

# 네트워크 라우팅을 위한 개선된 AntNet 알고리즘 (Modified AntNet Algorithm for Network Routing)

강 득 희 <sup>†</sup>      이 말 레 <sup>††</sup>  
(Dukhee Kang)      (Malrey Lee)

**요약** 다량의 데이터를 전송할 때, 시간 단축과 효율적인 트래픽관리를 위해 네트워크의 라우팅 선택 방법이 사용되고 있다. Ant 알고리즘을 적용한 AntNet은 라우팅 선택 확률이 동일할 때, 랜덤선택을 한다. 그로인해서 불필요한 가중치가 발생하여 트래픽이 증가한다. 본 논문은 이를 해결하기 위해 GA 알고리즘을 AntNet에 적합하여 데이터 전송을 위한 전송시간 감소와 효율적인 트래픽 분산을 해결하였다. 제안한 알고리즘 성능평가를 위해서 본 논문에서는 대량의 데이터를 전송하기위한 경로를 설정하고, 전송시간과 전송 오류율을 평가하여 우수성을 보였다.

**키워드** : 앤트넷, 유전자 알고리즘, 라우팅 알고리즘, 부하균형

**Abstract** During periods of large data transmission, routing selection methods are used to efficiently manage data traffic and improve the speed of transmission. One approach in routing selection is AntNet that applies the Ant algorithm in transmissions with uniform probability. However, this approach uses random selection, which can cause excessive data transmission rates and fail to optimize data. This paper presents the use of the Genetic Algorithm (GA) to efficiently route and disperse data transmissions, during periods with "unnecessary weight increases for random selection". This new algorithm for improved performance provides highly accurate estimates of the transmission time and the transmission error rate.

**Key words** : Antnet, Genetic Algorithm, Routing Algorithm, Load Balancing

## 1. 서 론

네트워크가 확장된 네트워크상에서는 기존에 비해 많은 양의 데이터가 전송되고 있다. 이에 따른 요구사항으로 데이터를 전송할 때, 데이터의 전송시간 단축과 효율적인 트래픽 관리를 통한 트래픽 분산방법이 필요하다. 이 요구에 대응하는 네트워크 라우팅 기술에는 2가지

기본적인 기술이 있다. 정적 라우팅과 동적 라우팅이다. 정적 라우팅은 소규모 네트워크에 적합한 방법으로 관리자가 일일이 라우터에 경로를 입력해주는 방법이다. 이는 라우터 자체에 부담감이 없어 라우팅 속도가 빠르고, 성능도 좋다. 하지만 사용자가 할 일이 많아지고, 정해진 경로에 문제 발생 시 라우터 스스로 다른 길을 찾지 못해 사용자가 다른 라우팅 경로를 찾아 줄때까지 대기 상태에 빠진다. 반면 동적 라우팅 방법은 라우팅 프로토콜 스스로 알아서 가장 좋은 경로를 찾는 방법이다. 라우터는 라우팅 테이블을 가지고 스스로 모든 경로를 일일이 기록해두고 이를 보고 패킷의 경로를 지정해준다. 하지만 라우터의 부담감을 가중시키는 결과를 초래한다. 이에 본 논문에서는 동적 라우팅 과 정적 라우팅의 단점을 보완하기 위해 네트워크가 확장됨에 따라 최적의 경로를 설정해주는 AntNet[1]이 연구되었다. AntNet 알고리즘은 데이터를 전송할 때, 최적경로와 최적경로의 트래픽 증가를 분산시켜주는 효율적인 트래픽 관리를 통한 트래픽 분산방법이다. 이 효율적인 분산방법의 연구는 예전부터 진행되고 있다[2]. 또한 AntNet은 네트워크 스스로 확장을 조절하고 새로운 환경에 적

· 본 연구는 한국과학재단 「기초연구지원사업(특정기초)-과제번호 R01-2006-000-10147-0 사업의 연구비 지원으로 수행하였습니다.

† 학생회원 : 전북대학교 전자정보공학부  
x\_xmas@hanmail.net

†† 정 회 원 : 전북대학교 공업기술연구소 컴퓨터공학과 교수  
mrlee@chonbuk.ac.kr  
(Corresponding author인)

논문접수 : 2008년 9월 16일

심사완료 : 2009년 3월 6일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제36권 제5호(2009.5)

용할 수 있는 네트워크 기술로 연구되고 있다[3].

