

디지털 맵에서의 동적환경 적응형 차량 항법 알고리즘

A Self-adjusting CN(Car Navigation) Algorithm on Digital Map using Traffic and Directional Information

이 중 헌*
Jong-Heon Lee

김 영 민**
Young-Min Kim

이 상 준***
Sang-Joon Lee

요 약

차량항법 시스템에서는 디지털 맵을 대상으로 하기 때문에 많은 양의 메모리가 소요되며 계산시간도 많이 필요하게 된다. 또한 교통 상황은 실시간으로 변하기 때문에 이러한 정보를 차량항법 시스템에 반영한다면 좀더 실제적인 결과를 얻을 수 있을 것이다. 본 연구에서는 출발지와 목적지간의 방향정보를 이용하여 차량 운행중에 발생하는 실시간 교통정보를 반영하면 서도 적은 계산시간과 메모리 사용으로도 효율적인 경로 탐색을 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

Abstract

The Car Navigation System(CNS) requires lots of memory and calculating time because it works on the large and complex digital map. And the traffic circumstances vary time by time, so the traffic informations should be processed if we want to get more realistic result. This paper proposes an effective path searching algorithm which uses less memories and calculating time by applying directional information between the starting place and destination place and by using realtime traffic informations.

Keyword : Car Navigation System(CNS), digital map

1. 서 론

차량항법 시스템(CNS : Car Navigation System)은 복잡한 현대의 도로 환경속에서 손쉽게 목적지를 안내할 수 있는 시스템으로 최근 활발히 연구되고 있는 분야이다[2,3]. 이러한 CNS 시스템에 있어서 가장 중요한 요소 중의 하나가 지도상의 목적지를 자동적으로 찾을 수 있도록 해주는 경로 탐색 알고리즘이다.

최단경로문제를 찾아내기 위한 알고리즘으로는 가장 대표적인 Dijkstra 알고리즘[4]과, 휴리스틱 함수를 이용한 A* 알고리즘[2]이 있으며 Dijkstra, 를 변형한 A* 양방향 Dijkstra와 양방향 A*등이

있다[5,6,7,8].

Dijkstra 알고리즘은 확실히 최단경로를 탐색할 수 있다는 장점이 있으나 목적지의 방향에 관계 없이 모든 방향의 노드를 검색하기 때문에 많은 탐색 소요시간을 갖는다는 단점이 있으며, A*는 탐색시간은 줄일 수 있으나 인접한 노드들에서 목적지까지의 거리계산을 추가로 해야하는 부담을 안고 있다. 또한 선정된 경로가 출발지에서 목적지까지의 탐색경로가 최단경로라는 보장을 할 수 없다. 그리고 양방향 dijkstra 와 양방향 A* 는 탐색을 출발지에서 목적지 방향으로 탐색하는 전방탐색과 목적지에서 출발지 방향으로 탐색하는 후방탐색을 병행하여 서로의 탐색이 중간에 교차될 때 탐색을 완료하게 된다. 이론적으로는 양방향 탐색은 단방향 탐색에 비해 전체 탐색노드 수의 절반으로 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나 양방향 탐색은 양단에서 탐색이 교차하지 않을 경우 오히려 단방향 탐색에 비해 최고 두 배의

* 정 회 원 : 제주대학교 정보공학과 박사과정
ljh5140@yahoo.co.kr(제1저자)

** 준 회 원 : 제주대학교 정보공학과 박사과정
mincando@cheju.ac.kr(공동저자)

*** 종신회원 : 제주대학교 컴퓨터공학과 부교수
sjlee@cheju.ac.kr(공동저자)

노드를 탐색해야 하는 단점이 있다.

