DBpia

論文 96-21-4-18

셀룰라 무선 네트워크에서 신경망을 이용한 채널할당

正會員 朴 鍾 善*, 吳 筍 鐸*, 羅 相 同*

A Study on the Channel Assignment using Neural Network in Cellular Radio Network

Chong-Sun Park*, Soon-Tak Oh*, Sang-Dong Na* *Regular Members*

要 約

셀룰라 무선 네트워크에서 채널할당문제을 위해서 n개의 기지국과 m개의 채널 구성 형태와 채널 간섭행렬 상에서 2차원 신경망 배열을 셀과 채널 간의 연관 확률로서 제약 조건을 만족하고, 신경망의 병렬성의 특징을 이용하여 무선 셀에서의 제한된 채널수로 채널할당한후 효율성을 얻고자한다. 본 논문에서는 채널할당의 처리요소를 11～533개 까지 다양한 채널의 변화를 요구 수에 따라 문제의 해를 구하고, 일정시간에서 동일한 컴퓨터시뮬레이션을 통해 제안한 신경망 알고리즘의 효율을 입증한다.

ABSTRACT

For assigning channel in a cellular wireless network, we purpose satisfying constraints with a related probability between cells and channels on the channel interference matrix formed by m terminals and n channels. And we purpose to get efficient channel assigning to limited channels in a wireless cell using parallelism of neural network. In this paper, we solve the problem according to the number of requirements when channel change with 11～533 processing elements. We demonstrate efficiency of proposed algorithm through same simulations in a specific time period.

Ⅰ. 서 론

셀룰라 무선 네트워크 시스템에서 한정된 채널 수로 채널 이용률을 높이기 위해 셀룰라 시스템 설계의 주파수 플래링 단계중 채널 할당은 기지국이나 이동국에서 특별한 채널을 할당해 주는 것으로 고정 채널 할당, 동적 채널 할당, 복합 채널 할당 방식으로 분류한다[1]. 고정 채널 할당방식에서는 주파수 간섭의 행

*조선대학교 컴퓨터공학과
Dept. of Computer Engineering, Chosun University
論文番號:95274-0811
接受日字:1995年 8月 10日

www.dbpia.co.kr

렬을 기초로 한 정수계획법, 그래프색채화 기법, 휴리스틱 알고리즘 등을 이용하여 채널할당 문제를 해결하여 사용하였으나, 이러한 알고리즘들은 Greedy한 특성을 가지므로 국부적 최적(local optimum)인 결과가 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 고도의 병렬 특징은 신경망 알고리즘을 이용한 채널 할당 기법으로 연구한다[2, 3, 4, 5]. 채널할당 문제의 가장 간단한 형식으로 그래프 색채화 같은 것으로 알려져 있으나 그래프 색채화 문제는 NP-complete 문제로 채널할당 문제에서 최적 해를 찾기 위한 복잡성은 문제의 크기에 따라 계산 량이 지수 함수적으로 증가하는 탐색문제이다[8]. 따라서 급증하는 통신수요와 실시간으로 변하는 채널의 수요량으로 주파수 이용에 대처하고, 복잡한 통신망의 관리를 효율적으로 하기 위해서 신경망 알고리즘을 적용하여 고찰한다.

Ⅱ. 채널할당 구현 모델

셀룰라 무선 네트워크 시스템을 임의의 n개의 무선 기지국으로 구성할 때, 실제 위치에 따라 각각의 무선 가입자는 기지국들 중의 하나에 할당된다[2]. 이동 기지국으로 부터 호출되는 것은 이용 가능한 임의의 m개의 무선 채널들 중 하나를 이용하면서 기지국에 적합한 채널 할당에 의해서 호가 제공될 때 고도의 스펙트럼 효과를 나타낸다.

채널 할당 문제는 동일 셀 내에 할당되는 채널에 대한 채널 간격 및 인접 셀에 할당되는 채널간에 유지되어야 할 채널 간격 등을 나타내는 채널 간섭 행렬을 통해 주어진 채널 수요를 충족시키기 위하여 필요한 주파수 대역 폭을 최소화 한다.

그림 1의 셀룰라 시스템 구성에서 셀 i′로부터 재사용 할 수 있는 이웃 셀은 i′이다. 주파수 재사용 패턴은 육각형 모양의 셀이 각 변을 2등분하는 방향으로 떨어진 셀의 수를 i라하고, 각각 다시 120°방향으로 떨어진 세의 수를 j라 한다면 이때 하나의 셀을 기준으로 천이변수 (i, j)에 의해 동일 주파수로 셀을 찾게 된다. 주파수 재사용 패턴(RD)은 $R_D = i^2 + ij + j^2$에 의해 결정되며, 여기서 i, j는 정수이기 때문에 RD는 모든 정수치를 포함하는 것이 아니고 주파수 재사용 패턴 식을 만족하는 값($R_D = 1, 3, 4, 7, 9, 12 \cdots$)을 포함하는 것을 알수 있다. 이와같은 패턴은 몇 개의 셀을 하나의 클러스터로 재 사용할 것인가를 의미한다. 그림 1은 $i=2$, $j=1$인 경우의 주파수 재사용 패턴으로 채널의 크기가 $|j-j'| \geq C_{ij}$면 기지국(셀) i, i′가 각각 채널 j, j′만을 사용한다.

채널 할당에 있어서 신경망 구현 모델은 연산 요소의 2차원 신경망 배열을 셀과 채널간의 연관 확률로 그림 2에서 행렬 C_{ij}와 같이 구성하고, 각 셀 위치 i와 채널 할당 j 사이 신경망의 출력 값 i와 j가 안정 상태에서 1에 가까운 값을 갖게 된 경우 채널 j을 셀 i에 할당한다. 즉 행렬 C_{ij}의 대칭 요소는 셀 i에 할당된 주파수(채널)와 셀 j에 할당된 주파수 사이에서 최소 보상 거리를 나타낸다.

