

論文2000-37TE-2-9

Hopfield 신경망을 이용한 트래픽 제어 알고리즘

(Traffic Control Algorithm Using the Hopfield Neural Networks)

李廷日*, 金松旻**

(Jung-Il Lee and Song-Min Kim)

요 약

동적채널할당 방식은 채널 이용 효율을 극대화시킬 수 있다는 장점은 있으나 채널을 최종적으로 가입자에게 할당 해주기 위해서는 여러 단계의 연산 과정을 수행해야 한다. 이로 인해 시스템 제어가 복잡해지고, 채널할당 시까지 필요로 하는 시간이 길어 전체 시스템 성능에 영향을 미치는 단점을 갖는다.

본 논문에서는 동적채널할당 방식을 적용하고자 할 때 가장 문제가 되는 채널할당 시까지 필요로 하는 제어 단계를 단순화시킬 수 있는 트래픽 제어 알고리즘을 제안한다.

Abstract

The Dynamic Channel Assignment have a detect which satisfy lots of conditions. It makes system efficiency depreciate because the Dynamic Channel Assignment executes computation process of several steps that demands lots of time.

In this paper, we have proposed a traffic control algorithm which makes simple computation process for improving the detect.

key words : Dynamic Channel Assignment, Hopfield neural network

I. 서 론

이동 통신 가입자 수의 비약적인 증가에도 불구하고 사용할 수 있는 주파수 범위는 제한적이어서 이동 통신 가입자의 서비스 요구에 충분히 대응하지 못하고 있다. 특히 셀설계 시 고려하지 못했던 요인의 발생으로 즉, 기지국내 환경 변화로 인해 특정 시간 때 유동 인구의 집중현상 등으로 발생하는 호집중 현상은 통화 차단율을 증가시켜 서비스 품질을 저하시키는 원인으로

로 대두되고 있다.

이를 개선하고자 셀 반경이 충분히 작은 마이크로 셀 또는 피코 셀 방식을 도입하므로 채널 이용률을 개선하여 가입자 서비스의 정도를 높이고 있다.

그러나 도로 막힘이 심한 출퇴근 시간이나 특정 시간 때 대형 할인 매장을 이용하기 위해 집중하는 유동 인구에 대한 서비스를 위해 새로운 기지국을 건설한다는 것은 시설투자에 소요되는 핵심 부품의 30%~100%가 수입에 의존하고 있는 우리나라로서는 불필요한 시설 투자비용과 운영비를 낭비하는 결과를 초래하게 된다.

이에 각 기지국에 발생하는 호량의 집중 정도에 따라 유동적으로 채널을 할당^{[1][2]} 해 줄 수 있는 Hopfield 신경망^{[3]~[6]}을 이용한 동적채널 할당방식의 새로운 알고리즘을 제안함으로써 제한된 주파수 자원과

* 正會員, 松源大學 電氣科

(Dept. of Electronics Song Won College)

** 正會員, 益山大學 電子科

(Dept. of Electronics Iksan College)

接受日字:2000年1月27日, 수정완료일:2000年5月30日

기지국의 효율적 운용이 가능해 기타 시설투자비와 유지보수 운영비를 줄일 수 있어 예산을 절감 할 수 있을 것으로 믿는다.

본 논문에서는 발생 호에 따라 순차적으로 채널을 할당함으로써 특정 기지국에 만 채널할당이 집중 되어 전체 통화차단율이 증가하는 현상을 줄이고자 채널을 할당하기에 앞서 일정 시간 동안 각 기지국에서 발생한 호량에 대한 밀집정보를 수집하게 하였고, 수집된 발생 호량에 근거하여 각 기지국에서 이용 할 수 있는 채널 수를 제안하여 평균 통화차단율을 개선함은 물론 각 기지국별 할당 가능한 채널 수가 제한되어 있으므로 신속하게 채널을 할당해 줄 수 있는 Hopfield 신경망을 이용한 동적채널 할당 방식의 새로운 알고리즘을 제안하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 그 개선 정도를 확인한다.

