

# 이동 통신 시스템에서 기지국 위치의 최적화 Base Station Location Optimization in Mobile Communication System

변건식 · 이성신 · 장은영 · 오정근

Kun-Sik Byon · Sung-Sin Lee · Eun-Young Jang · Jung-Gun Oh

## 요 약

이동 무선 통신 시스템을 설계할 때 기지국의 위치는 매우 중요한 파라미터 중 하나이다. 기지국 위치를 설계할 때 여러 가지 복잡한 변수들을 잘 조합하여 코스트가 최소가 되도록 설계해야 한다. 이러한 문제를 해결하는데 필요한 알고리즘이 조합 최적화 알고리즘이며, 지금까지 조합 최적화 기술로 Random Walk, Simulated Annealing, Tabu Search, Genetic Algorithm과 같은 전역 최적화 기술이 사용되어 왔다. 본 논문은 이동 통신 시스템의 기지국 위치 최적화에 위의 4가지 알고리즘들을 적용하여 각 알고리즘의 결과를 비교 분석하며 알고리즘에 의한 최적화 과정을 보여준다.

## Abstract

In the design of mobile wireless communication system, base station location is one of the most important parameters. Designing base station location, the cost must be minimized by combining various, complex parameters. We can solve this problem by combining optimization algorithm, such as Simulated Annealing, Tabu Search, Genetic Algorithm, Random Walk Algorithm that have been used extensively for global optimization. This paper shows the 4 kinds of algorithm to be applied to the optimization of base station location for communication system and then compares, analyzes the results and shows optimization process of algorithm.

Key words : Base Location Optimization, Network Optimization

## I. 서 론

새로운 이동 네트워크 설계에 있어서 기지국의 위치는 중요한 파라미터 중 하나이다. 서비스 지역에서의 전파 확률 특성과 기지국이 위치할 잠재적인 위치 목록은 장비의 코스트(=기지국 숫자)를 최소화하거나 서비스영역(=무선 커버리지)을 최대화하는 방향으로 셀을 설계하는데 사용된다. [7]에서는 여러 가지 조합 최적화 알고리즘(Random Walk (RW), Simulated Annealing(SA), Tabu Search(TS), Genetic Algorithm(GA))을 이용하여 기지국 최적화를 하였으나 실제의 경우, 서비스 영역의 트래픽이

나 도심지의 복잡도를 고려하여 기지국을 최적화하여야 한다. 트래픽이 많거나 도심의 복잡도가 큰 경우 기지국의 무선 커버리지가 작아지므로 기지국의 숫자를 늘려야 되고 트래픽이 작거나 도심의 복잡도가 작은 경우에는 무선 커버리지가 커지기 때문에 기지국의 숫자를 줄여도 된다. 기존의 알고리즘<sup>[7]</sup>을 사용하여 최적화를 하면 트래픽과 도심의 복잡도를 고려할 수 없는 최적화가 행해진다. 따라서 본 논문에서는 기존의 조합 최적화 알고리즘에 트래픽과 도심지의 복잡도를 고려하여 기존의 알고리즘에 가중치를 부여한 후, 기지국의 위치를 최적화하였으며, 여러 가지 파라미터 값과 최적화 정도, 최

「본 논문은 2002학년도 정보통신부 IT관련학과 장비지원사업의 동아대학교 대응자금을 의해 연구되었음.」

동아대학교 전자공학부(Division of Electronic Engineering, DongA University)

· 논문 번호 : 20030120-014

· 수정완료일자 : 2003년 3월 21일

적화 시간 등에 대하여 비교 분석하였다.

## II. 여러 가지 알고리즘의 실행

### 2-1 문제 표현과 파라미터

본 논문에서는 실제로 부산광역시 서구(3 km × 3 km) 주변 서비스 지역의 기지국 위치를 최적화하였다. 이 지역을 선택한 이유는 트레픽과 도시의 복잡도가 적절하게 분포되어 있어서 트레픽의 정도나 도시의 복잡도에 따른 기지국 위치 최적화의 성능을 잘 살펴볼 수 있기 때문이다. 최적화를 위해 이 지역을 50 × 50의 격자로 나누었으며, 한 격자의 간격은 60 m이다. 기지국의 초기 위치는 지형, 물리적 제약, 기지국 설치의 용이성 등을 고려하여 선정하여야 하며, 이러한 조건들을 고려하여 기지국 수를 50개로 임의 설정하였다. 본 논문에서는 무선 전파 모델로 이동통신 환경에 적용되는 로그-노멀 페이딩 모델을 사용하였으며, 기지국으로부터 거리  $d$ 의 전력 손실(dB)은 다음 식 (1)과 같다.