AntNet의 종류는 Ant 알고리즘을 네트워크에 적용한 AntNet[3,4] 모델과 AntNet의 라우팅 테이블의 update를 빠르게 하기 위하여 Faster Ant를 사용한 AntNet-FA[3,4] 모델이 있다[5,6]. 하지만 AntNet과 AntNet-FA 모델은 AntNet에서 기본 알고리즘을 수정 하여 원천적인 네트워크의 경로 탐색 시, 트래픽 분산을 위한 가중치 개선이 요구된다.

이를 위해 본 논문은 모든 경로의 패킷을 GA 알고리즘을 이용하여 라우터들의 연결을 유전자 코드로 표현하고, 라우터의 선택 확률을 계산한다. 선택 확률로 인한 강화 값을 페르몬 테이블에 저장(update)하고, 실험 및 평가를 위해 라우팅 알고리즘 검증에 많이 사용되는 NSFNet의 구조의 네트워크를 모델링을 통해 대량의 데이터를 전송하기 위한 경로를 설정과 전송시간, 전송 오류율을 평가하였다.

2장에서는 관련연구로서 Antnet과 Gentic 알고리즘을 소개하고, 3장에서는 제안된 Antnet을 이용하여 네트워크 라우팅에 적용하고, 4장에서는 성능 평가로 제안된 모델과 기존 Antnet을 비교 평가 설명한다. 5장에서는 향후 연구 방향을 제시할 것이다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 SPF(Shortest path first), OSPF(Open Shortest path first)

Link state algorithm 알고리즘 중 하나인 SPF는 인접 라우터에 대한 링크만이 아니라, 전체 모든 라우터에 대한 연결형태 와 비용 측정하는 알고리즘이다. 이는 트리 노드 구조로 구성되어진 것으로 대표적인 동적라우팅 알고리즘인 OSPF는 대규모 자율네트워크 상에서 RIP (routing information protocol)에 우선하여 사용되는 라우팅 프로토콜이다. 라우팅 테이블의 변경 사실이나, 네트워크 내의 어떤 변화를 감지한 호스트는, 즉시 그 정보를 네트워크 내의 다른 모든 호스트들에게 알림으로써, 모두 같은 라우팅 정보를 가질 수 있도록 한다. 라우팅 테이블 전체를 보내는 RIP과는 달리, OSPF를 사용하는 호스트는 오직 변경된 부분만을 보낸다. RIP에서는 매 30초마다 라우팅 테이블을 인접한 호스트에 보내지만, OSPF는 변경이 생겼을 때에만 변경된 정보를 멀티캐스트 한다.

### 2.2 AntNet 알고리즘

Antnet은 네트워크 상 mobile agent를 통하여 누적된 정보(ant algorithm의 페르몬)로 네트워크 상의 각 노드에 전달 라우팅 문제를 해결하려는 적응형 agent 기반의 라우팅 알고리즘이다. ant algorithm은 그림 1과 같이 개미의 먹이활동에서 발생하는 페로몬 양을 공학적으로 적용한 경로 탐색 알고리즘이다. 또한 개미의 행

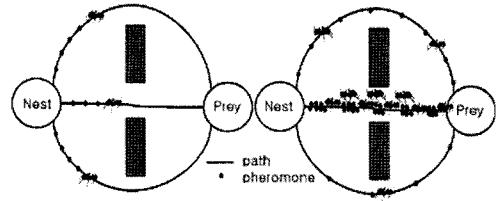


그림 1 페로몬을 이용한 개미의 최단경로 먹이 탐색

동패턴을 응용하여 문제해결이나 시스템의 학습 등에 유용하게 적용하고 있다.

각 노드의 라우팅 테이블의 선택 확률 값은 최종 노드의 선택 후 초기노드로 되돌아가면서 갱신된다. 이 때 강화인자( $r$ : reinforcement value)를 통해 라우팅 선택의 확률 값의 변화정도를 결정하게 된다. 강화인자는 agent에 수집된 시간지연 정보를 상대적으로 평가하며 이는 AntNet의 적응형 성능에 가장 중요한 인자이다.

