

무선통신네트워크에서 위치관리 최적설계를 위한 최대-최소개미시스템과 랭크개미시스템의 혼합 방법

論 文
56-7-22

Hybrid Method of Max-Min Ant System and Rank-based Ant System for Optimal Design of Location Management in Wireless Network

金 晟 洙* · 金 亨 駿** · 安 準 植*** · 金 一 煥†
(Sung-Soo Kim · Hyung-Jun Kim · Jun-Sik An · Il-Hwan Kim)

Abstract - The assignment of cells to reporting or non-reporting cells is an NP-hard problem having an exponential complexity in the Reporting Cell Location Management (RCLM) system. Frequent location update may result in degradation of quality of service due to interference. Miss on the location of a mobile terminal will necessitate a search operation on the network when a call comes in. The number of reporting cells and which cell must be reporting cell should be determined to balance the registration (location update) and search (paging) operations to minimize the cost of RCLM system. This paper compares Max-Min ant system (MMAS), rank-based ant system (RAS) and hybrid method of MMAS and RAS that generally used to solve combinatorial optimization problems. Experimental results demonstrate that hybrid method of MMAS and RAS is an effective and competitive approach in fairly satisfactory results with respect to solution quality and execution time for the optimal design of location management system.

Key Words : Max-Min ant system (MMAS), rank-based ant system (RAS), reporting cell location management (RCLM)

1. 연구 배경과 목적

최근 늘어나는 무선통신 가입자의 수요를 충족시키기 위해 무선통신의 최소 서비스 단위인 셀의 크기가 점점 줄어드는 추세이므로 셀 사이의 이동성이 더욱 증가하고, 이에 따라 더욱 잦은 위치등록(Location Update, LU) 업데이트 과정과 페이징(paging) 과정이 발생한다. 따라서, 위치등록과 단말기 탐색과정을 효율적으로 관리해주는 위치관리(Location Management, LM) 시스템이 요구된다[6-9][11][12]. 위치관리시스템 방법인 Reporting Cell Location Management(RCLM) 방법은 Bar와 Kesser[1]에 의해 제안된 것으로 네트워크의 셀을 리포팅셀(reporting cell)과 리포팅셀이 아닌 셀(nor-reporting cell)로 구별해서 관리하는 방법이다. RCLM 방법의 업데이트 과정은 사용자가 리포팅셀로 결정된 셀로 이동하여 들어오는 경우에 발생하고, 페이징 과정은 마지막에 업데이트 과정을 수행한 리포팅셀로부터 다른 리포팅셀을 지나지 않고 이동할 수 있는 리포팅셀이 아닌 셀의 집합을 탐색하는 것이다[6,11,12].

위치관리(LM)는 이동통신 네트워크에서 발생하는 두 가지 중요한 정보처리 과정인 위치등록 업데이트와 페이징 과정을 효율적으로 관리하는 것이 주된 목적이다. 즉, 위치관

리의 목적은 업데이트와 페이징 과정에서 발생하는 비용요소를 최소화하는 것이다. 위치관리의 RCLM 방법에서 업데이트는 사용자가 리포팅셀로 이동해 들어오는 경우에 발생하므로 업데이트 비용은 리포팅셀에서 발생하고, 리포팅셀로 이동해 들어오는 사용자의 수가 증가할수록 비용도 증가한다. 그리고 페이징은 탐색하는 셀의 수와 통화 연결이 발생하는 횟수가 증가할수록 페이징 비용이 증가한다.

일반적으로 네트워크에서 리포팅셀의 수가 많을수록 업데이트 비용은 증가하고 페이징 비용은 감소한다. 반면 리포팅셀의 수가 감소할수록 업데이트 비용은 감소하지만 페이징 비용이 증가한다. 결국 업데이트 비용과 페이징 비용은 서로 트레이드오프(trade-off) 관계에 있고, 리포팅셀 방법의 총 비용이 최소화할 수 있는 효율적인 시스템 설계를 위해 최적의 리포팅셀과 리포팅셀이 아닌 셀의 수와 위치를 결정해야 한다. 이것은 NP-complete 문제로 알려져 있어 타부서치, 유전자알고리즘, 개미군 알고리즘 등의 휴리스틱 알고리즘이 적용되어 최적화 설계 될 수 있다[11,12]. 본 논문에서는 RCLM 방법을 대상으로 하여 증발과 로컬업데이트 및 글로벌업데이트 전략을 적용한 개미시스템(ant system), 한 세대의 모든 가능해들에 대하여 적합도값에 따라 순위를 정하고 적절한 참여 개미수를 정하여 차별적으로 페로몬을 업데이트하는 랭크개미시스템(rank-based ant system, RAS) 방법, 페로몬 양을 최소값과 최대값을 정하고 조절 관리함으로써 급속도로 수렴하는 것을 방지하는 최대-최소 개미시스템(Max-Min ant system, MMAS) 방법, RAS와 MMAS 방법을 혼합한 방법을 비교 분석하여 효율성과 강건성(robustness)이 가장 뛰어난 최적 설계 방법을 제시하고자 한다.