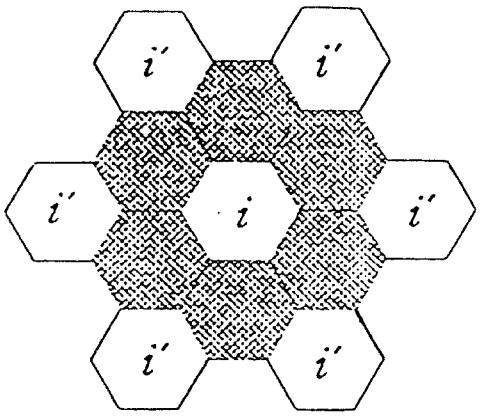


그림 1. 셀룰라 시스템의 구조(3-셀 클러스터)
Fig. 1. Cellular system scheme(3-cell cluster)

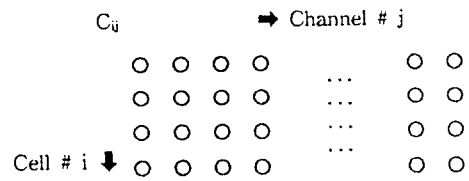


그림 2. 채널할당을 위한 신경망 병렬 모델
Fig. 2. Neuron parallel model for channel assignment

그림 2의 시스템은 기지국 배열에서 신경망 모델의 셀 수가 4개로 균일 네트워크 구조를 갖는다고 가정하면, 가중치 연결행렬과 외부입력은 간섭 제약과 채

www.dbpia.co.kr

널 요구 량에 따라 설정된다.

시뮬레이션에서 시스템은 안정적인 상태에 이를 때까지 수행시키고, 각 신경망의 마지막 출력은 최대값 또는 최소값을 갖기 위해 변수가 선택되며, 이 때 신경망(i, j)의 출력이 최대값 1에 가까우면 셀 i에서 채널 j를 사용하게된다.

이 때 시스템 전체 셀의 수와 각 기지국에 할당되어야 할 채널의 수는 채널 간섭 행렬이 주어질때 채널 할당 구현 모델이 되며 이것은 식 (1)과 같다.

$$|f_{ik}-f_{jl}| \geq C_{ij}, \text{ for } all\ i=1,\cdots,n,\ j=1,\cdots,n \quad (1)$$
$$k=1,\cdots,d_i \text{ and } l=1,\cdots,d_j \ except \text{ for } i=j,\ k=l$$

식(1)에서 n은 임의의 셀 수이고, di는 채널 요구 수에서 셀 i에 할당되어야 할 채널의 수이다. 또한 C_{ij}는 셀 i에 할당될 채널과 셀 j에 할당될 채널 영역에서 최소의 거리이며, f_{ik}는 셀i에 할당된 k번째 채널 수를 나타내고, f_{jl}은 셀 i에 할당되는 l번째 채널의 번호를 나타낸다.

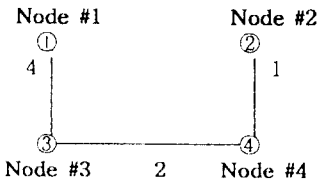
식(1)과 같이 채널 할당 문제는 그래프 색채화 문제로 변형될 수 있으므로 그래프 색채화 문제의 해법은 대부분 순차적 노드 색채화 방법을 사용한다. 이 방법에서는 색채화하고자 하는 그래프의 모든 노드들에 대해 임의의 한 기법을 이용하여 노드 색채화 순위를 작성한 후 순차적으로 각 단계마다 하나의 노드를 색채화 한다. 이때 각 단계에서 색채화하고자 하는 색은 local optimal 개념을 이용하여 해당 노드에 색채화가 가능한 가장작은 번호의 색을 선택한다. 셀의 수가 4개일때 n개의 셀 내에서 각 셀을 위한 채널 요구 벡터를 W라하면 n개의 벡터 요소로 나타낼 수 있다. 각 셀의 채널 요구가 $W_1=(1, 1, 1, 3)$으로 주어지면 이들 셀 간의 채널 간섭 행렬(C_{ij})는 그림 3(a)와 같이 주어진다고 하면, 에지(edge)로 연결된 노드(node)들에 부여되는 채널번호간의 차를 최소화 되도록 하는것으로 이는 그림 3(b)와 같다[8].

본 논문에서는 각 채널에 대해 순차적으로 번호를 부여 하였을 경우 이들 셀간에 채널 사용에 있어서 채널 간섭 행렬은 동일채널제약, 인접채널제약, 동일 기지국제약 등 3가지 제약 조건을 고려한다. 여기서 동일채널제약은 임의의 2개의 셀 사이에 동일채널이 사용 가능한지 여부를 나타내는 조건으로 채널 재 사용의 정도를 결정하는 조건이며, 동일채널제약은 두 셀 사이에 동일채널은 재 사용할 수 없으나 채널 간섭의 정도가 그리 심하지 않아 인접채널에 사용할 때 이를 반영하게 되므로 채널 간섭 조건에서 행렬 C의 비 대칭요소는 셀 i에 할당하는 주파수와 셀 j에 할당된 주파수 사이 영역에서 최소 공간 거리를 $C_{ij}=1$로 나타낸다.

$W_1=(1, 1, 1, 3)$

$$C_{ij}=\begin{bmatrix}5 & 0 & 4 & 0\\ 0 & 5 & 0 & 1\\ 4 & 0 & 5 & 2\\ 0 & 1 & 2 & 5\end{bmatrix}$$

(a) 채널간섭행렬



(b) 노드(셀)의 위치

그림 3. 4 셀 채널 할당 문제의 예
Fig. 3. 4-Cell channel assignment problem

인접채널제약은 임의의 2개의 셀 간에 동일 채널은 물론 인접 채널도 사용할 수 없음을 나타내는 제약 조건이기 때문에 인접채널 제약은 서로 채널 사이의 간섭이 심한 인접 셀에서 사용되는 채널 간섭 조건은 $C_{ij}=2$로 나타낸다.