AntNet에서의 강화인자를 구하는 수식은 다음과 같다.

$$r = C_1 \left( \frac{W_{BEST}}{T} \right) + C_2 \left( \frac{I_{sup} - I_{inf}}{(I_{sup} - I_{inf}) + (T - I_{inf})} \right) \quad (1)$$

$W_{BEST}$ 는 순방향 agent가 목적노드까지 진행했던 시간 중에서 일정시간 내의 유효한 값으로 가장 좋은 값, 즉 best cost를 말한다.  $T$ 는 agent에 의해 진행된 시간 (current cost)를 말한다.  $I_{sup}$ 와  $I_{inf}$ 는 진행된 시간들의 평균값과 분산값에 의해 대략적인 신뢰구간으로 얻어진 값들이다.  $C_1$ 과  $C_2$ 는 두 부분간의 가중치이다. 식 (2)는 페르몬 테이블의 강화인자 계산식을 나타낸다.

$$\begin{aligned} P_{fd} &\leftarrow P_{fd} + r(1 - P_{fd}) \\ P_{nd} &\leftarrow P_{nd} - rP_{nd} \\ n, f &\in N, n \neq f \end{aligned} \quad (2)$$

각 노드의 라우팅 테이블에서는 이렇게 계산된 강화인자  $r$ 에 의해 다음 수식과 같이 갱신 된다.

$N$ 은 이웃노드의 셋을 의미하고  $f$ 는 현재 agent가 지나가고 있는 노드,  $n$ 은  $f$ 를 제외한 다른 이웃노드를 의미한다.  $P_{fd}$ 는 라우팅 경로로 결정되어  $r$ 에 의해 증가될  $f$ 노드의 확률값이고  $P_{nd}$ 는 라우팅 경로를 제외한 감소될  $n$ 노드의 확률 값이다. 식 (2)에서 보면 agent가 노드  $f$ 를 거쳐 선택한 경로에 대한 확률값은 강화인자에 비례하여 증가하고  $f$ 를 제외한 노드  $n$ 를 거치는 경로의 확률 값은  $r$ 에 비례하여 감소하게 된다. 이러한 과정을 각 agent가 반복하면 많이 선택한 경로의 선택 확률값이 커지게 되면서 최적 경로로 결정한다.

## 3. 개선된 AntNet Algorithm

### 3.1 알고리즘 개요

본 논문은 확장된 네트워크에서 트래픽의 증가와 대량의 데이터 전송 실패를 해결하기 위해 식 (1)의 가장 차 변수  $C_1$ 을 마이크로 유전자 알고리즘으로 최적의 값을 찾도록 수정하여 개선된 AntNet Algorithm을 만들었다.

$C_1$ 은 최적의 경로값을 선택하고 제어하는 중요한 인자 때문에  $C_2$ 를 유지하고  $C_1$ 의 값을 평가하는 것이 중요하다.

토너먼트 선택을 이용하여 모집단에서 일정 수만큼의 무작위의 부모 개체를 추출하고, 그중 적합도가 가장 좋은 개체를 선택하여 다시 위의 과정을 반복하여 N의 수만큼의 부모개체들이 생성되면 그에 따른 교배율 1.0으로 교배하여 자식 세대 N만큼을 재생성하는 유전자 알고리즘이다.

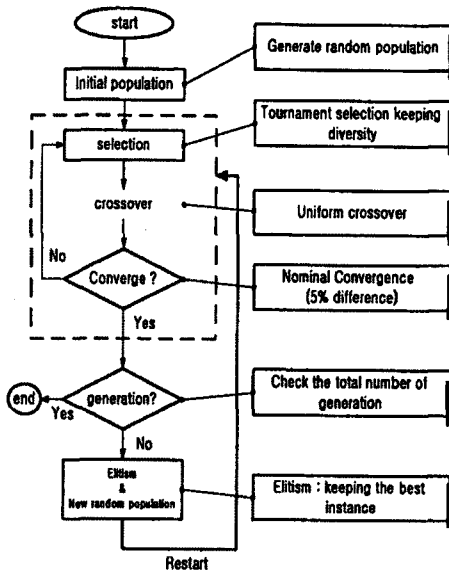


그림 2 마이크로 유전자 알고리즘의 순서도

3.1 라우팅 모델 유전자 표현

그림 3과 같이 NSFNet 라우터의 경로를 다음과 같이 표현할 수 있게 된다.