* 正 會 員 : 江 原 大 學 校 産 業 工 學 科 教 授 · 工 博
** 學 生 會 員 : 江 原 大 學 校 産 業 工 學 科 碩 士 課 程
*** 學 生 會 員 : 江 原 大 學 校 電 子 通 信 工 學 科 碩 士 課 程
† 교 신 저 자, 正 會 員 : 江 原 大 學 校 電 氣 電 子 工 學 部 教 授 · 工 博
E-mail : ihkim@kangwon.ac.kr
接 受 日 子 : 2006 年 11 月 26 日
最 終 完 了 : 2007 年 6 月 1 日

2. 위치관리시스템의 평가함수

RCLM시스템에서 사용자에게 통화요구가 발생하면 통화연결을 위해 사용자의 위치를 탐색해야 하는데 그에 앞서 사용자가 최종으로 업데이트 한 리포팅셀로부터 페이징 영역을 계산해야 한다. 그림 1은 2, 5, 9, 10, 11, 12, 15번 셀이 리포팅셀로 결정된 네트워크의 예라고 가정하자.만일 사용자가 최종으로 업데이트한 리포팅셀이 2번 셀이라면 페이징 영역은 리포팅셀인 2번 셀을 포함하여 0, 1, 3, 4, 6, 7, 8번 셀이다. 즉, 2번 리포팅셀에서 업데이트한 사용자를 찾기 위한 페이징 대상 영역은 8개의 셀이다.

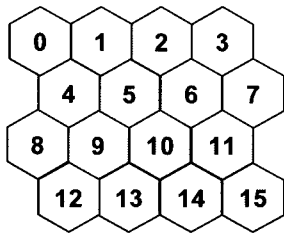


그림 1 4x4 RCLM 네트워크 (셀 번호 0~15)
Fig. 1 4x4 RCLM Network (cell number 0~15)

Hac와 Zhou[6]의 논문에서는 위의 8이라는 값을 2번 리포팅셀의 vicinity value라하고 이를 사용하여 페이징 비용을 계산했다. 위의 예에서 4번 리포팅셀이 아닌 셀은 리포팅셀 2, 5, 9, 12번 셀의 페이징 대상이 된다. 즉, 4번 셀이 가질 수 있는 vicinity value는 8, 8, 7, 7 이고, 이 중 가장 큰 값인 8이 4번 셀의 vicinity value가 된다.

업데이트와 페이징 비용으로 구성된 총비용은 Subrata와 Zomaya[11, 12]가 제시한 것처럼 식 (1)과 같이 표현할 수 있다. W_{mi} 는 셀 i 로 이동하는 트래픽 양, W_{ci} 는 셀 i 의 통화 요구량, 그리고 C 는 위치등록 업데이트(location update) 상수를 나타낸다. C 는 일반적으로 업데이트 비용이 페이징 비용보다 상대적으로 크기 때문에 페이징 비용의 가중치를 1로 두었을 때 업데이트 비용의 가중치로 사용되는 상수이다(본 논문에서는 10을 사용함). 평가 함수(비용함수) f 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$f = C \cdot \sum_{i=1}^N W_{mi} \cdot Z_i + \sum_{i=1}^N W_{ci} \cdot v_i \quad (1)$$