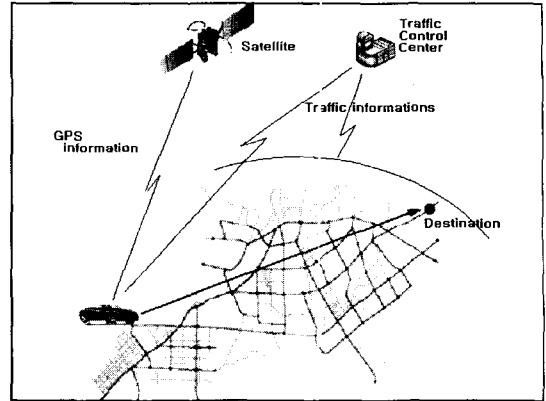
또한 대단히 규모가 크고 복잡한 조건을 갖는 도로망이 대상이므로 기존의 최단경로 알고리즘을 적용하는 것은 여러 문제점을 발생시킨다. 먼저, 기존 최단경로 알고리즘을 실제 도로망에 적용할 때 많은 계산 량과 메모리가 필요하기 때문에 빠른 응답시간을 요구하는 실제 시스템의 구현에는 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 방향성을 이용한 경로탐색방법인 SPAWD[2]가 수행되었고. SPAWD에서는 인접노드 선택시 목적지와 거리가 최소인 인접노드를 택하는 방식으로 목적지를 찾아가는 알고리즘으로 기존의 연구에 비해 효율적인 연산 시간으로 목표지점을 탐색할 수 있었다. 그러나 현 노드에서 이웃한 모든 노드에 대해서 검사가 이루어지기 때문에 목표방향과 일치하지 않는 노드도 검사하게 되는 단점이 있다.

본 연구에서는 이러한 문제에 대한 해답을 얻기 위하여 기존의 Dijkstra 알고리즘에 목적지까지의 방향 정보를 이용하여 탐색 영역 및 탐색 노드 수를 줄임으로써 탐색에 필요한 메모리 량과 탐색 시간을 줄일 수 있는 방안을 제시하였으며, Dijkstra의 탐색노드 수의 약 20%정도만을 필요로 하면서도 방향각 내에서 최단의 경로를 탐색할 수 있음을 보였다. 이러한 방향각은 SPAWD의 연구에 최단경로를 개선한 형태이다. 또한 각종 사고, 기후악화, 도로공사 등의 동적인 도로 교통 정보를 실시간으로 받아들여 고정된 경로가 아닌 능동적으로 탐색 경로를 재 수정할 수 있는 알고리즘을 제안하고, 제안된 알고리즘을 이용하여 자동차 자동항법 시스템을 시뮬레이션하고 그 결과를 고찰한다.

2. 제안 알고리즘

2.1 방향정보의 이용

디지털 지도에는 위도와 경도에 의한 위치정보

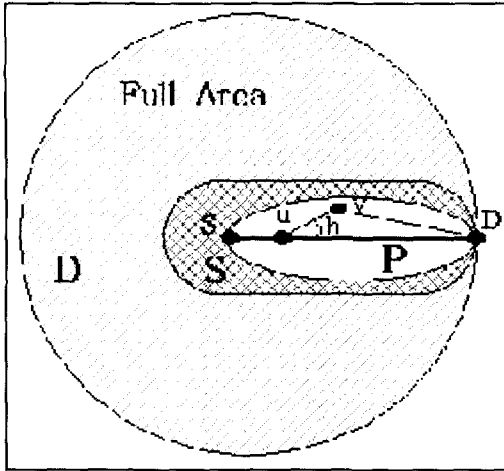


(그림 1) A model of proposed CNS

가 수록되어 있다. 본 연구에서는 이에 착안하여 출발지로부터 목적지에 이르는 방향정보를 최적 경로 탐색 알고리즘의 설계에 이용하였다. 즉 기존의 Dijkstra 알고리즘에서 발생하는 과도한 계산 량 및 메모리 사용의 문제점을 해결하기 위해서 인접한 노드 중 목적지와 동일 방향 상에 있는 적정 각도내의 노드를 우선 검색함으로써 불필요한 탐색에 드는 시간 및 자원 소요 비용을 줄이는 방식을 취하였다. 또한 동일 방향상의 적정 각도 내에서 최소 비용의 경로를 찾지 못하는 경우에는 적정 각도의 비율을 증가시킬 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 그림 1과 같은 CNS 시스템을 고려하여 설계하였다. 즉 위성으로부터 위치정보를 수신하여 도로정보를 이용하는 형식의 기존 CNS 시스템에 가상의 교통정보센터를 두어 실제 도로 상에서 발생하는 각종 정보를 수집하고 정보를 송출하는 형태를 가정하였다. 이러한 형태는 지능형 도로망이 구축되어가는 추세에 따라 가까운 미래의 지능형 CNS 시스템으로 자리하리라 예측이 된다.