$$P_{loss} = A + B \log(d) + N \quad (1)$$

변수  $N$ 은 분산  $\sigma^2 = 10$ , 평균 0인 가우시안 랜덤 변수,  $A$ 는 표준지점까지의 전력손실,  $B$ 는  $B=10n$ 이며, 음영환경에서는 통상  $n=4$ 이므로 본 논문에서는  $A=50$ ,  $B=40$ 을 사용하였다. 2,500개의 모든 점에서, 각 기지국으로부터 손실전력  $P_{loss}$ 를 계산하고 차단 값  $P^* = 100$  dB와 비교하여 만약  $P_{loss} \geq P^*$ 이면 그 지역은 감쇠가 심해서 전파가 되지 않는다고 판단한다. 그리고 트레픽이나 도심지의 복잡도에 따라

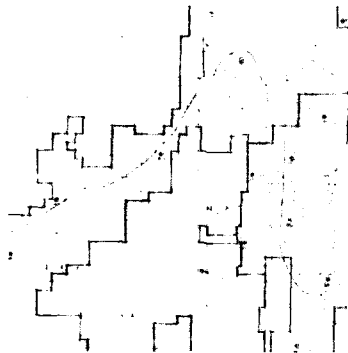


그림 1. 실제 지도와 트레픽에 의한 섹터화  
Fig. 1. Actual map and sectorization due to traffic.

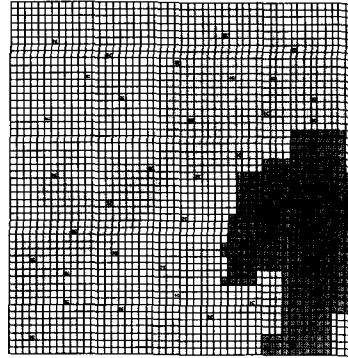


그림 2. 기지국 위치의 초기 설정  
Fig. 2. Actual map and sectorization due to traffic.

서, 트레픽과 도심지의 복잡도가 심한 지역, 적당한 지역 그리고 약한 지역으로 나누었다. 이는 그림 2에서 진한 회색과 회색 그리고 흰색으로 표시하였다. 트레픽은 그 서비스 지역의 인구와 통화 발생 확률을 곱한 것이고, 도심의 복잡도는 서비스 지역에서의 전파의 방해 정도(페이딩의 발생 정도)를 나타낸다. 기지국에서 수용 가능한 사용자의 수는 일정하기 때문에 트레픽이 높아질수록 기지국의 커버리지는 작아지고, 도심지의 복잡도가 증가할수록 페이딩이 커져서 전파의 감쇠가 커지기 때문에 커버리지가 줄어들게 된다. 그러므로 트레픽과 도심의 복잡도 거리에 대한 감쇠를 고려하여 트레픽이나 도심의 복잡도가 심한 지역은 커버리지 범위를 300 m, 적당한 지역은 600 m, 거의 없는 지역은 1.2 km로 정하였다. 이와 같이 50개의 모든 점에 대하여 계산하면 기지국 위치 설계에 따른 무선 커버리지를 구할 수 있게 된다. 그림 2와 같이 50개의 기지국을 선택하면 100%의 커버리지를 갖게 되지만 다른 기지국과의 오버랩이 많이 생기며, 따라서 기지국 수를 줄여야 할 필요가 있다. 즉 50개 이하의 기지국 숫자로 서비스 지역을 충분히 확보하여야 한다. 50개의 기지국을 2진 스트링으로 묘사할 수 있으며, 만약 그 위치에 기지국이 설치되었다면 그 비트에 1을 표시하고 설치가 되지 않았다면 0을 표시한다. 그리고 모든 알고리즘은 근방정의에 의해서 탐색을 진행하게 되며, 근방 정의란 하나의 점에서 다른 점으로 어떻게 탐색을 진행시킬지를 설명하는 것이다. 본 논문에서는 50개의 기지국을 나타내는 비트 중에서 비트를 랜덤하게 반전시키거나 몇 비

트를 교환함으로써 탐색을 진행시킨다.