위의 식에서 만약 셀 i 가 리포팅셀 일 경우는 Z_i 값은 1 이고, 리포팅셀이 아닐 경우는 0 값을 갖게 된다. v_i 는 i 번 셀의 vicinity value이다. 식(1)에 따라 그림 1에 대한 각 셀의 통화요구량 W_{ci} 가 (517, 573, 155, 307, 642, 951, 526, 509, 251, 224, 841, 600, 25, 540, 695, 225)라 하고 셀 i 로 이동하는 트래픽 W_{mi} 가 (518, 774, 153, 1696, 1617, 472, 650, 269, 445, 2149, 1658, 952, 307, 385, 1346, 572)라 하자. 위 데이터를 사용하여 업데이트 비용, 페이징 비용, 총비용을 다음과 같이 계산할 수 있다. 업데이트 비용은 리포팅셀로 결정된 2, 5, 9, 10, 11, 12, 15 셀에서 발생되고, $10 \times (153+472+2149+1658+952+307+572)$ 로 계산된다. 페이징 비용은 각 셀에 대한 vicinity value와 각 셀의 통화 요구량을 곱하여 $(8 \times 517+8 \times 573+8 \times 155+8 \times 307+8 \times 642+8 \times 951+8 \times$

$526+8 \times 509+8 \times 251+7 \times 224+6 \times 841+6 \times 600+7 \times 25+7 \times 540+7 \times 695+3 \times 225)$ 로 산출하였다. 즉, 각 셀의 통화요구량만큼 탐색 영역 내에 있는 셀 모두에게 페이징 해야 한다. 평가 값(15.54)은 총비용(117787)을 모든 셀에서 요구하는 통화요구량의 합으로 나누어 통화요구량 1통화에 대한 비용으로 계산할 수 있다.

3. 위치관리시스템 최적설계 방법

본 절에서는 RCLM 위치관리시스템 최적설계를 위하여 랭크개미시스템(rank-based ant system, RAS)과 최대-최소개미시스템(Max-Min ant system, MMAS)의 Hybrid 최적화 적용 방법을 제시하고자한다.

3.1 해의 표현과 개미의 선택

해의 표현은 네트워크의 전체 셀의 수를 길이로 하는 1차원 행렬의 형태이고, 해를 구성하는 임무를 가진 개미는 이진 트리를 이동하면서 모든 셀에 1 또는 0의 값 즉, 리포팅셀과 리포팅셀이 아닌 셀을 결정한다.

개미는 리포팅셀 또는 리포팅셀이 아닌 셀을 선택하여 페로몬과 선호도로부터 계산된 식(2) 확률에 따라 셀 i 에 대하여 리포팅셀 또는 리포팅셀이 아닌가를 결정하게 된다. 페로몬은 지속적으로 업데이트하여 다음 세대의 개미들에게 가이드 역할을 하는 것으로 2차원 행렬의 형태로 구성하였다. 열의 수는 셀의 수와 동일하며, 행은 셀의 형태 즉, 리포팅셀과 리포팅셀이 아닌 셀의 경우를 나타낸다. 각 행렬 값 τ_{ik} 는 셀 i 가 k 의 형태가 되는 것이 적절함을 나타내는 수치(페로몬의 양)이고, k 는 리포팅셀이 아닐 경우는 0 리포팅셀일 경우는 1 값을 가진다. 초기 페로몬의 양은 식 (2)의 초기 확률계산을 위하여 본 논문에서는 0.01 초기치로 설정하였다.

각 셀 i 의 리포팅셀과 리포팅셀이 아닌 셀에 대한 선호도 η_{i1} 과 η_{i0} 로 나타내고 업데이트 비용과 페이징 비용이 되도록 적게 발생되도록 고려하였다. 즉, 리포팅셀은 트래픽 양이 많을수록 업데이트 비용이 증가하므로 트래픽 양이 적은 셀에 리포팅셀에 대한 선호도가 크도록 고려하였다. 또한 리포팅셀이 아닌 셀은 통화 요구량이 많을수록 페이징 비용이 증가하므로 통화 요구량이 적은 셀에 리포팅셀이 아닌 셀에 대한 선호도가 크도록 고려하였다.

전술한 페로몬과 선호도로부터 개미가 가능해 k 를 선택하여 셀 i 로 이동할 확률은 다음과 같이 표현할 수 있다. P_{i0} 는 셀 i 가 리포팅셀이 아닌 셀이 될 확률이고 P_{i1} 는 리포팅셀이 될 확률이다

$$P_{ik} = \frac{[\tau_{ik}]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta}{\sum_{j \in M} [\tau_{ij}]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta} \quad (2)$$

위의 식에서 M 은 개미가 선택할 수 있는 가능해의 집합을 의미한다. α 는 페로몬 가중치 β 는 선호도 가중치를 나타내며 본 논문에서는 실험을 통하여 선택된 값 0.9, 5를 각각 사용하였다. 식 (2)을 이용하여 개미는 선택 가능한 해를 확률적으로 선택함으로써 네트워크를 리포팅셀과 리포팅셀이 아닌 셀로 구성하게 된다.