본 연구에서 제안하는 알고리즘은 그림 2와 같이 디지털도로상에서 출발지 s에서 목적지 d노드까지 인접한 모든 노드를 검색할 때에 출발지와 목적지를 연결하는 가상의 직선과 이 직선에 인접한 노드의 탐색에 대상노드와 직선상의 현재 노드와의 사이에서 생성된 방향각 h를 이용하는



D : Dijkstra , S : SPAWD , P : Proposed
(그림 2) The Search Areas

것이다. 목적지의 방향과 방향각 값이 휴리스틱하게 정해지는 일정범위 이상 벗어나는 노드에 대한 검색을 하지 않음으로서 전체적인 검색 속도가 증가되리라고 예측할 수 있다.

그림 2에서 D는 Dijkstra, S는 SPAWD, P는 제안 알고리즘의 검색영역이다.

2.2 실시간 교통 정보의 이용

자동차의 주행시간에는 지도상의 주행거리 외에도 도로의 폭, 교차로 수, 주행시간대 및 사고발생, 자연재해(눈, 비), 각종 행사, 도로공사 등과 같은 비 규칙적 상황이 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 도로교통 환경정보가 지능형 CNS 시스템의 목적지 탐색에 반영이 되어야 한다.

이에 따른 탐색노드의 비용계산식은 다음의 식 1과 같다.

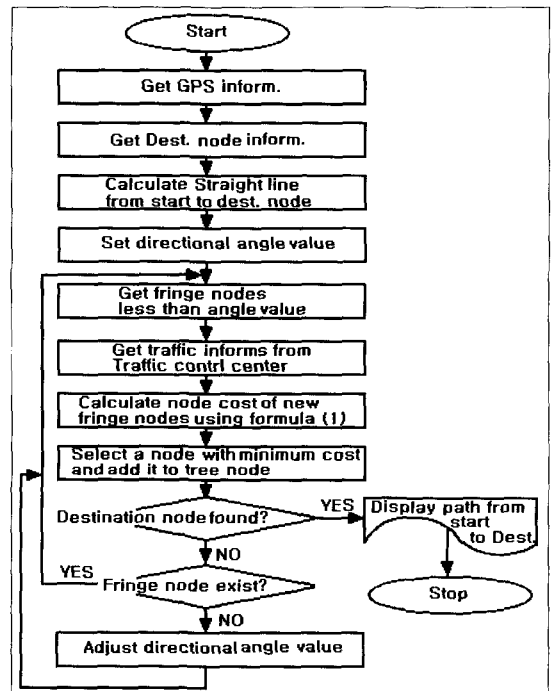
$$Cost(v) = \cos t(s, tail(e)) + \sum_{i=0}^n Wi(e) \quad (식 1)$$

여기에서 $cost(s, tail(e))$ 는 현재 탐색하고자 하는 노드까지의 비용의 총합, $tail(e)$ 는 탐색된 최종

노드를 의미하며, Wi 는 n개의 실시간 도로교통정보를 수신했을 때 각각의 상황이 차량 운행에 부담을 주는 추가비용(Weight)를 의미한다.

2.3 알고리즘의 설계

본 연구에서 제안하는 알고리즘의 기본 틀은 Dijkstra 알고리즘이다. Dijkstra 알고리즘은 도로 망 그래프상에서 시작노드로부터 인접한 노드(fringe node)를 탐색하면서 시작 노드와 인접한 노드 중에서 최소의 패스비용을 갖는 노드를 계속적으로 선택하여 트리를 구성한다. 트리가 구성되는 중에 목적 노드가 발견되면 탐색을 종료하고 목적노드까지의 패스를 리턴해준다. Dijkstra 알고리즘에 방향각 정보와 도로 교통 상황정보를 이용하여 재수정하여 작성된 알고리즘은 다음 그림 3과 같다.



(그림 3) Proposed Search Algorithm

여기서 방향각내 인접 노드는 코사인 제2법칙

인 식 2로 구할 수 있다.

$$\cos(\theta) = \frac{V^2 + D^2 - u^2}{2 \times V \times D}$$

($h \geq \theta$ 이면 v 는 인접노드) (식 2)

그림 2의 u 를 현재노드, v 를 인접노드, D 를 목적지노드 라고 했을 때 여기서 h 는 인접노드를 구하기 위한 적정각도이며, u 는 v 와 D 사이의 거리이고, V 는 u 와 v 사이의 거리이고, D 는 u 와 D 사이의 거리이며 $\theta > h$ 이면 v 는 인접노드로 채택이 된다.