동일 기지국 제약은 그림 3의 채널 간섭 행렬(C)의 각 대각선의 요소 C_{ii}는 셀 i에 할당된 어떤 두 채널 사이의 최소 공간 분리의 거리를 나타내고, 각 신경망(i, j)는 동일 기지국 j와 인접 채널 i'에서 동일 셀에 할당되는 채널 사이에 유지되어야 할 채널 간격을 나타내는 제약 조건이며, 이는 채널 간섭 행렬 상에서 $C_{ii}\geq 1$과 같다.

셀 i에 할당되는 채널 사이의 간격이 동일 기지국 내에서 할당되는 채널 번호가 1 이상 떨어져야 하므

www.dbpia.co.kr

로 신경망에서 i, j는 인접채널 i'와 동일 기지국 j는 출력 신경망을 억제시킨다.

그림3 에서 사용 채널 수는 11개로 채널 배치에 넣어 채널 간격이 1/2의 채널 대역폭에 의한 채널 오프셋 구조 방식을 가정 한다. 이 방식은 오프셋팅되는 과정에서 중첩된 주파수가 있기 때문에 비 오프셋 구조에서 보다 채널 수가 더 많이 배치됨에 따라 효율적인 스펙트럼 효과를 나타내기 때문이다. 채널 오프셋 구조에서 채널할당의 전체 셀 k에 대해서는 $Max\ f_{ik} \in (C_i)$, $f_{jl} \in (C_j)$와 같다[11]. 여기서 두 셀 사이의 인접채널은 동일지역에서 사용할 수 없으므로 $C_{13}=C_{31}=4$일때 노드 # 1에서 2에 할당될 수 없다. 또한 $C_{44}=5$ 이기 때문에 노드 4에 할당된 어떤 두 개의 채널은 적어도 5의 거리를 가져야 하므로 노드 # 4는 적어도 $11(1+5\times2)$의 채널이 필요하게되며, 전체 최소의 채널의 갯수는 11이다.

그림 3(a), (b)에서 $C_{12}=C_{21}=0$인 것을 알 수 있는데 이것은 노드 1과 노드 2사이에는 동일채널도 재사용할 수 있음을 나타내기때문에 노드 1과 노드 2사이에는 장애물이 있거나 거리가 멀때도 동일 채널간섭은 없다.

결국 채널 할당 구현 모델은 각 기지국에 필요한 채널 수와 일정 수준의 통화 품질을 유지하기 위한 채널 간섭 행렬이 주어진 상황에서 전체 시스템에 필요한 채널의 수는 얼마이며, 이 채널들이 어떻게 전체 기지국에 할당되어야 하는가를 결정하는 것이다.

Ⅲ. 신경망을 적용한 채널할당

셀룰라 무선 네트워크에서 채널 할당 문제는 전체 주파수들의 최소의 개수를 가지고 충돌없이 주파수를 할당하는 것이다. 여기서 4개의 셀 네트워크 구조에서 채널 할당 알고리즘을 고려하면 채널요구 벡터에 의해 그림 3(a)의 간섭행렬을 나타내고, 그림 3(b)는 행렬에 대응하는 위상을 나타내 준다. 그림 4는 신경망에서 채널 할당과 같은 조합적 최적화 문제에 적용하여 최적 해의 해결 방법이다. 여기서 4개의 셀과 11개의 채널을 사용하여 총 44개의 채널을 가지고 요구에 따라 문제를 해결하고자 한다. n개의 셀과 m개의 채널 할당 문제의 해는 요구에 따라 n과 m의 처리 요소이고, n개의 무선 셀 수는 m개의 전체 채널 수이다. 셀 i에 할당된 출력은 0이 아니면 채널 j는 $V_{ij}=1$의 지수함수이며, 출력이 0이면 채널 j의 지시함수는 $V_{ij}=0$이 된다. 여기서 셀 # 1은 채널 8, 10되고, 셀 # 2는 채널 3, 셀 # 3은 채널 4가, 셀 # 4에서는 채널 1, 6, 11이 할당된다.

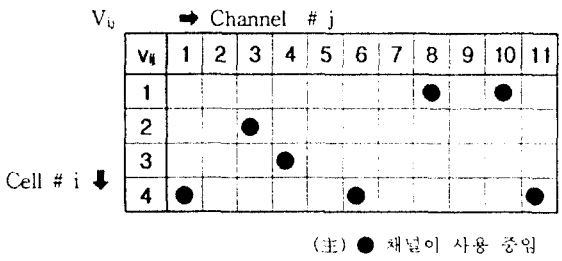


그림 4. 채널 할당 문제를 위한 최적의 해
Fig. 4. Optimum solution for the channel assignment problem

채널제약 조건들과 최적화 대상을 이차함수의 형태로 나타내는데는 신경망 모델의 에너지 함수를 이용한다. 여기서 신경망의 연결 강도는 모델을 구성하는 단계에서 외부 입력 요소로 주어지고, 이들 간의 관계는 모델 구성인자가 문제의 특징을 반영하여 네트워크를 구성한 후 동기 또는 비동기 요소에 연산함으로써 최적화 문제의 해를 얻어 결정한다. 최적화 문제를 해결하는데 홉필드 신경망의 에너지 함수 (E)는 각 상태에서 하나가 결정되면 이차형식에 따라 식 (2)와 같다.

$$E(x) = -1/2 \sum_{i=1} \sum_{j=1} W_{ij} V_i(t) V_j(t) - \sum_{i=1} h_i V_i(t) \qquad (2)$$

여기서 X_i는 i번째 연산요소의 신경망 출력 값으로 0 또는 1의 값을 가지며, W_{ij}는 i번째 연산요소와 j번째 연산요소 대칭연결행렬의 가중치이고, h_i는 i번째 신경망에 대한 바이어스 입력 값을 의미하며, 이때 에너지 함수(E)의 증가는 식 (2)로부터 식 (3)과 같다.