3.2 페로몬 업데이트

페로몬 업데이트는 한 세대의 개미가 구성한 해로부터 페로몬 행렬을 수정하여 다음 세대의 개미에게 정보를 전달하는 것으로 본 연구에서는 다음의 네 단계로 수행한다. 단계1의 증발단계, 단계2의 로컬업데이트 단계, 단계4의 글로벌업데이트 단계는 일반적인 개미시스템에 적용된다. 단계3의 페로몬 추가는 랭크시스템을 위해 추가된 것이다. 단계5는 최대-최소 개미시스템 적용을 위한 페로몬 조정 단계이다.

단계 1 : 증발 (Evaporation)

증발은 기존 페로몬양의 일부를 감소시키는 것으로 과거의 페로몬을 통한 정보가 현재나 앞으로의 정보에 비하여 정확도가 상대적으로 떨어지기 때문에 과거 정보의 비율을 줄이는 역할을 한다. 이것은 또한 일부 특정 해에 대한 페로몬의 기하급수적인 증가를 방지하며, 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\tau_{ik}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ik}(t), 0 \leq \rho < 1 \quad (3)$$

$\tau_{ik}(t)$ 와 $\tau_{ik}(t+1)$ 는 t 시점과 t+1 시점에서 고객 i 를 채널 k 에 할당할 때의 페로몬의 양이다. ρ 는 증발률이고 본 논문에서는 0.5를 사용하였다.

단계 2 : 로컬 업데이트(Local update)를 위한 페로몬 추가

개미가 이동하는 모든 경로를 따라 이동을 완료하게 되면 개미가 구성한 가능해에 대해 식 (1)을 이용하여 평가값을 계산한다. 페로몬 증가는 이 평가값에 따라 페로몬 양을 업데이트 하는 것으로 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\tau_{ik}(t+1) = \tau_{ik}(t) + \Delta\tau_{ik}^j \quad (4)$$

$$\Delta\tau_{ik}^j = \begin{cases} \frac{Q}{L_j}, & \text{if } move(i,k) \in S_j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

S_j 는 j 번째 개미의 해(경로)의 집합이다. L_j 는 j 번째 개미의 평가값이다. Q 는 페로몬 업데이트 상수이고 본 논문에서는 실험을 통하여 선택된 1을 사용하였다. $move(i,k)$ 는 i 고객이 k 채널을 선택하여 이동함을 나타낸다. $\Delta\tau_{ik}^j$ 는 j 번째 개미가 고객 i 에 채널 k 를 할당했을 때 경로 (i, k) 에 뿌려주는 페로몬의 양을 나타낸다.

단계 3 : 랭크개미 시스템을 위한 페로몬 추가

로컬과 글로벌 페로몬 업데이트 과정을 통해 세대가 진행함에 따라 개미가 더욱 좋은 해를 구성하도록 도와주게 된다. 그러나 페로몬 업데이트 과정은 적합도 값을 고려하여 수행하므로 진화과정 동안에 최적해의 근사해에 도달하면 적합도 값의 차이가 작아지고, 이로 인해 페로몬의 차이 역시 미세해지므로 최적해의 탐색 능력이 떨어진다. 따라서 한 세대의 모든 가능해들에 대하여 적합도 값에 따라 순위를 부여하고 적절한 참여 개미수를 정하여 적합도 값이 우수한 가능해일수록 더 높은 가중치의 페로몬을 차별적으로 업데이트하는 랭크개미시스템(rank-based ant system, RAS)을 식 (5)과 같이 적용하였다. 이 전략은 Bullnheimer et al. (1999)가 제안한 것으로 한 세대에서 구해진 해중 일

정순위까지 랭킹을 정하고 각 해의 적합도 값의 순위에 따라 차등적인 가중치를 주는 것이다.

$$\tau_{ik}(t+1) = \tau_{ik}(t) + (w+1-r)/2 \times \Delta\tau_{ik}^r \quad (5)$$

$$\Delta\tau_{ik}^r = \begin{cases} \frac{Q}{L_r}, & \text{if } move(i,k) \in S_r \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

위의 식에서 r은 해의 순위, S_r 는 r 번째 순위인 개미의 해(경로)의 집합, L_r 는 r 번째 순위인 개미의 평가값, w는 랭킹전략에 포함시킬 해의 수를 나타내고 본 논문에서는 4 절 표 2에 나타나 있듯이 실험을 통하여 8을 사용하였다. $\Delta\tau_{ik}^r$ 는 r 순위인 개미가 고객 i 에 채널 k 를 할당했을 때 경로 (i, k)에 뿌려주는 페로몬의 양을 나타낸다.