## 2-2 코스트 함수

코스트함수는 성능을 평가하는 함수로서 위에서 가정한 작은 기지국의 숫자와 큰 커버리지 퍼센트를 만족하기 위해서 기지국의 숫자에 반비례하고 커버리지 퍼센트에는 비례하도록 정해야만 한다. 따라서 식 (2)와 같이 기지국의 숫자에는 반비례하고 커버리지 퍼센트에는 비례하는 코스트 함수를 정의하였고 코스트 함수가 작아지도록 설계한다<sup>[2]</sup>.

$$f = K \times \frac{N_{BTS}}{R^\beta} \quad (2)$$

$N_{BTS}$ 는 선택된 기지국의 숫자,  $R$ 은 선택된 기지국에 의해서 구해진 무선 커버리지 퍼센트,  $K$ 는 크기 조정 상수이며, 본 논문에서는 산출되는 코스트의 크기가 0~10 정도의 값을 가지게 하는  $K=10^8$ 을 사용하였고,  $\beta$ 는 기지국의 숫자를 최소로 하거나 무선 커버리지를 최대로 하는 무게 변수로서  $\beta$ 의 값이 클수록 무선 커버리지가 큰 것을 우선으로 최적화되며  $\beta$ 의 값이 작을수록 기지국의 숫자를 최소로 만드는 것을 우선으로 최적화하게 된다.

## 2-3 알고리즘의 설명 및 특징

### 2-3-1 Random Walk

이 알고리즘은 지역 탐색 알고리즘 중에서 가장 간단한 알고리즘이다<sup>[6]</sup>. 각 반복마다 만들어진 근방은, 현재 시점에서 코스트 함수가 작거나 같으면 조건 없이 받아들이고, 그렇지 않고 더 높은 코스트 값을 가지게 되면  $p$ 의 확률로 조건적으로 받아들인다. 이  $p$ 의 확률이 국소 최적을 탈출하는데 도움을 주며, 알고리즘의 범위는 순수한 greedy탐색( $p=0$ )에서부터 Random탐색( $p=1$ )까지 가능하게 된다.  $p$ 의 값에 따라서 알고리즘의 성능이 많이 달라지며,  $p$ 가 너무 크면 알고리즘의 성능이 떨어지고  $p$ 가 너무 작으면 국소 최적에 빠질 위험이 있다.

### 2-3-2 Simulated Annealing

물체를 가열하였다가 냉각시키는 과정을 알고리즘에 응용한 것으로 온도를 냉각시키면서 알고리즘을 진행할 때 만약에 한 점이 현재의 코스트보다 낮

은 코스트를 가지면 낮은 코스트가 현재 코스트가 되며, 한 점이 현재의 코스트보다 높더라도 Metropolis 기준을 사용하여 확률적으로 그 점을 받아들인다. 여기서 이 허용 확률은 온도  $T$ 에 비례하고 이 온도  $T$ 는 알고리즘이 진행됨에 따라서 점차 감소된다. 여기서 Metropolis 기준은 식 (3)과 같다<sup>[7]</sup>.

$$P_{x \rightarrow x'} = \min\left(1, \exp\left[-\frac{f(x') - f(x)}{T}\right]\right) \quad (3)$$

기타 중요한 변수에는 초기온도  $T$ 와 쿨링율  $a_c$ 가 있다. 초기 온도가 높으면 거의 모든 지역을 탐색하게 되고, uphill 확률을 높일 수 있다. 그리고 쿨링율은 알고리즘의 수렴 속도를 결정하며, 쿨링율이 높으면 알고리즘은 느리게 차가워지며 쿨링율이 낮으면 매우 빠르게 차가워진다<sup>[5]</sup>.

### 2-3-3 Tabu Search

Tabu Search는 메모리의 개념을 알고리즘에 도입시킨 것으로 타부 목록에 이전의 값을 일정기간 저장하고 값을 비교하면서 최적화시키는 알고리즘이다<sup>[6]</sup>. 현재의 해에서 근방탐색에 의해서 타부 목록을 만들며, 그 목록 중 최적해를 구하고 다시 목록을 만들어서 탐색을 진행한다. 이 방법은 현재의 해 값에서 모든 근방을 탐색할 필요가 없다는 점에서 효율적이다. 중요한 변수로는 타부목록크기  $V$ 와 보유기간이다.  $V$ 는 각 탐색마다 얼마나 많은 후보들을 고려할 것인가를 결정하고 보유기간은 목록에 얼마나 오래 동안 보관할지를 나타내는 변수이다.