$$E(x) = -[\sum_{j=1} W_{ij} V_j + h_i] V_i \qquad (3)$$

셀룰라 시스템에서 1991년 쿤즈는 n개의 기지국에 대해 m개의 채널을 사용할 수 있다고 가정하여 홉필

www.dbpia.co.kr

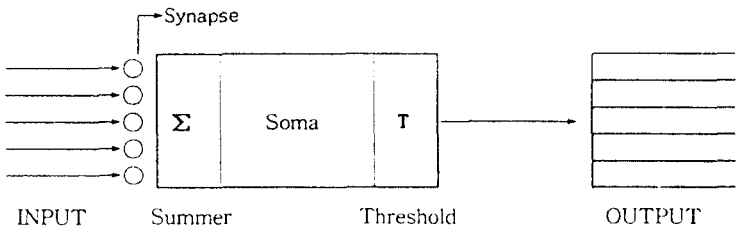


그림 5. McCulloch-Pitts의 신경망 모델
Fig. 5. McCulloch-Pitts neural network model

드 신경망 모델을 제안하였으며, 쿤즈는 인접 채널 제약을 고려하지 않았고, 동일 기지국 제약을 C_{ij}까지로 제한했었다. 이 모델에서 신경망 간의 연결강도를 결정하는 요인은 주파수 간섭제약을 외부로부터 입력 값으로 각 기지국에서 필요한 채널 요구 량으로 하였다. 그러나 쿤즈의 신경망 모델의 몇가지 문제점은 수렴 속도가 늦은 s자형의 시그모이드 함수의 신경망 모델과 각 신경망의 상태 변동은 에너지 함수값을 적게 함에 따라 이득 제어가 주어져야 하며, 에너지 함수는 계수 조정이 필요하기 때문에 확실한 해를 얻기 위해서 에너지 방정식의 계수 조정이 필요하다[3].

본 논문에서 셀룰라 무선 네트워크 시스템의 채널 할당 구현의 신경망 해는 최적화 문제에 대해 빨리 수렴할 수 있도록 그림 5와 같은 Hysteresis McCulloch-Pits 신경망 모델을 사용하여하였다.[9, 10]

그림 5에서 모델 구성 요소로는 뉴런과 뉴런간의 연결선(Synapse)을 들 수 있으며, 각 뉴런은 자신에게 영향을 미치는 다른 뉴런들의 출력값에 대한 가중합을 구하여 자신이 설정한 임계값(Threshold)와 비교한 후, 0과 1사이의 특정 출력값을 갖는다. 여기서 신경망의 구조 및 기능을 하나의 논리적인 임계값 단위의 형태로 간주하고, 신경망은 뉴런에 해당되는 처리 요소들을 연결하여 네트워크를 형성한다. 이와같은 신경망 모델은 간단한 연산기능을 갖는 다수의 신경망이 상호 밀접하게 결합되어 병렬로 연산을 수행함으로써 채널 할당시 계산 속도를 개선한다. 또 불필요한 발진 행동을 억제함으로써 수렴 주파수를 향상시키는 특징을 갖으며, 최소 수렴의 주파수를 개선하기 위하여 이 모델에서 계수와 매개변수의 동일한 세트가 주어진 문제에 의해서 신경망 입력 U_i의 변화율을 에너지 함수 $E(V_1,\cdots,Vn)$에 의해 식 (4)와 같다.

$$\frac{dU_i}{dt} = -\frac{\partial E(V_1,\cdots,Vn)}{\partial V_i} \tag{4}$$

식(4)에서 Ui 는 내부상태 변화율의 입력 값으로 E $(V_1,\cdots,V_n)$에서 일 부분을 유도한 에너지 함수 계산 값이고, n은 각 문제에서 처리 요소의 수, V_i는 각 신경망의 출력 값을 결정한다. 에너지 함수는 문제의 모든 제약을 고려함으로써 결정되어지며, 최적화 문제를 해결하기 위한 신경망 모델의 목표는 에너지 함수 E를 최소화 하는 것이므로, U_i는 내부와 외부 입력의 특정 출력 가중치 합으로 다른 신경망에 영향을 미치는 상태이기 때문에 시간 상수는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$U_i(x) = f\left(\sum_{j=1} W_{ij} V_i(\tau) + h_i\right) e^{-(t-\tau)}\, d\tau \tag{5}$$

여기서 τ는 전체 신경망 모델의 임계값 정도를 나타내는 모수이고, 신경망 V_i의 내부 상태 즉, 고정된 함수 $f(U_i)$는 Liapunov 에너지 함수 와 휴리스틱 이진 함수의 형태이므로 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} V_i = f(U_i(x),\ f(U_i) &= 1 \text{ if } U_i \rangle U_B(\text{상한치}) \\ &= 0 \text{ if } U_i \rangle L_B(\text{하한치}) \end{aligned} \tag{6}$$

식(6)에서 U_i와 V_i는 각각 i번째 처리 요소의 입력과 출력을 가리키고, 에너지가 최소화하는 목적함수와 제약 식을 포함시키며, 이때 각각 신경망은 매 단계마다 내부상태 변화율을 계산하여 자신의 내부 상태 값을 개선해 나가므로 출력 값이 최대(1), 최소(0) 응

www.dbpia.co.kr

답을 나타내는 근거가되며 에너지가 안정적인 상태에 도달할 때까지 학습을 계속한다. 에너지 함수 값이 항상 지역적 최소값에 수렴하기 위해 Hysteresis McCulloch-Pits 신경망 시스템의 내부상태를 억압하기 위해 미분 Euler 방식에서 $\Delta E/\Delta_x \leq 0$으로 할때 이 조건은 식(7)과 같다.

$$\Delta U_i/\Delta_x = -\Delta E/\Delta V_i \tag{7}$$

최종적인 신경망의 출력은 그 신경망의 행과 열에 대응되는 셀과 채널할당간의 연관 확률을 의미하게 되며, 에너지 곡선 상에 여러 개의 국부 최소 값이 있을 경우 전역점 최소 값으로 수렴하지 못할 수 있으므로 국부 최적점을 해결하기 위한 신경망 알고리즘 단계는 다음과 같다.