단계 4 : 글로벌 업데이트(Global update)를 위한 페로몬 추가 (엘리트 전략)

엘리트 전략은 1세대에서 현재 세대까지의 각 세대의 가능해들 중에서 적합도값이 가장 우수한 가능해에 대하여 추가적인 페로몬을 업데이트 하는 것으로 수렴성을 강조하기 위하여 사용한다. 엘리트 전략은 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\tau_{ik}(t+1) = \tau_{ik}(t) + \sigma \times \Delta\tau_{ik}^* \quad (6)$$

$$\Delta\tau_{ik}^* = \begin{cases} \frac{Q}{L_{GlobalOptimal}}, & \text{if } move(i,k) \in S_{GlobalOptimal} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

위의 식에서, $S_{GlobalOptimal}$ 는 평가값이 가장 우수한 해 (경로의 집합), $L_{GlobalOptimal}$ 는 가장 우수한 해의 평가값, σ 는 엘리트 가중치를 나타내고 본 논문에서는 실험을 통하여 선택된 6을 사용하였다. $\Delta\tau_{ik}^*$ 는 평가값이 가장 좋은 개미가 고객 i 에 채널 k 를 할당했을 때 경로 (i, k)에 뿌려주는 페로몬의 양을 나타낸다. σ 는 단계 3에서 랭킹이 가장 높은 해의 가중치 보다 일반적으로 크게 적용한다.

단계 5 : 최대-최소 개미시스템 적용을 위한 페로몬 조정

위의 네 단계 업데이트 과정을 통하여 세대가 진행함에 따라 개미가 더욱 좋은 해를 구성하도록 도와주게 된다. 그러나 일정세대가 지나면 페로몬의 지나친 집중으로 인해 다양한 해를 탐색하지 못하고 해가 일정한 형태를 유지하며 급속도로 수렴하게 되는데 이를 막기 위해 Stutzle (1997)가 제안한 최대-최소 개미시스템(Max-Min ant system, MMAS) 전략, 즉 누적 페로몬양의 최소값과 최대값을 정하여 페로몬 양을 조절 관리하는 것이다 [10]. 본 논문에서는 최대 페로몬양 Max를 4절 그림 3에 나타나 있듯이 실험을 통하여 7로 정하고 최소 페로몬양 Min을 0.001로 하여 실험하였다.

페로몬 업데이트 후 페로몬 행렬에 존재하는 값 중 하한치인 Min 값보다 작거나 상한치인 Max 값보다 큰 페로몬을 Min 과 Max값으로 조정한다. 이는 다음 세대의 개미가 이동을 할 때 페로몬이 일정한 경로로만 집중되는 것을 막아서 해의 다양성을 고려하기 위한 것이다.

표 1 8X8 네트워크에서의 실험 데이터

Table 1 Data of 8X8 network problem

Cell	Wci	Wmi	Cell	Wci	Wmi
0	968	533	32	952	121
1	745	907	33	367	1410
2	821	515	34	132	1011
3	705	1965	35	439	1298
4	902	1336	36	134	1634
5	498	1318	37	153	1750
6	807	1292	38	612	1948
7	62	1789	39	216	662
8	339	541	40	878	700
9	212	1071	41	957	765
10	787	1759	42	363	756
11	664	1416	43	820	436
12	938	1413	44	362	672
13	719	1224	45	356	822
14	794	484	46	637	1912
15	543	1892	47	626	1402
16	184	626	48	345	524
17	787	104	49	135	1400
18	319	1408	50	175	393
19	25	1256	51	596	1272
20	934	1637	52	677	1197
21	414	1950	53	283	462
22	104	101	54	139	548
23	881	539	55	307	500
24	694	655	56	272	113
25	793	131	57	931	47
26	955	1227	58	38	1676
27	126	450	59	896	1017
28	268	470	60	164	1307
29	96	1081	61	78	499
30	285	1714	62	303	1451
31	368	308	63	578	1606