II. Hopfield 신경망을 이용한 트래픽 제어 알고리즘 제안

1. 기지국 모델

동적 채널 할당을 위한 마이크로 셀 방식의 기지국을 그림 1과 같이 비교적 트래픽 밀도가 높은 도심지역 거리의 일정 코너마다 수 개의 기지국을 설치하여 광역 서비스권을 형성하였다.

그림 1에서 중심 기지국 B_0 을 기준으로 할 때 인접 기지국은 $B_1 \sim B_4$ 이고, 동일채널 간섭 기지국은 $B_1 \sim B_{12}$ 이다.

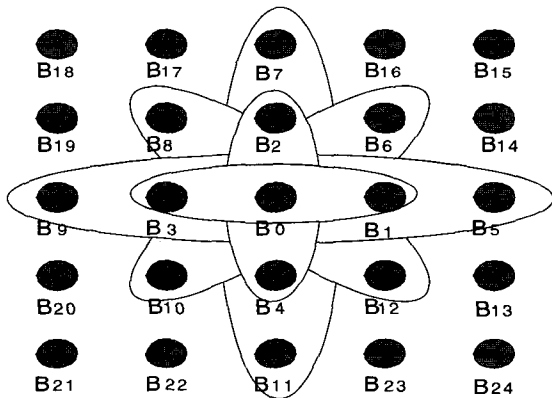


그림 1. 마이크로 셀 기지국 배치도
Fig. 1. Arrangement diagram of microcell base station.

2. 트래픽 모델

본 논문에서 가정한 발생 호는 도로를 따라 보행하는 사용자를 대상으로 하였으며, 중심 기지국으로부터 각 인접한 기지국에서 발생한 호는 발생한 지역에 따라 중복 지역과 비중복 지역의 호량으로 구별할 수 있다.

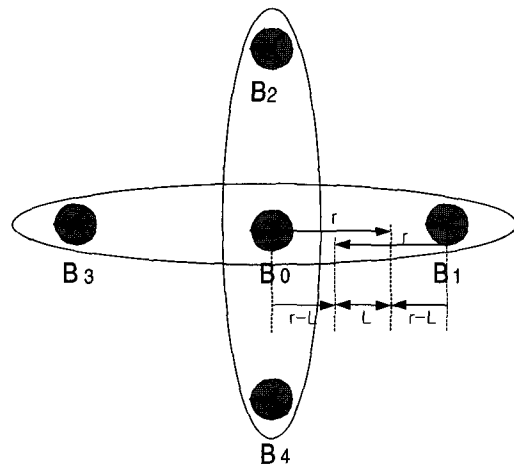


그림 2. 트래픽 분산을 위한 기지국 모델
Fig. 2. Base station model for traffic distribution
여기서, B_0 : 중심 기지국, B_i : 인접 기지국($i=1,2,3,4$)
 L : 서비스 중복 지역 직선거리, r : 서비스 반경

그림 2에서 중심 기지국 B_0 는 백화점, 금융기관 등 대부분 상가들이 많이 분포된 지역에 위치해 있으며 이로 인해 유동인구의 변화가 심하며 통신의 형태 또한 유선전화보다는 이동전화를 많이 사용한다. 이에 비해 중심기지국 B_0 와 인접기지국 $B_i(i=1,2,3,4)$ 에서는 사무실이 밀집한 상가 지역과 주거 지역이 혼합된 지역에 있으므로 이동전화 보다는 유선전화를 많이 사용한다.

그러므로 중심 기지국 B_0 를 중심으로 인접한 기지국 $B_i(i=1,2,3,4)$ 에서는 정상 호를 유지하는데 비해 중심 기지국 B_0 에서는 기지국에 할당된 채널 수 보다 훨씬 많은 호 요구가 발생하는 경우이다.

서비스 지원이 가능한 I지역에 위치한 이동국은 인접한 두 기지국으로부터 채널 할당을 위한 이동 가입자의 밀집정보를 수신하고, 수신된 기지국 정보에 따라 특정 기지국에 트래픽이 집중되지 않도록 식 (1), 식 (2)에 의해 제어된다.