3. 시스템 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에 필요한 디지털 도로는 제주시 일원의 일부지역을 대상으로 하였으며 편도 2차선 이상의 도로만을 대상으로 하였다. GPS 정보는 디지털 도로상의 위치정보로 대신하였으며 교통 통제 센터의 차량사고, 각종행사, 자연재해, 교통 혼잡, 각종공사 등의 도로 상황정보는 프로그램 내에서 무작위로 발생을 시켜 이용하였다. 도로 상황정보는 가중치 값을 적용해서 실시간으로 최적의 경로로 갱신하도록 한다. 또한 운전자는 목표 지점으로의 이동 중에 계산된 최단거리 패스를 벗어나 운전할 수도 있다고 가정하였다.

각각의 교통정보는 그 심각성에 따라 상, 중, 하로 나누어 다음 식과 같이 가중치를 적용하였다.

$$\text{Weight} = \text{초기 Weight 값} + C$$

(C 는 정보의 영향정도) (식 3)

최소비용을 갖는 모든 노드들의 대한 탐색각도를 조사하여 최대값으로 초기 방향각을 90°로 설정하여 사용하였다. 90°의 값은 여러번의 실험을 통해서 초기값으로 적절하다고 판단된 값이다. 초기 방향각 내에서 탐색대상이 없는 경우 일정한

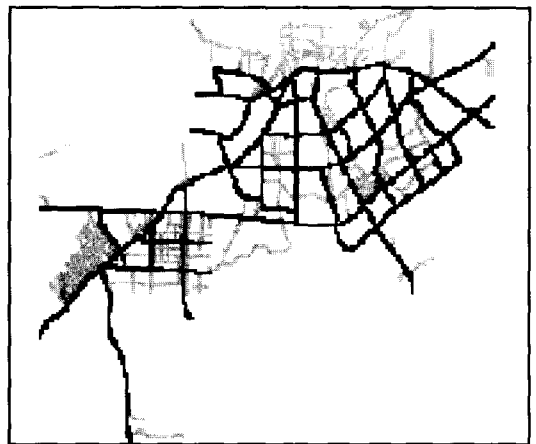
비율로 방향각 값을 증가시켜가며 다음 노드를 탐색할 수 있게 하였다.

4. 결과 및 고찰

차량 항법 시스템에서 경로 탐색 알고리즘의 성능을 평가하는 기준은 탐색된 최단 경로의 정확성과 탐색에 소요된 시간이다. 본 논문에서는 탐색 알고리즘들이 선정한 경로의 정확성을 측정하기 위하여 Dijkstra 알고리즘, SPAWD 알고리즘과 제안한 알고리즘을 이용하여 탐색된 최단 경로의 길이를 측정하였으며 탐색 속도를 측정하기 위해서 탐색 과정에서 방문했던 전체 노드 수와 각 경로 탐색 알고리즘 모듈의 호출에 소요된 시간을 측정하였다. 탐색에 소요된 시간의 정확성을 위하여 경로의 선택을 랜덤하게 선택하여 실험을 500회 반복 실시하여 소요 시간의 평균을 해당 경로의 탐색에 소요된 시간으로 설정하였다.

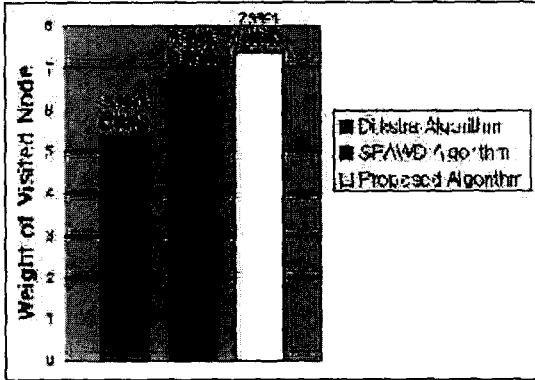
그림 4는 실험에 사용된 맵(map)이다. 맵은 차량 항법 시스템에서 제주시와 신제주 지역을 표현한 것인데 노드 수가 70개이며 링크 수는 110개를 포함하고 있다. 노드는 내부적으로 번호로 구분하였다.