4. 실험 및 결과분석

본 절에서는 위치관리시스템에 적용한 최적설계방법인 일반적인 개미시스템, RAS, MMAS 및 RAS와 MMAS를 혼합한 최적화 방법의 효율성을 검증하기 위해서 Subrata와 Zomaya[11, 12]가 사용한 벤치마킹 문제에 적용하였다. 실험은 펜티엄4 2.0MHz, 256Mbytes RAM환경에서 JAVA로 구현하였으며, 대상이 되는 문제는 64개 셀의 네트워크 문제로 해의 경우의 수를 계산해 보면 각각의 셀이 리포팅셀 또는 리포팅셀이 아닌 셀 중에서 하나를 선택해야 하기 때문에 2^{64} 이 되는데, 셀의 숫자가 늘어날수록 경우의 수는 기하급수적으로 늘어난다. 본 논문에서는 64개 셀로 이루어져 있는 8X8 네트워크와 입력데이터를 표 1의 입력데이터를 사용해서 실험하였다.

본 절에서의 실험1은 일반적인 개미시스템(ant system, AS)이며 3.2절의 페로몬 업데이트에서 단계1인 증발, 단계2인 로컬업데이트, 단계4인 글로벌업데이트를 위한 엘리트 전략을 적용했다. 실험2는 일반적인 개미시스템 AS에 3.2절 단계5의 최대-최소 개미시스템 전략을 추가한 것이다. 실험3은 일반적인 개미시스템 AS에 3.2절의 단계3 랭크개미시스템을 위한 페로몬 전략을 추가한 것이다. 실험4는 실험2의 MMAS와 실험3의 RAS를 혼합 적용한 것이다.

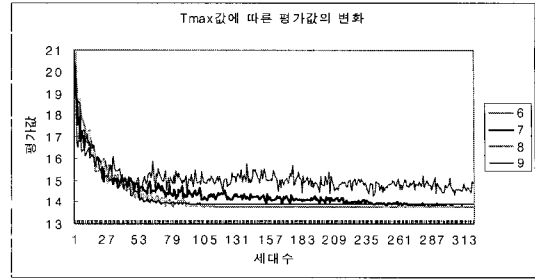


그림 2 MMAS의 최대값 MAX에 따른 평가값의 변화
Fig. 2 Trend of evaluation value using MMAS with different MAX

우선, 3.2절의 페로몬 업데이트 단계5, MMAS방법의 가장 중요한 파라미터인 페로몬 최대치 MAX를 적절히 선택하기 위하여 그림 2와 같이 MMAS의 페로몬 최대값 MAX에 따른 세대별 평가값의 변화를 나타내었다. MAX값을 6, 7, 8, 9의 다른 값을 적용하여, MAX값이 8일 때 평가값이 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었기 때문에 MAX값을 8로 결정하였다. 또한, RAS방법의 가장 중요한 파라미터인 랭킹전략에 포함시킬 해의 수를 결정짓는 참여개미수를 적절히 선택하기 위하여 표 2와 같이 참여 개미수에 따른 200회 실험 결과에 대한 평가값의 평균값, 최소값, 최대값, 편차를 비교 분석하였다. 50마리의 개미군 중에서 RAS전략에 참여하는 개미수가 0인 경우는 RAS전략을 적용하지 않은 일반적인 개미시스템의 경우이고 참여 개미의 수가 5, 8, 15로 변경하여 실험하였다. 참여 개미수는 200회의 실험 중에서 최소값 탐색 횟수가 가장 높은 것은 참여 개미수가 8일 때 이므로 RAS전략 적용 시 참여 개미수를 8로 결정하였다.

표 2 RAS에 참여하는 개미수에 따른 최소값(13.782) 탐색 횟수 비교

Table 2 Comparison of results using RAS with different number of ants

참여개미수	0	5	8	15
평균값	14.123	13.939	13.938	13.948
최소값	13.899	13.782	13.782	13.782
최대값	14.376	14.143	14.231	14.182
편차	0.0986	0.0832	0.0935	0.0989
최소값 탐색회수	0	5	8	6