B_0 기지국이 처리해야 할 호 A_0^T 와 인접 기지국이 처리해야 할 호 $A_i^T(i=1, 2, 3, 4)$ 는 각각 식 (1), 식 (2)와 같다.

$$A_0^T = \left[\frac{A_0 \int_0^{r-L} \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (r-L)^2 \theta \, d\theta dr}{\int_0^r \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 \theta \, d\theta dr} + \frac{(1-P)A_L \int_{r-L}^r \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} L^2 \theta \, d\theta dr}{\int_0^r \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 \theta \, d\theta dr} \right] \quad (1)$$

$$A_i^T = \left[\frac{A_i \int_0^{r-L} \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (r-L)^2 \theta \, d\theta dr}{\int_0^r \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 \theta \, d\theta dr} + \frac{PA_L \int_{r-L}^r \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} L^2 \theta \, d\theta dr}{\int_0^r \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 \theta \, d\theta dr} \right] \quad (2)$$

여기서,

A_0 : 서비스 최대반경 r 내 중심기지국 B_0 의 동시발생 총 호수

A_i : 서비스 최대반경 r 내 인접기지국의 동시발생 총 호수

A_L : 서비스 최대반경 r 내 인접기지국과 중심기지국의 중복지역 L 에서 발생하는 동시 발생 총 호수

P : 중심 기지국 B_0 를 중심으로 한 인접기지국과의 중복지역에서 발생한 총 호 AL 중에서 K 개의 호가 4개의 인접기지국을 선택할 확률

3. 제안 알고리즘

그림 3은 본 논문에서 제안한 Hopfield 신경망을 이용한 동적 트래픽 제어 알고리즘으로서, 각 기지국별 발생한 트래픽을 분석하여 집중 호가 발생한 특정 기지국의 호를 우선적으로 분산시키는 전처리 과정과 Hopfield 신경망을 통해 최적 채널을 할당해 주는 후처리 과정을 수행하게 된다.

어느 지역에서 호가 발생하게되면 해당 기지국은 $(r-L)$ 지역과 L 지역에서 발생한 호에 관한 밀집정보를 수신하게 된다.

수신된 호 밀집정보 중 L 지역에서 발생한 호에 대한 정보와 사용 가능한 최대 허용 채널 수와 비교하게되고 이 결과 값은 L 지역에서 발생한 호가 선택할 기지국의 판단 정보로 이용되며, 식 (1)과 식(2)에 의해 선택 기지국이 결정된다.

이러한 과정을 통해 분산된 호량은 Hopfield 신경망

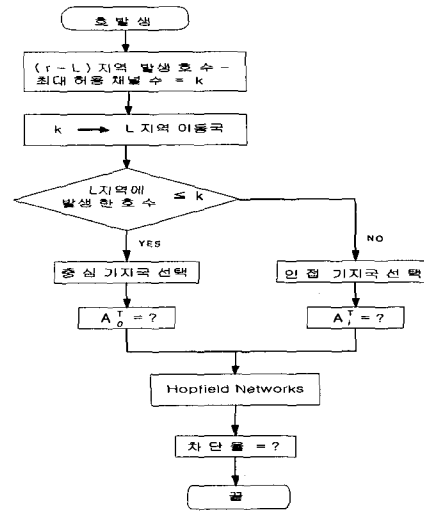


그림 3. 제안 알고리즘

Fig. 3. Proposed algorithm.

을 통해 동적으로 채널을 할당하게 된다. Hopfield 신경망 모델의 에너지 함수는 식 (3)과 같다.

$$E = \frac{A}{2} \sum_x \sum_i f \left(\sum_{j=1}^4 v_{xi} (v_{x-1,j} + v_{x+1,j}) \right) + \frac{B}{2} \sum_x \sum_i g \left(\sum_j v_{xi} v_{xj} \right) + \frac{C}{2} \sum_x \sum_i h \left(\sum_y v_{xi} v_{xy} \right) + \frac{D}{2} \sum_i \left(\sum_x v_{xi} - traf(i) \right)^2 \quad (3)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } i-1 \leq i \leq i+1, \\ & j-1 \leq j \leq j+1 \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases}$$

$$g(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } (x, y) \in 1 \text{ complete} \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases}$$

$$h(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } 5 \geq |x-y| \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases}$$

$$traf(i) = A_0^T \text{ or } A_i^T$$

식 (3)의 A항은 인접 기지국 간섭조건을 나타낸 것으로 인접한 두 기지국 사이에는 동일한 채널을 동시에 사용할 수 없으며, 이 조건을 만족하게 되면 A항의 값은 0이 되어 활성화되고, 만약 두 기지국 사이가 인접해 있으면 지시함수 $f(x)$ 에 의해 A항의 값은 1이 되어 비활성화 된다.