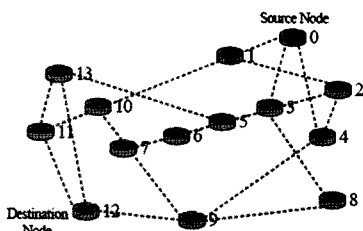


그림 3 NSFNet

$V_0$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	...
0	1	1	1	0	1	1	...
0	0	0	1	0	1	1	...
0	0	0	0	1	0	0	...

그림 4 경로 염색체

그림 3은 실험 평가할 라우팅 모델을 나타낸다. 그림 3에서 노드는 라우터의 번호를 나타내고 접선은 라우터 사이의 인접함을 나타낸다. 이 모델은 기존모델과 비교 평가하기 위하여 라우팅문제를 위한 유전자 알고리즘[7]의 같은 모델을 이용하였고 0과 12사이에 노드사이에는 많은 경로가 존재한다. 하나의 노드에서 다른 노드로의 가능한 통로가 곧 염색체(Chromosome)가 되며 이러한 경로 염색체들이 모여 하나의 군집을 구성하게 된다.

그림 3은 경로를 이용한 염색체구성을 나타내고 있다.

3.2 적합도 함수와 선택

기존 AntNet의 알고리즘에서는 한 지점의 노드의 동일한 값의 노드를 선택해야 할 경우 Random선택을 하는 문제점이 발생하게 된다. 이로 인해 경로의 선택이 최적 경로가 아닌 경우 다음 에이전트의 확률에 영향을 미친다. 이를 위해 위의 주어진 경로 염색체를 사용하여 최소신장 트리의 적합도 함수를 이용하면 식 (3)과 같다.

$$(x,y) = \sum_{1 \leq p \leq N} \operatorname{argmin}_{a \in P(0)} f(x,y) \quad (3)$$

식 (3)은  $f(x,y)$ 의 인자들로 구성되어 있고, 이것은 a의 원소가 path(0)의 인자일 경우 최소값을 구하는 수식이다. 결국 최단경로와 최단 노드의 길이를 감소시키면 동일한 길이의 노드일 경우라도 다른 확률의 값을 가지게 된다. 그림 3의 염색체 표현식으로 인접한 라우터의 경로를 알 수 있고 여기에서는 상대적인 노드의 길이를 찾는 함수를 적용시킬 수 있다.

3.3 진화 및 유전 연산

임의의 선택된 두 개의 개체에서 교배지점을 기준으로 두 개체의 유전 정보를 서로 교환 하여 새로운 개체를 구성하는 연산으로 이 논문에서는 엘리트주의를 반영한 룰렛 선택을 이용한다. 엘리트주의란 모집단에서 가장 적합도가 높은 개체를 다음 유전 연산에 포함하는 것이고 룰렛 연산은 난수기반 적합도 비례 선택을 구현하는 방법 중 가장 보편적인 방법이다.

돌연변이 연산은 염색체 내부의 하나 이상의 유전자를 임의로 변경하는 것이다. 이것은 모집단에 새로운 개체가 포함되는 것이다. 이 논문은 난수를 이용한 한 점 돌연변이 연산을 이용하여 임의의 2개의 경로 염색체집단에서의 유전 연산은 다음 그림과 같다.