단계 1. 문제의 가능한 변수들의 집합을 정의하고, 초기에 각 변수에는 1개의 연산 요소들을 할당한다.

단계 2. 일련의 무작위 초기 값을 신경망에 입력하여 출력 값과 목적함수 값을 계산하고, 초기 에 최소 값 ($\Delta U_{ij}(x)$)을 평가한다.

단계 3. 연결강도를 임의로 최적화 평가지수를 변경하여 신경망의 출력 값과 목적함수 값의 변화량 ($U_{ij}(x+1)$)을 계산한다.

단계 4. 만일 목적함수 값이 변화가 없을 경우 단계 2로 간다.

단계 5. 단계 3에서 수행한 연결강도의 변경이 목적함수 값을 증가시키는 결과를 초래하면 이때 발생한 채널 변화량을 그대로 사용할 것인가의 여부를 가린 후 변화량이 없을 경우 이전 값으로 되돌려놓고, 통화의 변화량은 가우시안 분포에 따른다.

단계 6. 목적함수 값이 적당한 수준까지 변화되지 않했으면 결과를 해석하고, 단계 2로 넘어가 서 반복한다.

신경망 알고리즘에서 채널 요구를 만족하기 위하여 셀 i을 위한 m개의 처리 요소들 중 d_i의 전체 처리 요소들의 총합이 0 이 아닌 출력을 가져야 한다. 이유는 d_i의 전체 채널인 $\sum_{q=1}^{m} V_{iq} - d_i$가 셀 i을 위해 필요하기 때문에 셀 i를 위한 di처리 출력이 0이 아니면, 0을 갖는다. 동일기지국제약은 채널 j가 $|j-q| < C_{ii}$로부터 거리 C_{ii} 이내의 주파수 q가 셀 i에 할당된다면 채널 j는 셀 i에 식(6)의 이진함수 V_i에서 식(8)과 같다.

$$\sum_{\substack{q=j-(c_{ii}-1) \\ q\neq j \\ 1\leq q\leq m}}^{j+(c_{ii}-1)} V_{iq} \tag{8}$$

식(8)에서 셀 i에 대한 채널 j의 할당이 동일기지국제약을 위반하면 0이 아니므로 동일채널 제약과 인접채널 사이에서 채널 j가 $|j-q| < C_{ip}$ 로부터 거리 C_{ip} 내의 채널 q가 $C_{ip} > 0$이고, $p \neq i$인 경우에 셀 p에 할당 된다면 채널 j는 셀 i에 식(1)을 이용해 식(9)와 같이 할당된다.

$$\sum_{\substack{p=1 \\ p\neq i \\ c_{ip}>0}}^{n} \sum_{\substack{q=j-(c_{ip}-1) \\ 1\leq q\leq m}}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq} \tag{9}$$

식(9)에서 셀 i에 대한 채널 j의 할당이 동일채널 제약과 인접채널 또는 어느 한 쪽이라도 어긴다면 0이 아니다. n개의 셀과 m개의 채널 문제에서 ij번째 처리 요소의 에너지 방정식은 식 (5), (6), (7), (8)을 응용해 식(10)과 같다.

$$\frac{dU_{ij}}{dt} = -A\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq} - d_i\right) - B\left(\sum_{\substack{q=j-(c_{ii}-1) \\ q\neq j \\ 1\leq q\leq m}}^{j+(c_{ii}-1)} V_{iq} + \sum_{\substack{p=1 \\ p\neq i \\ c_{ip}>0}}^{n} \sum_{\substack{q=j-(c_{ip}-1) \\ 1\leq q\leq m}}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq}\right) \tag{10}$$

식(10)에서 첫번째 항은 셀 i을 위하여 m개의 채널들 중 di 처리 요소들이 0이 아닌 출력을 갖도록하고, 일치하는 채널은 셀 i에 할당되며, 두번째 항은 셀 i에 대한 채널 j의 할당이 세가지 제약을 위반하면 ij번째 처리 요소가 0이 아닌 출력을 갖지 못한다. 여기서 A와 B는 상수값이며 A = B = 1이므로 채널 할당 문제를 에너지 함수 E는 식 (4), (10)에서 식(11)과 같다.

$$E(x) = \frac{A}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq} - d_i\right)^2 \tag{11}$$

www.dbpia.co.kr

$$+B\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left[\sum_{\substack{q=j-(c_{ii}-1)\\ q\neq j\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ii}-1)} V_{iq}+\sum_{\substack{p=1\\ p\neq i\\ c_{ip}>0}}^{n}\sum_{\substack{q=j-(c_{ip}-1)\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq}\right]V_{ij}$$

신경망 모델에서 국부 최소점의 보장은 전역적 최소점에 수렴할지라도 전역적 최소점의 주파수 증가는 3가지 휴리스틱 방법에서 다음 4가지 영역을 따른다. 영역 1은 $U_i(x) > U_B$과 $X_i(x)=1$, 영역 2는 $L_B \le U_i(x) \le U_B$와 $V_i(x)=0$, 영역3은 $L_B \le U_i(x) \le U_B$와 $V_i(x)=0$, 영역 4는 $U_i(x) < L_B$과 $V_i(x)=0$이다. 첫번째 항의 휴리스틱 사용 함수는 두 값 사이에서 식(11)을 응용해 식 (12)와 같다.

$$-Af\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq}(x)-d_i\right) \tag{12}$$

여기서 f(x)는 x > A_min일때 A_max이고, x < max이고, x < A_min일때 A_min이다. 여기서 A_max = 10이고, A_min = −10로 한다. 두번째 항의 휴리스틱 오메가 함수는 활성 방정식 내에서 주기적인 사용은 식(11), (12)을 이용해 식(13)과 같이 된다.