B항은 동일 채널 간섭조건을 나타낸 것으로 채널을 할당하고자 하는 임의의 기지국 중심을 기준으로 다른 기지국 중심까지 거리가 2 만큼 떨어진 기지국들에는 동일 채널을 할당할 수 없으며, 이 조건을 만족하게 되

면 B항의 값은 0이 되어 활성화되고, 만약 기지국 중심 간 거리가 2 이내이면 지시함수 $g(x)$ 에 의해 B항의 값은 1이 되어 비활성화 된다.

C항은 동일 기지국 간섭조건을 나타낸 것으로 동일 기지국내에서 할당되는 채널 번호 사이에는 일정거리 만큼 떨어져 있어야 하며, 이 조건을 만족하게 되면 C항의 값은 0이 되어 활성화되고, 만약 할당된 채널 번호가 5 이내이면 지시함수 $h(x)$ 에 의해 C항의 값은 1이 되어 비활성화 된다.

D항은 본 논문에서 제안한 트래픽 모델 식 (1)과 식 (2)에 의해 구해진 각 기지국별 분담 호량(traf(i))을 입력받아 한 기지국에서 사용할 수 있는 최대 허용 채널 수 범위 내에서 채널을 할당해 준다.

연결행렬 $T_{xi,yj}$ 와 바이어스 외부입력 I_{xi} 를 구하기 위한 이차원 연산요소는 식 (4)와 같다.

$$E = -\frac{1}{2} \sum_x \sum_y \sum_i \sum_j T_{xi,yj} v_{xi} v_{yj} - \sum_x \sum_i I_{xi} v_{xi} \quad (4)$$

식 (4)에서 연결행렬 $T_{xi,yj}$ 와 바이어스 외부입력 I_{xi} 는 식 (5), 식 (6)과 같다.

$$T_{xi,yj} = A(\delta_{x,y+1} + \delta_{x,y-1})f(x) - B\delta_{x,y}g(x) - C\delta_{ij}h(x) - D\delta_{ij} \quad (5)$$

여기서,

$$\delta_{xy} = \begin{cases} 1, & \text{if } x=y \\ 0, & \text{if otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$I_{xi} = D \text{ traf}(i)$$

식 (3)에서 구한 에너지 함수를 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하기 위해 상태 방정식으로 변환하기 위해 Euler근 사법을 이용하면 식 (7), 식 (8), 식(9)와 같다.

$$\Delta u_i = (\sum_j T_{ij} v_j - \frac{u_i}{\tau} + I_i) \cdot \Delta t \quad (7)$$

$$u_i(t + \Delta t) = u_i + \Delta u_i \quad (8)$$

$$\Delta u_{xi} = [-A f(\sum_j v_{x+1,j} + v_{x-1,j}) - B g \sum_j v_{xi} - C h \sum_j v_{yi} - D \sum_j v_{yi} - \text{traf}(i)] \cdot \Delta t \quad (9)$$

III. 시뮬레이션 및 검토

본 논문에서는 호가 집중될 것으로 예정한 특정 기

지국에서 발생하는 집중 호를 인접 기지국에 균등 분배케 하고, 한 기지국에서 이용할 수 있는 최대 허용 채널 수를 제한함으로써 동적 채널 할당 시 소요되는 시간을 줄일 수 있는 Hopfield 신경망을 이용한 동적 트래픽 제어 알고리즘을 제안하였다.

그 개선 정도를 확인하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션 조건은 표 2와 같다.

표 2. 시뮬레이션 조건
Table 2. Simulation specification.