### 2-3-4 Genetic Algorithm

유전자 알고리즘은 매개변수의 최적화 문제를 자연의 진화원리에 배경을 둔 알고리즘으로서 변수의 표현을 유전자 형태로 바꾼 다음 교차나 돌연변이에 의해서 알고리즘을 진행하는 알고리즘이다<sup>[11][3]</sup>. 선택도에 비례하도록 부모  $P$ 를 구한 다음  $P_c$ 의 확률로 교차를 시키고 마지막으로 돌연변이 확률  $P_m$ 으로 돌연변이 시켜서 다음 세대를 구성한다. 중요한 변수는 집단의 크기  $P$ , 얼마나 많은 부모를 교차에 사용할 것인지를 결정하는 교차 확률  $P_c$  그리고 다음 세대에서 부모의 형질과는 전혀 다른 형질을 추가해서 유전자의 진화를 피하는 돌연변이 확률  $P_m$ 이 있다.

### Ⅲ. 시뮬레이션 및 결과

초기 기지국 위치 50개 중 랜덤하게 25개의 기지국을 선택하여 시뮬레이션을 시작하였으며 각 알고리즘 당 코스트 평가 횟수는 동일하게 설정하였다. 그리고 모든 알고리즘은 동일한 코스트에서 출발하여 공정성을 더욱 더 높이도록 하였다. 변수의 효과를 분석 비교하기 위해서 각 알고리즘은 다른 설정으로 각각 10,000번의 코스트 평가와 이것의 10번의 반복으로 최적의 파라미터를 찾도록 하였다.

#### 3-1 $\beta$ 의 크기에 따른 커버리지 퍼센트의 비교

트레픽이나 도시의 복잡도에 따른 커버리지의 제한때문에 트레픽이나 도시의 복잡도가 높은 지역의 기지국은 알고리즘이 진행되면서 도태될 확률이 높다. 왜냐하면 알고리즘은 작은 기지국 숫자로서 많은 지역을 커버하는 것이 목적이기 때문이다. 그러나 트레픽이 높은 지역에서 통화가 되지 않을 경우 소비자의 불만이 가장 많이 생긴다. 따라서 트레픽이 많은 지역에서 기지국의 커버리지 면적은 좁기 때문에, 이 지역에서는 가중치를 주었다. 가중치를 준 뒤 최적화시킨 결과, 가중치를 사용하지 않고  $\beta$ 를 5로 놓았을 때 커버리지 퍼센트는 94%였고,  $\beta=4.5$ 로 놓고 가중치를 사용하여 최적화시킨 결과 커버리지 퍼센트는 93%로 줄어들었다. 그러나 가중치를 주지 않았을 경우는 커버되지 않는 지역이 흰색 5지역, 회색 22지역, 진한 회색 117지역이지만 가중치를 주었을 때는 흰색 64지역, 회색 92지역, 진한 회색 19지역으로 변화하였다. 따라서 가중치를 주었을 때는, 트레픽이나 도시의 복잡도가 복잡한 지역에서의 커버리지를 우선으로 하여 최적화된다. 가중치를 주는 것으로 원하는 지역의 커버리지를 우선으로 최적화 할 수 있고  $\beta$ 를 조절함으로써 기지국 숫자와 무선 커버리지 퍼센트의 우선순위를 조절할 수 있다.  $\beta$  값을 크게 하면 커버리지를 넓히는 것이 우선으로 최적화되고,  $\beta$  값을 작게 하면 기지국 숫자를 작게 하는 것을 우선적으로 최적화된다.

#### 3-2 Random Walk에서 p에 따른 Cost 값의 변화

그림 3은 확률 p에 따른 cost의 최대, 평균, 최소값

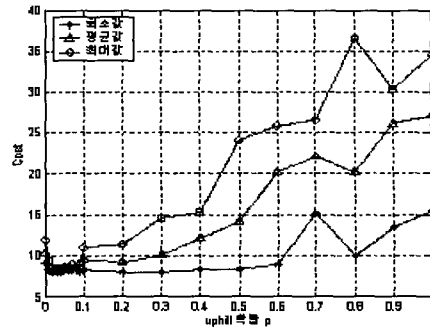


그림 3. uphill 확률 p에 따른 Randomwalk 알고리즘의 성능

Fig. 3. Performance of Randomwalk algorithm for uphill probability p.