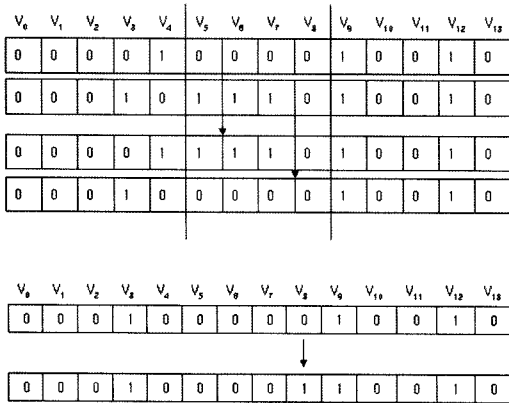


그림 5 교차와 돌연변이 연산자

하지만 교차 연산과 돌연변이 연산을 통해 생성된 유전자들이 항상 가능해 집합에 속하지 않으므로 이에 따른 보정 연산이 필요하게 된다. 하나는 유전자를 이용하여 트리노드 구조를 구성하지 못하는 경우 이고 이런 경우는 중간 노드들만으로 트리를 구성할 수 없을 때 나타나게 된다. 이를 위해 연결이 되어있지 않는 노드에 대해서도 최단 경로를 구하여 그사이의 노드들은 1로 보정해주어야 한다. 또한 연산과정 중 마지막 노드인 그림 2의 12번 노드가 선택이 될 경우이다. 이런 경우 또한 중간 노드들은 목적 노드로 가는 경로와는 무관하기 때문에 0으로 보정해준다.

### 3.5 강화전략

위에 마이크로 유전자 알고리즘의 최적값을 평가하여 최단 노드의 경로를 구하고 그를 통해 AntNet의 강화가 이루어지는 것이다. 이를 위해서는 최단유전자 조합의 가중치 계산이 필요하다[2].

$$Path\ Cost(p) = \sum_{i=1}^{n-1} cost(mi) \quad (4)$$

경로의 강화 값은 현 노드의 이전의 값은 이전 노드까지의 최적값을 가지고 계산을 한다.

라우터를 거치는 노드의 경우 강화 가중치  $C_1$ 과 트래픽 분산의 가중치  $C_2$ 를 계산하여 최단 노드의 경우 강화 가중치를 높게 많은 노드의 경우 트래픽 분산의 가중치를 높게 표현 할 수 있다.

### 4. 성능 평가

기존 알고리즘과의 비교 시 개선된 알고리즘이 효과적으로 라우팅 경로선택을 하는지 실험을 통해 알아보고자 한다. 비교실험을 위한 네트워크 구조는 라우팅 알고리즘 검증 시 많이 이용되는 NSFNet이라는 인터넷의 전신인 백본망을 모델링하였다. NSFNet는 14개의 노드와 21개의 링크로 구성되었다. 기존 알고리즘과 논문에

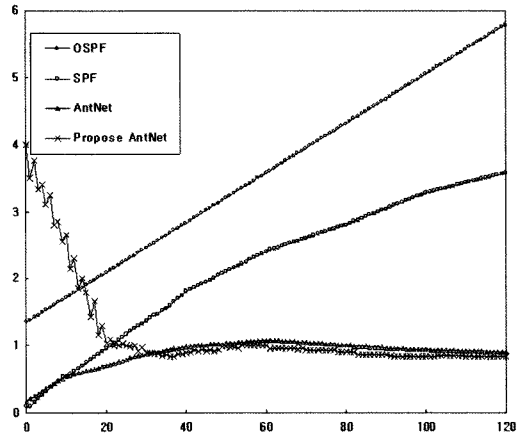


그림 6 CBR에서의 시간당 평균 Packet 전송율

서 제안하는 알고리즘은 PC상에서 C#을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 알고리즘 성능 비교방법으로 동일한 상황 하에서 평균 전송율과 트래픽을 비교하기 위해서 단위 시간당 평균 Packet 지연을 알아보고자 고정 비트레이트(CBR Constant Bit Rate)에서 실험 하였으며 결과는 다음 그림 6의 그래프와 같다.

그래프를 보게 되면 x축은 120개의 packet을 보내는 것이고 y축은 120packet을 보내는 동안의 packet당 평균 시간을 나타내고 있다. 노드가 구성된 이후의 packet의 평균 전송시간은 28packet을 보내는 동안은 기존 AntNet이 월등하지만 그 22packet을 보낸 이후의 전송에서 기존 AntNet 보다 미비하기는 하지만 AntNet 전체 노드의 1.5%정도의 성능을 향상시킬 수 있다. 하지만 이것으로는 기존 AntNet 보다 획기적인 성능을 향상시킬 수는 없었지만 트래픽관리에 의한 딜레이 초과에 의한 오류율의 경우 기존 AntNet(7/120)0.0583% 보다(3/120)0.025%로 약 0.0333%의 성능을 향상시킬 수 있었다.