전체 기지국 수	13 개	
선택된 기지국 수	중심기지국 1개	
	인접기지국 4개	
전체 채널 수	117	
중심기지국 최적 허용 채널 수	19	
중심기지국 동시발생 최대 호 수	28, 32, 36, 40	
트래픽	호 발생 분포	Poisson 분포
	보유 시간	평균 120 초
Eb / I 기준		45 [dB]

1. 중심 기지국 최대 허용 채널 수

그림 1과 같은 대상지역에 총 117개의 채널을 배정하고 각 기지국은 발생 호량에 따라 제약조건을 만족시키는 범위 내에서 할당 가능한 채널을 동적으로 이용한다.

본 논문에서는 중심 기지국의 최적 허용 채널 수를 구하기 위해 인접 기지국 할당 채널 수를 각각 9~1까지 변화시키면서 그 때 마다 중심 기지국의 이용 가능한 채널 수를 구하였다. 그림 4는 인접 기지국 할당 채널 수 변화에 따른 중심 기지국에 할당 가능한 채널

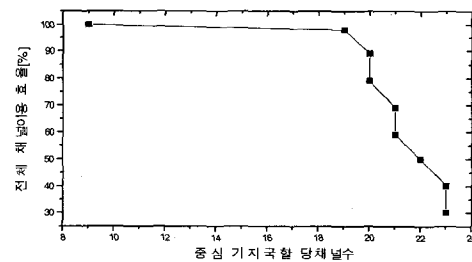


그림 4. 인접기지국 할당 채널 수 변화에 따른 중심 기지국에 할당 가능한 채널 수

Fig. 4. The number of channel assignable to center base station according to alteration of adjacent base station,s assignment channel number.

수를 구한 결과이며, 그림 4, 그림 5의 결과 구해진 중심 기지국 할당 가능한 채널 수를 기준으로 전체 이용 가능한 채널 이용 효율을 구한 결과이다. 표 3은 그림 4와 그림 5의 결과를 계량화한 값이다.

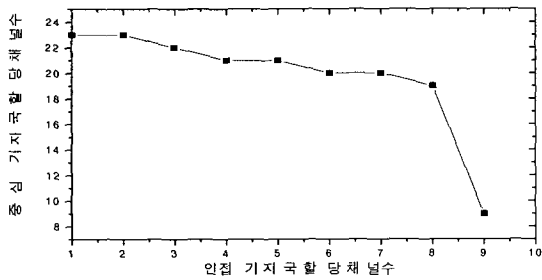


그림 5. 중심기지국에 할당 채널 수 기준 전체 이용 가능한 채널 이용 효율
Fig. 5. Assignment channel number of center base station versus use rate of the number of channel available.

표 3. 인접기지국 할당 채널 수 변화에 따른 전체 채널 이용 효율

Table 3. Use rate of total channel according to alteration of adjacent base station assignment channel number.

인접기지국 할당 채널 수[ch]	중심기지국 할당 채널 수 [ch]	전체 채널 이용 효율 [%]
9	9	100 (117[ch])
8	19	98 (115[ch])
7	20	89 (104[ch])
6	20	79 (92[ch])
5	21	69 (81[ch])
4	21	59 (69[ch])
3	22	50 (58[ch])
2	23	40 (47[ch])
1	23	30 (35[ch])

2. 트래픽 분석

그림 2와 같이 배치된 CDMA 마이크로 셀 무선 중계 시스템에서 중심 기지국인 B0에 평상시 6호보다 현격히 많은 침투 트래픽이 동시 발생하고, 인접 기지국 B1, B2, B3, B4의 서비스 비중복 지역에서 평균 6호 정도의 호가 동시 발생한 것으로 가정하고, 중심 기지국 최대 허용 채널 수를 19채널로 하였을 때 각각의 경우 본 논문에서 제안한 Hopfield 신경망을 적용한 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용하기 전과 후의 결과

를 검토한다.

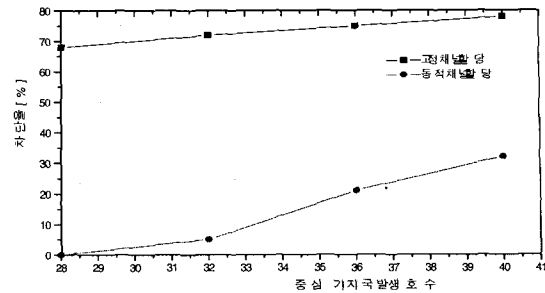


그림 6. B0기지국의 발생호 수에 따른 차단율
Fig. 6. Blocking rate according to occurrence call number of B0 base station.