만일 (s나 T가) $< \omega$

$$-B\left[\sum_{\substack{q=j-(c_{ii}-1)\\ q\neq j\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ii}-1)} V_{iq}+\sum_{\substack{p=1\\ p\neq i\\ c_{ip}>0}}^{n}\sum_{\substack{q=j-(c_{ip}-1)\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq}\right]V_{ij}$$

또는

$$-B\left[\sum_{\substack{q=j-(c_{ii}-1)\\ q\neq j\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ii}-1)} V_{iq}+\sum_{\substack{p=1\\ p\neq i\\ c_{ip}>0}}^{n}\sum_{\substack{q=j-(c_{ip}-1)\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq}\right] \tag{13}$$

여기서 s는 반복되는 단계이고, T와 ω는 변하지 않는 매개변수일때 T = 15, ω = 7로 하고, 세번째 항의 휴리스틱 hill climbing은 부가적인 활성 방정식이므로 식(14)와 같다.

$$+Ch_c\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq}-d_i\right)\cdot(1-V_{ij}) \tag{14}$$

위에서 $h_c(x)$는 만약 x < 0면 1이고, x ≥ 0면 0이며, di처리 요소에서 셀 i의 출력이 0이 아니면 $V_{ij}=0$이다.

그리고 주기적인 휴리스틱 입력은 식(9)에 의해 채널 할당의 상한과 하한의 두가지 값 사이에서 한정된 값이므로 식(15)와 같다.

$$U_{ij}=U_max,\ if\ U_{ij} > U_max$$
$$U_{ij}=U_min,\ if\ U_{ij} > U_min \tag{15}$$

식(15)에서 U_max와 U_min는 각각 상한과 하한 값이며, 네트워크 에너지가 최소가 되는 상태는 채널 할당을 위한 연산요소의 2차원 신경망 배열 모델에서 결합 강도를 설정하므로 식(2), (6), (7)에서 x시간과 에너지 함수 E를 유도하여 Lyapunov 에너지 함수에 대입하여 식 (16)과 같이 증명할 수 있다.

$$\begin{aligned}\frac{\Delta E}{\Delta x} &= \sum_i \frac{\Delta V_i}{\Delta x}\ \frac{\Delta E}{\Delta V_i} = \sum_i \frac{\Delta V_i}{\Delta x}\left(-\frac{\Delta U_i}{\Delta x}\right)\\ &= -\sum_i \left(\frac{\Delta U_i}{\Delta x}\ \frac{\Delta V_i}{\Delta U_i}\right)\left(\frac{\Delta U_i}{\Delta x}\right)\\ &= -\sum_i \left(\frac{\Delta V_i}{\Delta U_i}\right)\left(\frac{\Delta U_i}{\Delta x}\right)^2\end{aligned} \tag{16}$$

이와 같은 결합 강도를 이용해서 신경망 병렬 모델을 동작시키면 네트워크는 에너지의 극소치를 부여하는 상태로 수렴한다.

컴퓨터 시뮬레이션을 위해 식(7)의 $\Delta U_i/\Delta x = -\Delta V_i$의 미분 방정식을 수치해법적으로 풀기위해 Runge-Kutta 알고리즘을 이용한 수정 Euler 방법을 이용하면 식 (17), (18)과 같다.

$$\Delta U_{ij}(x+1)=\Delta U_{ij}(x)+\Delta U_{ij}(x) \tag{17}$$
$$u_i(x+\Delta x)u_i\,\Delta u_i \tag{18}$$

식 (10)에 의해 $\Delta U_{ij}(x)$입력 변화 값은 식(13), (14)에서 식(19), (20)과 같이 된다.

$$\Delta U_{ij}(x)=-Af\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq}(x)-d_i\right)$$

$$-B\left[\sum_{\substack{q=j-(c_{ii}-1)\\ q\neq j\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ii}-1)} V_{iq}(x)+\sum_{\substack{p=1\\ p\neq i\\ c_{ip}>0}}^{n}\sum_{\substack{q=j-(c_{ip}-1)\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq(x)}\right]V_{ij}(x) \tag{19}$$

$$+Ch_c\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq}(x)-d_i\right)(1-V_{ij}(x))$$

www.dbpia.co.kr

$$\Delta U_{ij}(x) = -Af\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq}(x) - d_i\right)$$

$$-B\left[\sum_{\substack{q=j-(c_{ij}-1)\\ q\neq j\\ 1\le q\le m}}^{j+(c_{ij}-1)} V_{iq}(x) + \sum_{\substack{p=1\\ p\neq i\\ c_{ip}\neq 0}}^{n}\ \sum_{q=j-(c_{ip}-1)\ 1\le q\le m}^{j+(c_{ip}-1)} V_{pq}(x)\right] \quad (20)$$

$$+Ch_c\left(\sum_{q=1}^{m} V_{iq}(x) - d_i\right)(1 - V_{ij}(x))$$

본 연구에서는 휴리스틱 McCulloch-Pitts 신경망에 의해 $V_{ij}(x+1)$의 수정 출력은 식(15), (17)에서 식(21)과 같이 된다.

$$V_{ij}(x+1) = 1, \text{ if } U_{ij}(x+1) \rangle U_B \text{ otherwise,}$$
$$= 0, \text{ if } U_{ij}(x+1) \langle L_B \quad (21)$$

그리고 n개의 셀과 m개의 채널할당 문제에서 수정 가능한 결합강도는 모든 연산 요소에서 수행되는 상태에서 동기식과 비동기식 연산 방법을 사용하여 갱신할 수 있다. 동기식 병렬 시스템은 순차적인 처리에 의하고, 비동기식 병렬 시스템은 임의 n개의 셀과 m개의 처리기의 최대값에 의해 처리하였다. 처음에는 모든 출력 값 V_{ij}가 고정되었을 때 입력 값 U_{ij}는 순차적으로 갱신하고, 두번째 단계에서는 모든 입력값 U_{ij}가 고정되었을 때, 모든 출력값 V_{ij}는 순서적으로 모든 입출력의 수치를 갱신한다.