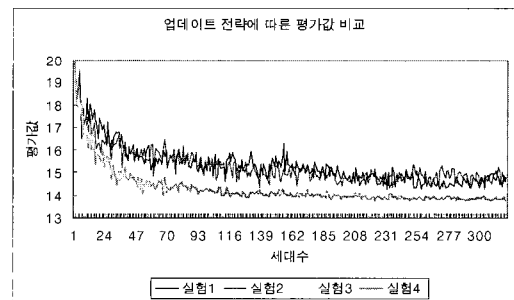


그림 3 8X8 네트워크 문제에 4가지 실험 결과들의 평가값 변화

Fig. 3 Trend of evaluation value in 8X8 network problem

5. 결 론

그림 3은 8X8 네트워크 문제에 네가지 실험의 결과들을 세대수가 증가함에 따라 적합도 값이 수렴하는 과정을 나타낸 것이다. 3.2절의 5단계를 모두 적용한 방법(실험4)이 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

표 3은 위 4가지 실험 방법을 각각 200회씩 시행했을 때 4가지 방법의 결과를 비교한 것이다. 평균값은 1회 수행할 때마다 얻은 최소값의 평균이며 최소값, 최대값과 편차를 나타내고 있다. 표 3에 나타난 것과 같이 최대-최소 개미시스템과 랭크 개미시스템이 혼합된 방법(실험4)이 상대적으로 좋은 결과를 나타냈으며 최소값 13.782를 200회 탐색 시도 결과 20회 찾을 수 있었다. RAS 방법(실험3)은 최소값 13.782를 200회 탐색 시도 결과 4회 찾을 수 있었다. 그림 4는 4가지 실험 결과 중에서 최소값 13.782를 탐색해낸 실험3과 실험4를 200회 탐색 시도 했을 때의 결과 모두를 나타낸 것이다.

표 3 8X8 네트워크의 대한 결과 비교
Table 3 Comparison of results for 8X8 network problem

방법	평균값	최소값	최대값	편차	해 찾기 회수	평균계산 시간(회당)
실험1	14.141	13.911	14.503	0.103	0	10.09(초)
실험2	14.203	13.943	14.496	0.109	0	11.54(초)
실험3	13.992	13.782	14.583	0.125	4(2%)	4.35(초)
실험4	13.877	13.782	14.077	0.071	20(10%)	4.96(초)

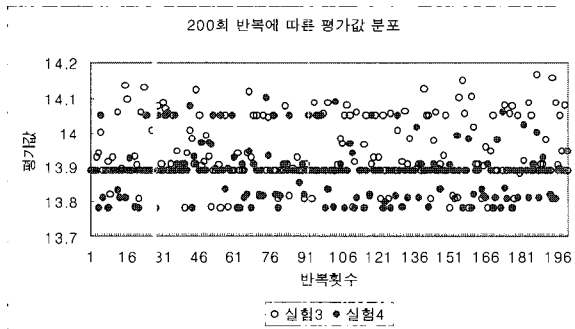


그림 4 8X8 네트워크의 대한 평가값 변화
Fig. 4 Evaluation value of 8X8 network problem

그림 5는 8X8 네트워크의 64개 셀 최적해 평가값 13.78과 최적설계 결과를 나타낸 것이다. 64개 셀 중에서 39개 셀이 리포팅셀(주로 표시된 셀)로 나머지 25개 셀이 리포팅셀이 아닌 셀(흰색으로 표시된 셀)로 선택하고 위치 시켜야 한다는 것을 나타내고 있다.

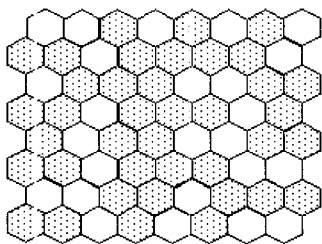


그림 5 8X8 네트워크의 구성 결과 (평가값: 13.78)
Fig. 5 Configuration of 8X8 network problem

본 논문에서는 무선통신 네트워크의 최소 서비스 단위인 셀을 대상으로 사용자의 위치등록 과정과 페이지징 과정을 효율적으로 수행하기 위한 효율적인 RCLM시스템을 설계하기 위한 방법을 제안하였다. RCLM 시스템 최적설계를 위해 본 논문에서는 일반적인 개미시스템, 랭크개미시스템, MMAS, 랭크개미시스템과 MMAS가 혼합된 방법을 설명하고 벤치마킹문제에 적용하여 실험결과를 비교 분석하였다. 위 4가지 최적화 방법 중에서 MMAS와 랭크개미시스템이 혼합된 방법이 상대적으로 좋은 결과를 얻을 수 있었는데, 최적해 탐색 시도 중 약 10%정도 최소값을 찾아낼 수 있었다. MMAS방법은 약 2%정도 최소값을 찾아낼 수 있었으며 일반적인 개미시스템과 랭크개미시스템은 상대적으로 효율이 떨어지는 것으로 분석되었다. 이러한 실험 결과를 통하여 볼 때, 리포팅셀 위치관리시스템 최적 설계를 할 때 MMAS 전략과 랭크개미시스템이 혼합된 방법은 최적해를 탐색함에 있어서 해의 정확성과 계산 속도면에서 상당히 효과적이고 경쟁력이 있는 것으로 분석되었다.