그림 5는 각 알고리즘 별로 500회에 걸쳐 시

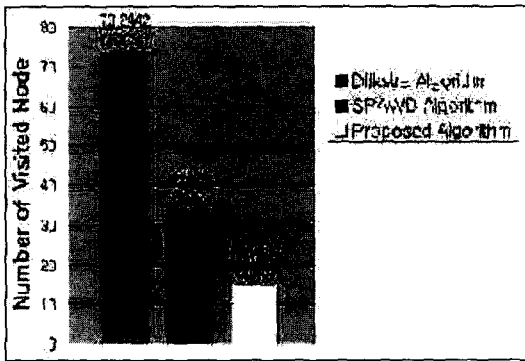


(그림 4) Digital Map of Cheju City

작지점과 목적지점을 랜덤하게 발생시켰을 때 선정된 최단 경로의 비용의 합을 보여준다. Dijkstra의 평균 비용을 100%로 보았을 때 제안한 알고리즘은 평균적으로 36%정도의 추가 비용을 필요로 하는 탐색 경로를 선정하였다(아래 수정 계속).



(그림 5) Average Weight



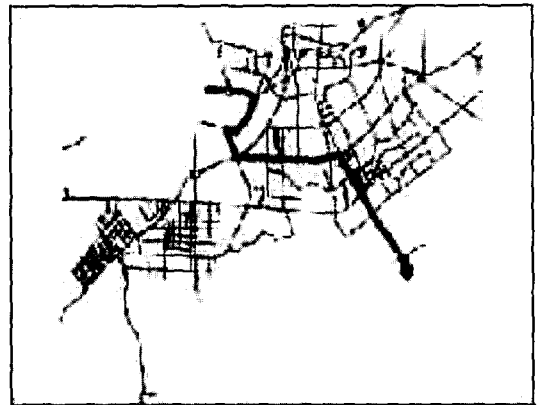
(그림 6) Average Number of Visited node

그림 6은 각 알고리즘들이 전체 실험을 통해 방문한 노드 수의 평균을 그래프로 나타낸 것이다.

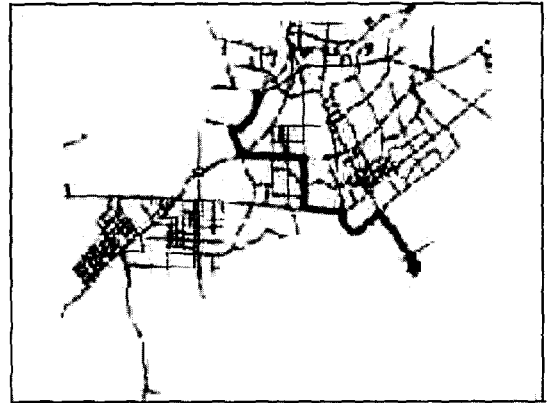
전체 노드를 검색하는 Dijkstra에 비해 제안한 알고리즘은 적정 각도 내에서 경로를 찾기 때문에 상대적으로 Dijkstra의 20%정도밖에 방문 노드 수를 필요로 하지 않으며 결국 소요 시간 및 메모리 사용량을 효율적으로 줄일 수 있다는 것을 보인다. 그림 7, 그림 8, 그림 9는 실제 시뮬레이션 화면을

보여준다. 각 그림에서 원은 운행중인 차량의 위치이고 사각형은 목적 지점이다. 그리고 굵은 선은 차량이 운행할 최단 경로를 보여주고 있으며, 삼각형은 일정 주기적으로 발생한 사고 지점을 보여준다.

그림 7은 최초 시작 지점에서 목표지점까지의 탐색된 최소 비용 경로를 보여주고, 그림 8은 1차 사고 발생 후 기존 경로의 비용 과다로 인해 새롭게 탐색된 탐색경로를 보여준다.

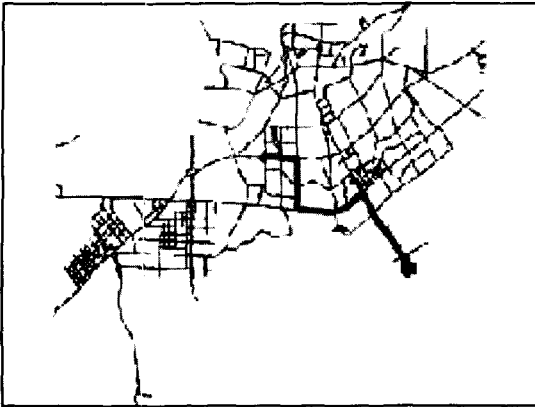


(그림 7) First Path



(그림 8) Adjusted Path by first Event

그림 9는 다시 2차 사고 발생 후 또다시 기존 경로의 비용과다로 인해 새로운 경로를 탐색 후, 최종 수정된 경로를 보여주고 있다. 이 시뮬레이션에서 사고는 10초 간격으로 랜덤하게 탐색 경로상에 발생하도록 하였다.