Ⅳ. 시뮬레이션 및 검토

채널 할당 방식은 전체 시스템에 필요한 채널 수를 산출하는 것으로서 채널이 어떻게 전체 셀에 할당할 수 있는가를 결정하는 문제를 시뮬레이션을 통하여 표 1와 같이 우선 4개의 셀 사이트에 11개의 채널이 분포되어 있다. 또 n개의 셀 사이트에 m개의 채널이 분포되어 사용하는 문제, 또한 쿤즈가 이용한 25개 셀 사이트에 73개의 채널을 사용하는 문제[3]와 고정 채널 할당의 채널 오프셋에서 11개의 채널에서 533개의 채널요구량을 적용하면, 표 1에서 문제 1, 3은 식(17)을 적용하고, 문제2은 식(19)을 적용한다.

시뮬레이션에서 신경망 알고리즘은 식(20)의 3가지 휴리스틱 방법에 따라 처음에는 Euler 방법을 사용하였고, 여기서 각 계수는 x=0, A=B=1, C=3, 4, 5.

표 1. 시뮬레이티드 처리 형태
Table 1. Simulated process pattern

Problme #	Cells #(n)	Channel #(m)	Matrix #(C_{ii})	Demand Vector #(W)
1	4	11	$C_{ii}=5$	W_1
2	25	73	$C_{ii}=2$	W_2
3	21	381	$C_{ii}=5$	W_3
4	21	533	$C_{ii}=7$	W_3
5	21	221	$C_{ii}=5$	W_4
6	21	309	$C_{ii}=7$	W_4

표 2. 시뮬레이션 결과
Table 2. Simulation Result

Problem #	Average Iteration #	Channel Assignment Rate(%)
1	21.2	100
2	294.0	92.5
3	147.5	93
4	117.5	100
5	100.3	100
6	234.8	79.3

$T=10$, $\omega=5$, U_max=30, U_min=−30, $U_B=5$, $L_B=-5$로 하였으며, 각 변수의 데이터는 휴리스틱에 의한 매개변수이기대문에 에너지 변화 $U_{ij}(x)$는 300번 시뮬레이션하여 초기값을 설정한 결과 표 2에 나타냈다.

표 2은 최적해와 요구되는 반복과정의 평균 수치이며, 그림 6은 문제의 해에의해 요구된 반복과정의 수치 분포를 나타냈고, 비교를 위한 문제 2說 쿤즈가 사용한 신경망 모델에서는 2340번 반복학습을 해의 결과가 만족되었으나 본 논문에서는 294번 반복학습 과정에서 해의 결과를 가질 수 있었다. 이와 같이 신경망 알고리즘을 통하여 전체적으로 계산시간이 개선됨을 알 수 있고, 문제 1, 4, 5에서는 기존에 사용된 어떤 방법보다도 더 좋은 결과의 해를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

채널의 변화가 계속되어진 셀 영역의 공간에서 방

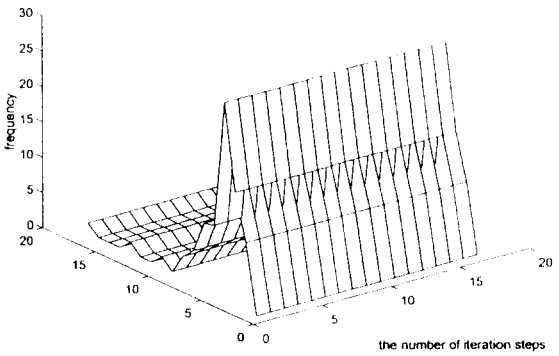
www.dbpia.co.kr

향과 셀간 경계문제로 인한 간섭을 피하기 위해 간섭 제약 조건에서 랜덤하게 채널 요구량을 가정한 채널 할당 문제를 표 2에서 문제 #1~#6까지 설정하여 전체 채널 11~533개의 수를 고려하였다. 요구되는 주파수 m의 수치는 시뮬레이션하기 전에 결정하고, C_{ii} 값의 증가와 요구 벡터는 최고수치에 의해 결정하며, 또한 주파수의 하한 경계의 계산은 그래프 색채화 문제에서 해를 얻었다.

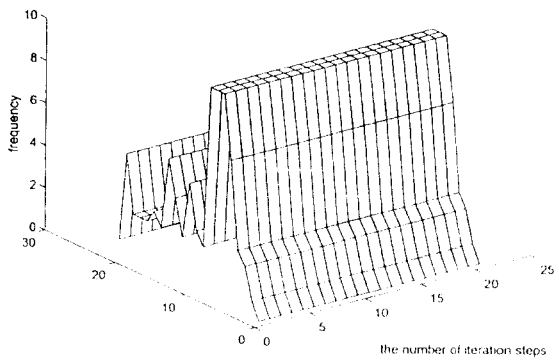
채널의 수가 주기적으로 채널할당 순서를 랜덤하게 발생시키며 각 지구국에서 채널 요구 벡타(W)에 따라 n개의 셀과 m개의 기지국에서 통화량 분포 상수를 고정시켜 나타냈다. 그림 6과 같이 채널 할당의 수가 균일하게 안정적으로 수렴시키기 위해 할당된 채널의 수를 반복학습의 수치 분포로 처리하였고, 각 변수에서 시스템이 최적해에 수렴할 수 있도록 채널들을 시간에 비례시켜 각 지기국마다 간섭 조건을 만족하게하여 호 차단율 없이 요구 수에 따라 채널이 할당되어졌으나, 각 지구국마다 동일하게 할당율을 증가하면 부분적으로 간섭이 나타났다.

간섭 조건은 셀의 배치에서 인접 기지국 내의 간섭 수와 해당 간섭 셀의 수와의 관계는 그래프 이론적 방법을 이용하여 분석할 수 있었으며, 간섭 조건을 만족하기 위해서 채널 간섭 행렬상에서 채널 요구 수에 따라 최적해가 구해졌다.