감사의 글

이 논문은 강원대학교 BK21사업 및 정보통신연구소 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Bar, N. A. and Kessler, I, "Tracking mobile users in wireless communications networks", IEEE Trans. Information Theory, vol. 39, pp. 1877-1886, 1993
- [2] Dorigo, M., Maniezzo, V. and Colomi, A, "Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics, vol. 26, No 1, Feb, pp. 29-41, 1996
- [3] Dorigo, M., Gambardella, L. M., "Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem", IEEE Trans. on Evolutionary Computation, vol. 1, pp. 53-66, 1997
- [4] Dorigo, M. and Stutzle T, "The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances", Metaheuristics Handbook, Glover and Kochenberger (Eds.), International Series in Operations Research and Management Science, Kluwer, 2001
- [5] Dorigo, M. and Stutzle T, The Ant Colony Optimization, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2004
- [6] Hac, A. and Zhou, S, "Locating strategies for personal communication networks: A novel tracking strategy", IEEE J. Selected Areas in Comm., vol. 15, pp. 1425-1436, 1997

[7] Li, J., Kameda, H. and Li, K, "Optimal dynamic mobility management for PCS networks", IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 8, no. 3, pp. 319-327, 2000

[8] Madhow, U., Honig, M.L. and Steiglitz, K, "Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking", IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 3, no. 6, pp. 698-707, 1995

[9] Sim, S. M. and Sun, W. H, "Ant colony optimization for routing and load-balancing: survey and new directions, Systems", Man and Cybernetics, Part A, IEEE Trans. on, Vol. 33, No. 5, pp. 560-572, 2003

[10] Stutzle. T. and Hoos, H, "MAX-MIN Ant System", Future Generation Computer Systems, 16 (8): pp. 889-914, 2000

[11] Subrata, R. and Zomaya, A. Y, "Evolving cellular automata for location management in mobile computing networks", IEEE Trans. Parallel And Distributed Systems, vol. 14, no. 1, pp. 13-26, 2003

[12] Subrata, R. and Zomaya, A. Y, "A comparison of three artificial life techniques for reporting cell planning in Mobile Computing", IEEE Trans. Parallel And Distributed Systems, vol. 14, no. 2, pp. 142-153, 2003

[13] Zomaya, A. Y., Haydock, M., and Olariu, "Some observations on using meta-heuristics for efficient location management in mobile computing networks", Journal of Parallel and Distributed Computing, 2002



안준식 (安準植)

강원대학교에서 전자통신공학 학사학위를 2007년에 받았으며, 현재 동대학원에서 석사과정 중에 있다. 관심 연구 분야는 마이크로프로세서, 자동화 시스템, 휴먼인터페이스이다.



김일환 (金一煥)

서울대학교에서 제어계측공학 학사, 석사 학위를 각각 1982년과 1988년에 받았으며, 1993년에 일본 토호쿠 대학에서 공학박사 학위를 받았다. 1995년 강원대학교 전기전자공학부 교수로 임용되어 현재 동 학부 교수로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 제어, 메카트로닉스 및 휴먼 인터페이스이다.

저 자 소 개



김성수 (金晟洙)

한양대학교에서 산업공학 학사 학위를 1986년 받았으며, 1993년에 미국 위스콘신 대학 석사, 1996년 미국 아리조나주립대 박사학위를 받았다. 1998년 강원대학교 산업공학과 교수로 임용되어 현재 동학과 부교수로 재직 중이다. 관심 연구 분야는 정보기술 및 통신시스템 최적설계, 유전자, 개미알고리즘 등 휴리스틱 최적기법 등이다.



김형준 (金亨駿)

강원대학교에서 산업공학 학사학위를 2005년에 받았으며, 현재 동대학원에서 석사과정 중에 있다. 관심 연구 분야는 알고리즘, 물류정보시스템, 위치정보관리 시스템이다.