을 보이며 0.03에서 최적의 코스트 값을 나타낸다. 그리고 p가 커지면 순수한 Random 함수와 비슷하게 되며, 최적의 코스트 값과는 멀어지는 것을 알 수 있다. 그리고 p가 0일 때도 순수 greedy탐색과 비슷하며 이때도 최적의 코스트 값과는 멀어짐을 알 수 있다.

#### 3-3 Simulated Annealing에서의 $\alpha_c$ 에 따른 코스트값의 변화

그림 4는  $\alpha_c$ 에 따른 코스트의 최대, 평균, 최소값으로  $\alpha_c$ 가 0.5에서 최적의 코스트 값이 나타남을 알 수 있다. 그림 4에서 알 수 있듯이  $\alpha_c$ 가 너무 크면 알고리즘의 속도가 너무 빠르기 때문에 코스트 값이 커지고,  $\alpha_c$ 가 너무 작으면 속도가 느리기 때문에 코스트 값이 커지는 것을 알 수 있다.

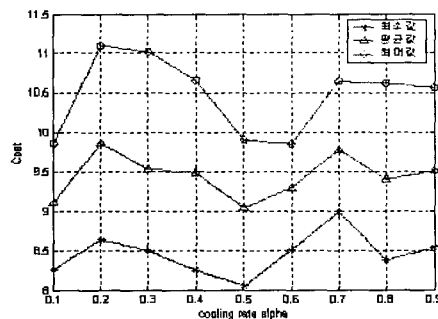


그림 4. Cooling rate  $\alpha_c$ 에 따른 Simulated Annealing 알고리즘의 성능

Fig. 4. Performance of Simulated Annealing algorithm for cooling rate  $\alpha_c$ .

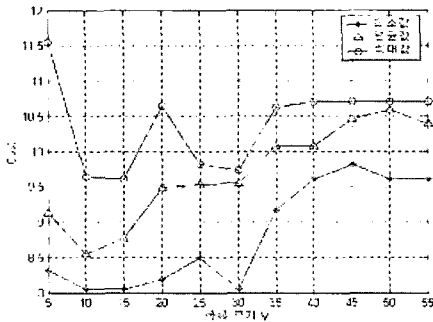


그림 5. 타부목록 V에 따른 Tabu Search 알고리즘의 성능  
 Fig. 5. Performance of Tabu Search algorithm for Tabu table V.

3-4 Tabu Search 에서의 V의 크기에 따른 코스트 값의 변화

그림 5는 타부목록 V에 따른 코스트 값의 변화로 V가 10일 때 코스트값이 최적임을 알 수 있다. 위의 그래프에서 알 수 있듯이 V의 값이 너무 크면 한번에 너무 많은 목록을 검사하게 되어 최적화 속도가 느려지고, 또한 V의 값이 너무 작아도 너무 작은 목록을 검사하게 되어 탐색 범위가 작아져 코스트 값이 커진다.

3-5 유전자 알고리즘에서 집단 P의 크기와 cost 값의 변화

그림 6은 집단의 크기 P에 따른 코스트 값을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 P의 크기가 10일 때 최적임을 알 수 있으며 P의 값이 너무 작거나 커질수록 코스트 값이 커지는 것을 알 수 있다.

3-6 알고리즘의 최적화 과정

그림 7은 처음 선택된 25개의 랜덤한 기지국 위치와 커버리지를 보여준다. x로 표시된 부분이 기지국의 실제 위치이고 기지국에 의해서 커버가 되는 지역은 1로 표시하고 그렇지 않은 지역은 0으로 표시하였다. 그림 8에서 알 수 있듯이 25개의 기지국으로 95.72 %를 커버할 수 있다. 그러나 하나 이상의 기지국에 의해 오버랩되는 지역이 많고 트래픽이 많은 지역인 진한 회색 지역에도 서비스가 되지 않는 지역이 많은 것을 확인할 수 있다. 이는 25

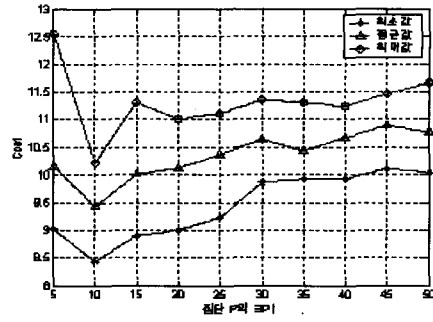


그림 6. 집단 P의 크기에 따른 유전자 알고리즘의 성능  
 Fig. 6. Performance of Genetic Algorithm for population P.