(그림 9) Adjusted Path by second Event

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 차량 항법 시스템에 적용하기 위한 빠른 경로 탐색을 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.

탐색 범위를 줄이기 위하여 출발지와 목적지간에 만나는 각 노드중 일정한 방향각 내에 포함되는 노드들만을 대상으로 탐색하였을 경우, 기존의 dijkstra에 비해 약 20%정도의 노드만을 검색대상으로 함으로써 적은 메모리량과 빠른 탐색 시간을 가지면서도 30%정도의 초과 비용을 필요로 하는 탐색 경로를 찾을 수 있음을 보였다.

또한 운행 중에 발생할 수 있는 동적 도로 환경 정보를 무선통신을 통하여 수신할 수 있도록 시뮬레이션 하였으며, 도로 환경정보를 랜덤하게 발생시켰을 때 탐색 경로를 능동적으로 재 수정하여 이용자가 목적지 방향각 내에서 최적의 경로를 유지할 수 있음을 보였다.

추후 알고리즘의 좀 더 세밀하고 현실적인 평가를 위해 좀더 광범위한 디지털 맵을 대상으로 적용하고 또한 좀더 다양한 도로 교통정보를 활용할 수 있는 시스템으로의 업그레이드가 필요하다. 미래의 시스템은 Web의 연동 될 수 있게 개발되는 추세이다. 따라서 Web 상에서도 동작할

수 있도록 개발이 필요할 것이다. 그리고 시각적인 차량항법장치는 운전자로 하여금 전방주시 태만을 일으키게 함으로써 심각한 안전의 위협을 제공할 수 있다. 따라서 이러한 방법의 해결책으로 음성인식기술등 다양한 인터페이스의 연구가 되어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 김기섭, "실시간 차량경로결정을 위한 동적최단경로 알고리즘", 홍익대학교 산업공학과 석사 논문, 1999.
- [2] 남상우, 박문성, "방향성을 고려한 우편경로 최적화 시스템의 최단 경로 생성 알고리즘 연구", 한국정보처리학회, 정보처리 논문지, 제4권 2호, pp.491~498, 1997.
- [3] 전홍석, "차량 항법 시스템의 경로 탐색을 위한 탐색 알고리즘들의 성능 비교", 한국정보교육학회 논문지, 제2권 2호, pp.252~259, 1998.
- [4] Andrea Borella, Franco Chiaraluce, "Multicast routing in BMSNs through greedy, weighted greedy, and Dijkstra algorithm: a comparative analysis", SYBEN, pp.444~454, 1998.
- [5] Dennis de Champeaux, "Bidirectional Heuristic Search Again", JACM 30(1), pp.22-32, 1993.
- [6] E. van Dijk, "Heuristic Search with Partial Node Expansion and Bi-Directional Search in Product Space", pp.180-182, 1982.
- [7] Leni Sint, "An Improved Bidirectional Heuristic Search Algorithm", JACM 24(2), pp. 177~191, 1997.
- [8] P.Hart, N. Nilsson, and B. Raphael, "A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths", IEEE Transactions on Systems, Science and Cybernetics, SCC-4(2), pp. 100~107, 1968.

● 저 자 소개 ●



이 종 현

1997년 동신대학교 전자계산학과(학사)
2002년 제주대학교 대학원 정보공학과(석사)
2002년~현재 : 제주대학교 대학원 정보공학과 박사과정
관심분야 : Intelligent System, XML, Web Database etc.
E-mail : ljh5140@yahoo.co.kr



김 영 민

1993년 제주대학교 정보공학과(학사)
1997년 제주대학교 대학원 정보공학과(석사)
2003년~현재 : 제주대학교 대학원 정보공학과 박사과정
관심분야 : XML, Agent, Semantic Web, Internet Computing etc.
E-mail : mincando@cheju.ac.kr



이 상 준

1984년 중앙대학교 컴퓨터공학과(학사)
1989년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과(석사)
1992년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사)
1993년~현재 : 제주대학교 컴퓨터공학과 부교수
관심분야 : Heuristic Algorithm, Web Database, Agent, XML응용 etc.
E-mail : sjlee@cheju.ac.kr