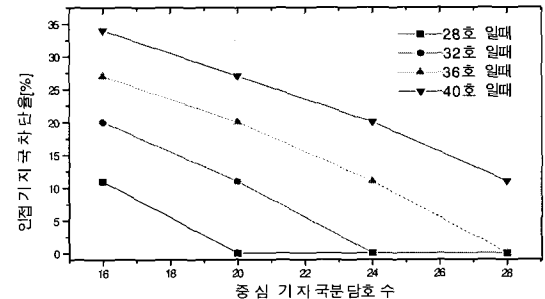


그림 7. B0 기지국의 분담 호수에 따른 인접 기지국의 차단율
Fig. 7. Blocking rate of adjacent base station according to assignment call number of B0 base station.

3. 침투 트래픽 분석 결과

동적 트래픽 제어 알고리즘 적용 전 중심 기지국의 처리 가능한 호 수와 차단율을 각각 구하고, 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용 후 기지국간 중복 지역에서 발생한 호를 인접 기지국으로 분산시켜 줄 수 있는 가능한 경우를 고려하여 이 중 기지국간 차단율 차가 최소가 되는 경우를 구하였다.

1) 침투 트래픽이 28호인 경우

동적 트래픽 제어 알고리즘 적용 전에는 중심 기지국의 처리 가능한 호 수 보다 발생한 호 수가 19호 더 많아 차단율이 68[%] 였다.

그러나 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용 후에는 기지국간 중복 지역에서 발생한 호를 인접 기지국으로 각각 3호, 2호, 1호를 분산시켜 주는 경우를 고려할 수 있으며 그 결과는 다음과 같고, 기지국간 차단율 차가 최소가 되는 경우는 2호씩을 분산 시켜주는 경우였다.

□ 3호 씩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 68[%]에서 0[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 11[%]로 증가하였다.

■ 2호 썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 68[%]에서 5[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후에도 차단율 0[%]를 유지하였다.

■ 1호 썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 68[%]에서 21[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후에도 차단율 0[%]를 유지하였다.

2) 침두트래픽이 32호인 경우

동적 트래픽 제어 알고리즘 적용 전에는 중심기지국의 처리 가능한 호 수 보다 발생한 호 수가 23호 더 많아 차단율이 72[%] 였다.

그러나 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용 후에는 기지국간 중복 지역에서 발생한 호를 인접기지국으로 각각 4호, 3호, 2호를 분산시켜 주는 경우를 고려할 수 있으며 그 결과는 다음과 같고, 기지국간 차단율 차가 최소가 되는 경우는 3호썩을 분산 시켜주는 경우였다.

■ 4호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 72[%]에서 0[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 20[%]로 증가하였다.

■ 3호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 72[%]에서 5[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 11[%]로 증가하였다.

■ 2호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 72[%]에서 21[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후에도 차단율 0[%]를 유지하였다.

3) 침두트래픽이 36호인 경우

동적 트래픽 제어 알고리즘 적용 전에는 중심기지국의 처리 가능한 호 수보다 발생한 호 수가 27호 더 많아 차단율이 75[%] 였다.

그러나 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용 후에는 기지국간 중복 역에서 발생한 호를 인접기지국으로 각각 5호, 4호, 3호를 분산시켜 주는 경우를 고려할 수 있으며 그 결과는 다음과 같고, 기지국간 차단율 차가 최소가 되는 경우는 4호썩을 분산 시켜주는 경우였다.

■ 5호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 75[%]에서 0[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 27[%]로 증가하였다.

■ 4호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 75[%]에서 5[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 20[%]로 증가하였다.

■ 3호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 75[%]에서 21[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 11[%]로 증가하였다.

4) 침두트래픽이 40호인 경우

동적 트래픽 제어 알고리즘 적용 전에는 중심기지국의 처리 가능한 호 수 보다 발생한 호 수가 31호 더 많아 차단율이 78[%] 였다.