개보다 더 적은 기지국을 가지기도 이와 비슷한 서비스 면적을 얻을 수 있고, 트래픽이 많은 지역을 우선으로 하여 더 적절하게 최적화시킬 수 있음을 알 수 있다. 그림 7의 코스트를 구해 보면 다음과 같다.

$$\text{Coverage percent} = 2393/2500 = 95.72 \%$$

$$\text{Cost} = 10^8 \times \frac{19.4}{95.72^{4.5}} = 23.62$$

알고리즘을 진행시켜 최적화를 수행하면 그림 8와 같이 최적화된다.

최적화 후 코스트를 구해 보면, 다음과 같다.

$$\text{Coverage percent} = 2325/2500 \times 100 = 93 \%$$

$$\text{Cost} = 10^8 \times \frac{5.8}{93^{4.5}} = 8.0399 \text{ 이다.}$$



그림 7. 최적화 이전의 커버리지와 기지국의 위치  
 Fig. 7. Radio coverage and base stations location before optimization.

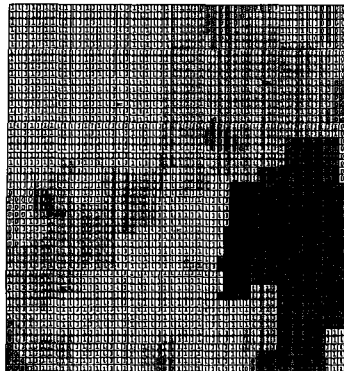


그림 8. 최적화 이후의 커버리지와 기지국의 위치  
Fig. 8. Radio coverage and base stations location after optimization.

결론적으로 트래픽이 많은 지역이나 도심의 복잡도가 높은 지역(진한 회색지역)을 우선으로 최적화하였다. 결과적으로 기지국 숫자는 25개에서 13개로 줄일 수 있으며, 커버리지 퍼센트는 95.72 %에서 93 %로 줄어들었고, Cost는 23.62에서 8.0399로 줄어들었음을 알 수 있다.

### 3-7 알고리즘의 속도 비교

그림 9는 여러 가지 알고리즘의 속도를 비교한 그림으로 RW(p=0.03), TS, GA는 최적값인 8.0399의 값으로 수렴하였으나 RW(p=0)와 SA는 각각 9.2373, 9.0357의 값으로 수렴하였다. 따라서 RW(p=0)와 SA는 수렴된 값이 최적값과 많은 차이가 있으므로 제외하면 TS의 최적화 시간이 제일 빠르고 두 번째는 RW(p=0.03), 세 번째는 GA이었다. 결론적으로 최적값까지 수렴한 알고리즘 중 최적화 시간은 TS가 제일 우수하다.

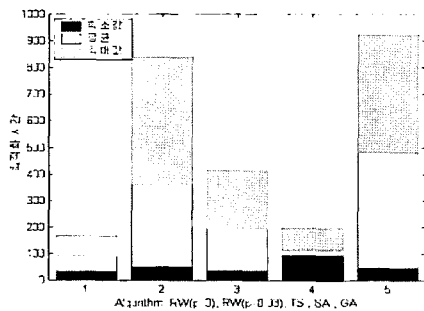


그림 9. 탐색 알고리즘의 속도 비교  
Fig. 9. Velocity comparison of Search algorithms.

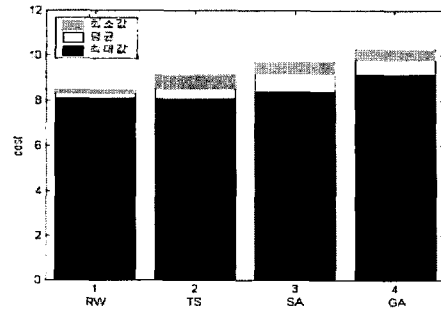


그림 10. 탐색 알고리즘 코스트  
Fig. 10. Costs of search algorithms.