### 5. 결론

본 논문은 모든 경로의 패킷을 GA 알고리즘을 이용하여 라우터들의 연결을 유전자 코드로 표현을 한다. 그리고 라우터의 선택 확률을 계산한다. 선택 확률로 인한 강화 값을 페르몬 테이블에 저장하였다. 각 염색체의 각 노드에 대해 유전자 값이 결정되어 진다. 실험 및 평가를 위해 라우팅 알고리즘 검증에 많이 사용되는 NSF-Net 구조의 네트워크를 모델링 해본 결과 논문에 제안한 알고리즘의 경우 초기 계산량이 많아 초기 평균 전송시간의 경우 기존 알고리즘보다 오래 걸리지만 120 packet을 보내는 동안 22~120까지 평균 1.5%의 성능을 향상시킬 수 있었다.

또한 라우팅의 페로몬정보를 최대한 분배하는 전송 실패율의 경우 본 본문이 기존의 AntNet보다 0.0333%의 성능 향상을 시킬 수 있었다. 데이터를 효율적으로 전송하는 것이 현 네트워크의 문제일 것이다. 네트워크망의 확대 그리고 트래픽의 증가를 효율적으로 다룰 수 있게 하기 위해서는 AntNet의 라우팅 알고리즘을 통한 해결을 위해서는 새로운 라우팅 개설 시 해당 노드에 대한 최적의 경로가 계산 되고 마이크로 유전자 알고리즘에 따른 AntNet의 라우팅 알고리즘을 이용하여 데이터를 보낼 것이다. 기존의 AntNet의 경로 구성을 마이크로 유전자 알고리즘으로 최적의 경로를 선택 후 그에 따른 강화가 이루어지게 구성되어진 연구로 향후 지능형 웹이나 모바일 네트워크에서 지능적으로 라우팅을 구성하는 방법에도 활발한 연구가 필요하며 AntNet의 다른 부분도 적절히 조합하면 좀 더 성능의 향상을 이루게 될 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] L. Bianchi, L. M. Gambardella, and M. Dorigo. An ant colony optimization approach to the probabilistic traveling salesman problem. In Proceedings of PPSN-VII, Seventh International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, volume 2439 of Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag, Berlin, Germany, 2002.
- [2] B. Baran and R. Sosa. A new approach for AntNet routing. In Proceedings of the 9th International Conference on Computer Communications Networks, Las Vegas, USA, 2000.
- [3] G. Di Caro and M. Dorigo. Two ant colony algorithms for best-effort routing in datagram networks. In Proceedings of the Tenth IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS'98), pages 541-546. IASTED/ACTA Press, 1998.
- [4] G. Di Caro. A society of ant-like agents for adaptive routing in networks. DEA thesis in Applied Sciences, Polytechnic School, Université Libre de Bruxelles, Brussels (Belgium), May 2001.
- [5] A.V. Vasilakos and G.A. Papadimitriou. A new approach to the design of reinforcement scheme for learning automata: Stochastic Estimator Learning Algorithms. Neurocomputing, 7(275), 1995.
- [6] G. Di Caro and T. Vasilakos. Ant-SELA: Ant-agents and stochastic automata learn adaptive routing tables for QoS routing in ATM networks. ANTS'2000 - From Ant Colonies to Artificial Ants: Second International Workshop on Ant Colony Optimization, Brussels (Belgium), September 8-9, 2000.
- [7] Yongkyu Park. "A Genetic Approach for Routing Problems in Optical Meshes," Korea IITA. 1999.



강 덕 희

2009년 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2009년~현재 전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학 박사과정. 관심분야는 로봇공학, 헬스케어 에이전트, 영상처리, 게임, 가상현실, 인공지능



이 말 레

1998년 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업. 2002년~2003년 University of Southern California, Post-Doc Fellow, Research Center of Robotics. 1999년~2003년 전남대학교 멀티미디어학과 조교수. 2003년~현재 전북대학교 공과대학 전자정보컴퓨터공학부 부교수. 2009년~현재 SanDiego State University, Faculty Adjunct, Department of Computer and Science. 관심분야는 로봇공학, 헬스케어 에이전트, 바이오센서네트워크, 인공지능, 게임, 가상현실 등임