의적으로 형성된 소총, 기관총, 박격포 수치의 합으로 다시 인원을 설정하였고, 인원예 95%~105%의 비율로 수류탄 개수를 설정하였다.

무기체계별 유효 사정거리를 감안하여 무기체계별 공격간의 이동계획에 대한 명령을 사례(CASE)로 나누어 설정하였다. 가령, 박격포 사격 후에 소총 사격의 명령이 주어지면, 적군에 좀 더 가까이 접근해야 하는 점을 감안하여, 적군에게 가까이 접근하라는 명령을 출력하게 되고, 반대로 소총 사격 후 박격포 사격의 명령이 주어지면, 박격포분대에게 사격을 준비하라는 명령과 함께, 적에게 근접하여 공격 중인 소총분대에게 후퇴명령을 출력하게 된다.

사례를 작성하는 물은 적군과 아군의 인원비율과 무기별 비율을 계산하여 공격 순서를 지정하였다. 즉, 인원비율과 각 무기체계 비율을 계산하여 가장 값이 큰 순서대로 공격 순서를 지정한다. 또한 무기체계별 살상 효과에 따른 가중치를 두어 해당 결과에 적용하면 더 효과적인 공격 순서를 구성할 수 있게 하였다.

시스템은 총 5단계로 구분되어 진행되며, 가장 먼저

실행되는 1단계는 최초 적군과 아군의 데이터 입력 단계로써 전투상황 시 의사결정권자가 이전 전투에서 획득한 작전정보를 이용하여 현재의 작전을 수립하고자



그림 1. 초기 데이터 입력 단계(Step. 1)
Fig. 1. Initial data entry step(Step. 1).

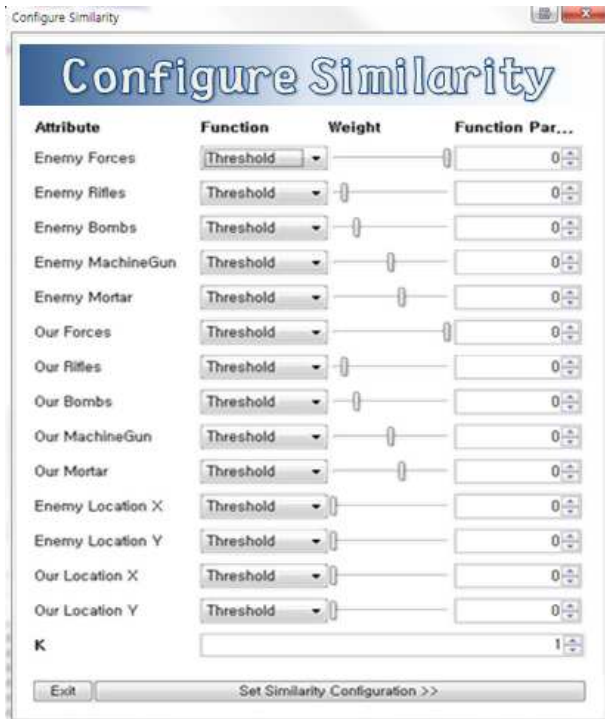


그림 2. 가중치 설정 단계(Step. 2)
Fig. 2. Weight establishment step (Step .2).

적군과 아군의 상황을 인원과 무기체계를 위주로 입력 받는 단계이다.

2단계인 weight 설정 단계는 의사결정권자가 중요시하는 속성 혹은 무기체계별 살상효과에 가중치를 설정하는 단계로서 기본값으로 설정하여 사용할 수 있도록 하였다.

3단계는 사례DB를 통해 현재 상태데이터와 사례를 비교하여 가장 유사한 사례의 검색 결과를 확인할 수 있는 단계로써, HSQL로 작성된 사례DB에서 1단계와 2 단계를 거친 현재의 상황데이터를 유클리디안 거리를 이용하여 현재 입력한 사례와 사례DB에 저장되어 있는 사례와의 유사도를 비교하였다. 추가적으로 유클리디안 거리 공식을 이용하여 계산하게 되면 거리에서의 최대 값이라는 개념이 없어서 비교하기 어려운 단점을 보완하고자 이를 0~1사이의 값을 갖도록 조정식을 사용하였다.