### 3-8 각 알고리즘의 실행 결과 비교

그림 10은 알고리즘의 결과를 히스토그램으로 나타낸 것이다. 그림 10에서 알 수 있듯이 TS와 RW(p=0.03)가 최적 코스트 값에 제일 잘 수렴하는 것을 알 수 있으며, SA와 GA는 최적해까지는 접근하지 못했다. 그렇지만 GA는 최적값 근처까지는 빨리 접근함을 알 수 있었다. [7]에서는 TS가 제일 성능이 우수하였지만 트래픽과 도심의 복잡도를 고려한 본 논문에서는 TS와 RW(p=0.03)의 성능이 제일 우수함을 확인할 수 있다. 일반적으로 TS와 RW는 대상 면적이 작아 연산량이 적은 경우에는 수렴속도가 빠르고 최적화가 잘 되지만, 연산량이 많아질수록 수렴 속도가 느리고 잘 수렴하지 못한다. 그리고 GA는 연산량이 적은 경우 잘 수렴하지 못하지만 연산량이 많은 경우에는 최적값 근처까지는 잘 수렴하는 것으로 알려져 있다<sup>[1]</sup>.

## IV. 결 론

이동무선 시스템을 설계할 때 트래픽과 도심의 복잡도와 기지국의 위치는 중요한 파라미터 중 하나이다. 기지국 위치를 설계할 때 코스트가 최소가 되도록 설계해야 하며, 트래픽이나 도심의 복잡도를 고려하여 최적화 하여야 한다. 설계 알고리즘으로 RW, SA, TS, GA를 사용하였다. 시뮬레이션 결과, TS와 RW(p=0.03)가 최적 코스트에 제일 먼저 수렴함을 알 수 있으며, SA와 GA는 최적해까지는 접근하지 못하였지만 최적값 근처에 가장 빨리 수렴함을 확인할 수 있었다. 따라서 향후 더 넓은 범위의 지역을 최적화할 때에는 연산량이 증가하게 되므로

유전자알고리즘을 이용하여 해 근방까지 탐색한 후, 해 근처에서는 TS로 최적화하는 하이브리드 유전자 알고리즘에 대해 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 조성배, GA의 기초, 공학응용 및 인공생명 유전자 알고리즘, 1966년.  
 [2] Theodore S. Rappaport, *Wireless Communications*, Prentice Hall, 1996.  
 [3] P. Calegari, "Genetic approach to radio network optimization for mobile systems", *IEEE 47th Vehicular Technology Conference*, vol. 2, pp. 755-9, 1997.  
 [4] E. Aarts, J. K. Lenstra, *Local search in Combinatorial Optimization*, Wiley, 1997.

[5] H. R. Anderson, J. P. McGeehan, "Optimizing Microcell Base Station Locations Using Simulated Annealing Techniques", *IEEE 44th Vehicular Technology Conference*, vol. 2, pp. 858-862, 1994.  
 [6] B. Krishnamachari, S. B. Wicker, "Global search techniques for problems in mobile communications, Telecommunications Optimization: Adaptive and Heuristic Methods", ed D. Corne et al., John Wiley and Sons, 1999.  
 [7] B. Krishnamachari, *Global Optimization in the Design of Mobile Communication Systems*, Master's Thesis Electrical Engineering, Cornell University, 1999.

변 건 식



1972년 2월: 한국항공대학교 항공 전자공학과 (공학사)  
 1980년 2월: 동아대 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1987년 2월: 영남대 대학원 전자공학과 (공학박사)  
 1989년 9월~1990년 8월: 국립요코하마대학교 전자정보공학과 객원교수  
 1980년 2년~현재: 동아대학교 전자공학과 교수  
 [주 관심분야] 무선통신, CDMA, 통신시스템

장 은 영



1998년 2월: 동아대학교 전자공학과 (공학사)  
 2000년 2월: 동아대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1999년 3월~현재: 동아대학교 정보기술연구소 특별연구원  
 2002년 3월~현재: 동아대학교 전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] CDMA, MIMO, 모바일 프로그래밍

이 성 신



1991년 2월: 동의대학교 전자공학과 (공학사)  
 1993년 2월: 동아대 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1993년 9월~2002년 1월: 대양전기공업(주) 부설 기술연구소 책임연구원  
 2002년 3월~현재: 동아대학교 전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] OFDM, CDMA, 통신시스템

오 정 근



2002년 2월 : 동아대학교 전자공학과 (공학사)  
 2002년 3월~현재: 동아대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 이동 통신 최적화, CDMA, 스마트 안테나