그러나 동적 트래픽 제어 알고리즘을 적용 후에는 기지국간 중복 지역에서 발생한 호를 인접기지국으로 각각 5호, 4호, 3호를 분산시켜 주는 경우를 고려할 수 있으며 그 결과는 다음과 같고, 기지국간 차단율 차가 최소가 되는 경우는 4호썩을 분산 시켜주는 경우였다.

■ 5호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 78[%]에서 5[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 27[%]로 증가하였다.

■ 4호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 78[%]에서 21[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 20[%]로 증가하였다.

■ 3호썩을 분산 시켜주는 경우

중심기지국 차단율은 78[%]에서 32[%]로 감소, 인접기지국은 분산 후 차단율 11[%]로 증가하였다.

IV. 결 론

어느 특정 기지국에 예정된 호 집중 현상이 발생할 경우, 인접기지국으로 호를 분산시킴으로서 통화차단율을 개선할 수 있는 Hopfield 신경망을 이용한 동적 트래픽 제어 알고리즘을 제안하고, 인접기지국 할당 채널 수와 중심기지국 할당 채널 수의 변화에 따른 채널 이용 효율이 가장 좋은 최적 채널 수를 구하였다.

중심기지국에 할당 채널 수를 9채널부터 23채널까지 변화시키면서 인접기지국에 할당 가능한 채널 수와 전체 이용효율을 구한 결과 어떤 특정 기지국에서 집중 호가 발생하지 않고 모든 기지국에서 9호가 발생했다면 중심기지국에 9채널을 할당하고, 인접기지국에도 9채널을 할당할 때 전체 할당된 117채널을 모두 이용할 수 있어 가장 좋다.

중심기지국에 할당되는 채널 수가 증가하면 할 수록 상대적으로 인접기지국에 할당할 채널 수는 감소하게 되어 결과적으로 전체 이용 효율은 감소하게 된다.

그러나 본 논문에서는 중심기지국에 침두 트래픽이 발생한 경우를 가정하고 있으므로 중심기지국에 19채널을 할당하고 인접기지국에 8채널을 할당할 때 전체

할당된 117채널 중 115채널을 할당할 수 있어 이 경우가 최적 채널 수가된다.

이상의 결과를 토대로 하드웨어적인 문제의 해결이 선행된다면 통화차단율을 개선시킬 수 있어 서비스 품질을 향상시키는 물론 적은 비용으로 기지국을 효과적으로 활용할 수 있어 경제적인 효과도 클 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Kumar N. Sivarajan, Robert J. McElice, "Dynamic Channel Assignment in Cellular Radio.", IEEE ICC, pp. 631-637, 1990.
- [2] Hitoshi Takanashi and Toshiaki Tanaka, "Dynamic Micro-cell Assignment Technique with Distributed Control scheme.", IEEE Commun. Mag., pp.561-571, 1995.
- [3] Jaè-Soo Kim, Sahng H. Park, Patrick W. Dowd and nasser M. Nasrabadi, "A Mobile Hopfield Network Approach for Cellular Radio Channel Assignment.", IEEE 45th Vehicular Technology Conference Vol 1., pp. 589-593, 1995.
- [4] D. Kunz, "Channel assignment for cellular radio using neural networks.", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-40, pp. 430-436, Nov. 1992.
- [5] D. Kunz, "Channel assignment for cellular radio neural networks.", IEEE Trans. Veh. Technology, vol. 40, No. 1, pp. 188-193, Feb. 1991.
- [6] K. Nakano, M. Sengoku. S. Shinoda, Y. Yamaguchi and T. Abe, "Channel assignment in cellular mobile communication systems using neural networks.", Communication systems: Towards Global Integration, pp. 531-534, 1991.

저 자 소 개

李 廷 日(正會員)

1997년 3월 2일~1999년 8월 23일 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 2000년 3월 2일~2000년 6월 현재 동신대학교 대학원 전기전자공학과 박사과정. 1992년 3월 2일~2000년 6월 현재 송원대학 전기과 교수

金 松 旻(正會員)

1987년~1992년 조선대학교공과대학 전자공학과(공학사). 1992년~1994년 조선대학교대학원 전자공학과(공학석사). 1995년~1998년 조선대학교대학원 전자공학과(공학박사). 1998년 9월~2000년 현재 국립釜山대학교 전자과 교수