식(2)는 유클리디안 거리 공식과 조정식이다.

$$Ed = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}$$

$$\text{조정식} : \frac{1}{1 + Ed} \tag{2}$$

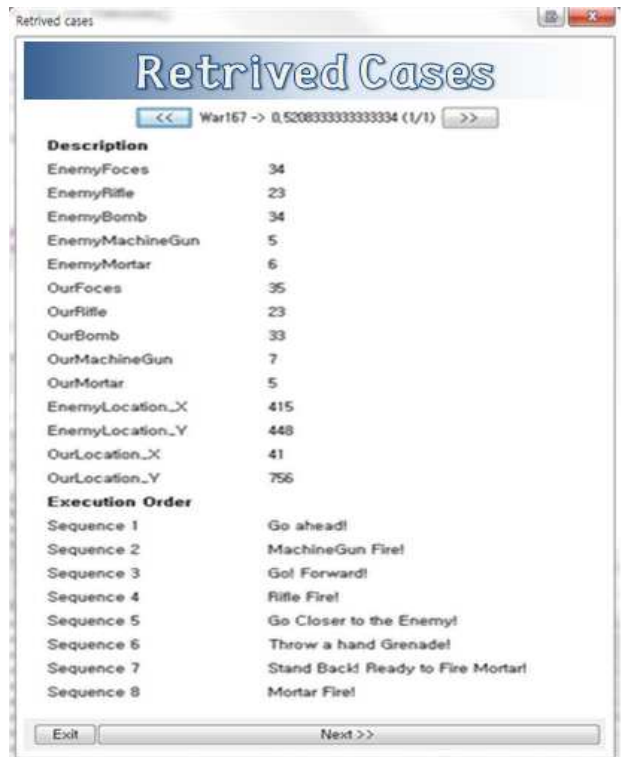


그림 3. 유사사례 검색 단계(Step. 3)
Fig. 3. Similarity case search step (Step .3).



그림 4. 사례수정 단계(Step. 4)
Fig. 4. Revise case step (Step. 4).

다음으로 4단계는 사례를 수정하는 단계로써, 사례의 비교를 통해 얻어진 유사사례와 현재 사례와의 차이를 분석하여 현재의 사례에 맞추어 사례DB에 저장되어 있는 사례를 변형하는 단계이다. 적용된 변형하는 룰은 야군과 적군의 데이터 중 서로 대칭되는 속성들의 비율을 현재의 사례와 기존 사례와의 비교를 통해 비율이 높은 무기체계의 순서대로 우선순위를 적용하여 공격 순서를 재구성하였고 현재 상황에 적용할 수 있는 전술을 생성할 수 있도록 하였다.

마지막으로 5단계는 사례수정을 통해 과거 사례와의 유사도를 통해 얻어진 계획을 현재 상황에 맞게 적절히 변형된 결과를 보여주는 단계로써, 이번 단계에서 현재 사례를 토대로 생성된 전술계획을 사례DB에 저장하여 사례DB의 내용 및 정확도 향상시키고 다음 번 검색에 활용할 수 있도록 저장기능도 포함하였다. 사례 수정의 결과는 사례수정 전과 비교하여 가장 마지막 순서로 박격포를 사용하던 것과 달리 기관총 사용 후 바로 다음 순서인 4번째 명령 순서로 변경되었으며 이후 소총과 수류탄을 사용하는 전술로 수정되었다. 이에 따라 이동



그림 5. 결과 및 사례저장 단계(Step. 5)
Fig. 5. Result and case save step (Step. 5).

명령 또한 박격포 발사를 위해 적에게서 벗어나라는 이동명령 대신 박격포 발사를 준비하고 이후 소총공격을 위한 적에게 접근, 수류탄 투척을 위한 근접접근으로 전술이 변경되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서 사용한 사례기반 추론은 새로운 문제에 대해 과거의 유사한 문제해결 사례를 기반으로 그 해법을 적절히 변용함으로써 새로운 문제에 적합한 해결책을 효율적으로 도출하고자 하는 문제해결 방법으로 우리는 이를 자율지능형 가상군에 적용하여, 전투행위 시 복잡한 상황 속에서 각 에이전트로부터 전장상황에 대한 정보를 획득하고 이를 과거의 유사한 사례와 비교하여 현재의 사례에 가장 적절한 전술을 선택하고 또 수정하여 사용할 수 있도록 시스템을 설계하였다. 이는 전투 행위 시 긴박한 상황 속에서 하달된 임무를 원활하고 명확하게 수행하게끔 적절한 전술을 생성해 줌으로써 전장에서 보다 빠르고 정확하게 상황을 판단하고 목적을 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] 이길재, 김창주, 안병렬, 김문현, “인공 신경망과 사례기반추론을 혼합한 지능형 진단 시스템,” 한국정보처리학회, 정보처리학회논문지B, 제15권, 제1호, 45-52쪽, 2008년 2월