통화량 분포는 주변 셀의 중심 위치에서 통화량이 밀집한 때와 특정한 셀에 새로운 가입자가 발생하여 상대적으로 채널 요구량을 크게되면 주변 셀의 간섭 위상 때문에 채널 요구 량 만큼 할당하지 못하고, 호 차단율이 증가하였다.



(a) The number of iteration steps(problem 3)



(b) The number of iteration steps(problem 6)

그림 6. 해의 요구에 의한 반복 학습 수
Fig. 6. The iteration steps result of required to solutions

V. 결 론

채널할당 문제에서 최적 탐색 시간이 지수함수 적으로 증가하는 조합적 최적해를 구하는데 사용될 수 있고, 채널 요구량에 따라 효율적으로 적용될 수 있었으며, 채널할당시 간섭을 제한하기 위해 동일채널, 동일기지국, 인접기지국등 다양하게 적용하여 국부 최소점을 해결하는데 접근하였다. 에너지 함수에서 최적화 기준을 포함하여 나타내므로써 각 지구국에서 주어진 채널 요구량을 만족시켜 채널할당에 쉽게 적응할 수 있었으며, 신경망 알고리즘은 n개의 셀과 m개의 채널 할당 문제와 관련해서 n×m개의 처리 요소로 구성된 신경망 모델에 기반을 두고, 순차적으로 처리했을 뿐만아니라 n×m개의 처리기를 최소화하는 병렬시스템을 실행시켜 채널할당을 할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 신경망 알고리즘을 채널할당 문제에 적용한바 전체적인 문제에 있어서 일정시간에 근접하면 좋은 해의 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

www.dbpia.co.kr

"이 논문은 1994년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음"

참 고 문 헌

1. Wuyi Yue, "Analytical methods to calculate the performance of a cellular mobile radio communication system with hybrid channel assignment," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 40, No. 2, May 1991.
2. M. Deque Anton, D.Kunz, "Parallel algorithms for channel assignment in cellular mobile radio systems ;The neural network approach, "Parkallel processing in neural system and computer, pp. 441-444, 1990.
3. Dietmar Kunz, "Channel assignment for cellular radio neural network," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 40, No.1, pp. 188-193, Feb.1991.
4. P.T.H Chan, M. Palaniswami and D. Everitt, "Dynamic channel assignment for cellular mobile radio system using feedforward neural networks," *IJCNN-91-Singapore*, pp. 1242-1247, 1991.
5. K. Nakno, 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.
6. Mac Donald, V. H.,: "Advanced mobile phone service: The cellular concept,": *Bell System Tech. J.*, Vol. 58, pp. 15-41, Jan. 1979.
7. T. W. Yue and L. C. Fu, "Ineffectiveness in solving combinatorial optimization problems using a Hopfield Network ; A new perspective form aliasing effects," *Proc. of IJCNN-90-SanDiego*, 1990.
8. Sengoku, Hiroshi, Shoji Shinoda,Takeo Abe, Yoji Kajitani, "Graph Theoretical of channel offect systems in a cellular mobile system," *IEEE Trans. on Veh. Technol.* Vol. 40, No. 2, May 1991.
9. Y. Takefuji, "Neural network parallel algorithms for combinatorial optimization problem," *J. Intelligent Manuf.*, Vol. 5, 1992.
10. N. Funabiki, Y. Takefuji, and K. C. Lee, "A neural network parallel algorithm for clique vertex-partition problem," *Int. J. Electron.*, Vol. 72, No. 3, pp. 357-372, 1992.
11. 나상동외1인, "셀룰라 이동통신 제어 시스템에서 색채화 문제에 의한 채널할당," 한국통신학 회 논문지, Vol. 19, No. 9, pp. 1658-1667, 1994.
12. 김경식외2인, "이동통신에서 채널할당문제를 위한 Hopfield 신경회로망 모델," 한국통신학회 논문지, Vol. 18, No. 3, pp. 1658-1667, 1994.
13. 권준혁외2인, "신경회로망을 이용한 셀룰라 시스템의 적응적인 채널할당에 관한 연구," 한국통신학회 논문지, Vol. 19, No. 2, pp. 284-291, 1994.

朴 鍾 善(Chong-Sun Park) 正會員

1990년 2월:광주대학교 공과대학 전자계산학과 (공학사)

1994년 8월:조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)

1995년 3월~현재:조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사과정)

1995년 3월~현재:목포전문대학 전산정보처리과 전임강사

※주요관심분야:컴퓨터통신, 멀티미디어 통신, 신경망 응용

吳 筍 鐸(Soon-Tak Oh) 正會員

1977년 2월:조선대학교 의과대학 의학과 (의학사)

1986년 2월:조선대학교 대학원 의학과 (의학석사, 의학박사)

1986년 5월~1987년 10월:조선대학교 의과대학 정형외과 조교수

1987년 11월~1991년 3월:아산재단 정읍병원 정형외과 과장

1991년 4월~현재:호산병원 정형외과 원장

1993년 2월:조선대학교 대학원 전자계산학과 (공학석사)

www.dbpia.co.kr

1994년 3월~현재 : 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사과정)
※주요관심분야 : 컴퓨터통신, 디지탈신호처리, 원격진료, 신경 회로망

羅 相 同(Sang-Dong Na) 正會員

1968년 3월 : 조선대학교 공과대학 전기공학과 (공학사)
1979년 9월 : 건국대학교 대학원 전기전자공학과 (공학석사)
1995년 8월 : 원광대학교 대학원 (공학박사)
1969년 3월~1970년 9월 : 육군통신직업훈련소 교관 (ROTC, 6기)
1995년 11월~1996년 3월 : University of California, Irvine Com. Eng. 연구교수
1973년 3월~현재 : 조선대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
※주요관심분야 : 컴퓨터통신 제어, 디지탈신호처리, 이동통신, 신경 회로망

www.dbpia.co.kr