[2] 김경재, 안현철, 한인구, “유전자 알고리즘을 이용한 사례기반추론 시스템의 최적화: 주식시장에의 응용,” 한국경영정보학회, 경영정보학연구, 제16권, 제1호, 71-84쪽, 2006년 3월

[3] 이동준, 홍윤기, “에이전트 기반 지휘통제 모의 방법론,” 한국시뮬레이션학회 논문지, 제16권, 제3호, 39-48쪽, 2007년 9월

[4] 이재식, 이진천, “사례기반추론 모델의 최근접 이웃 설정을 위한 Similarity Threshold의 사용,” 한국지능정보시스템학회, 추계학술대회논문집, 588-594쪽, 2005년 11월

[5] 이재필, 조정달 & 김기태 1999. 사례기반 추론을 위한 적응 지식의 자동 학습. 한국정보처리학회 논문지, 제6권, 제1호.

[6] J.Lee, P.Fishwick, “Real-Time Simulation-Based Planning for Computer Generated Force Simulation,” Simulation, Vol.63, pp.299-315, 1994.

[7] S.Ontanon, K.Mishra, N.Sugandh, A.Ram, “Case-Based Planning and Execution for Real-Time Strategy Games,” ICCBR 2007, LNAI 4626, pp.164-178, 2007.

[8] 권문택, “육군 전술C4I체계 지원을 위한 전문가시스템 프레임워크 구축 사례 연구,” 한국지능정보시스템학회, 한국지능정보시스템학회논문지, 제12권, 제4호, 2006년 12월

[9] 민현준, 홍윤기, “확률과정을 따르는 전투 네트워크 시뮬레이션 연구,” 한국시뮬레이션학회, 한국시뮬레이션학회논문지, 제19권, 제1호, 113-123쪽, 2010년 3월

[10] 윤진석, 문형곤, “JANUS모형을 이용한 전투 효율 분석,” 한국시뮬레이션학회, 추계학술발표대회논문집, 178-181쪽, 1998년 11월

[11] 조문희, 김화수, “근접전투 시뮬레이션 지원을 위한 전문가시스템 개발,” 한국정보과학회, 가을학술발표논문집, 제23권, 제2호, 337-340쪽, 2005년

[12] 한창희, 민영혜, 박상혁, 김재훈, “실시간성을 고려한 가상군 최소비용 길 찾기 알고리즘,” 대한전자공학회, 전자공학회 논문지-CI, 제48권 CI편, 제1호 17-25쪽, 2011년 1월

저 자 소 개



박 종 안(학생회원)
 2005년~현재 세종대학교 전자정보공학대학 디지털콘텐츠학과 학사 과정
 <주관심분야 : 인공지능, 사례기반추론, C4ISR, 자율지능형 가상군>



홍 철 의(정회원)
 1985년 한양 대학교 학사
 1989년 New Jersey Institute of Technology 석사
 1992년 University of Missouri - Rolla
 1992년~1997년 한국전자통신연구소

1997년 상명대학교 컴퓨터 공학과 교수 임명
 <주관심분야 : 수평 분산 시스템, 최적화 알고리즘, 멀티미디어 어플리케이션, 인공 에이전트>



김 원 일(정회원)
 1982년 한양대학교 공과대학 졸업
 1981년~1985년 시스템 디자이너와 프로그래머로 대한항공 전산실 근무
 1988년 Southern Illinois 대학교 컴퓨터 공학과 학사 졸업

1990년 Southern Illinois 대학교 컴퓨터 공학과 석사 졸업

2000년 Syracuse 대학교 컴퓨터 정보학과 박사 졸업

2000년~2001년 Bhasha INC 기술 연구원 근무

2002년~2003년 아주대학교 근무

2003년~현재 세종대학교 전자정보공학대학 디지털콘텐츠학과 부교수

<주관심분야 : 인공지능, 정보보안, 멀티미디어 콘텐츠>