

# 다중 사용자 OFDM시스템에서 Gradual Neural Network를 이용한 채널 할당

## Channel Allocation Using Gradual Neural Network For Multi-User OFDM Systems

\*문은진, \*\*이창욱, \*\*\*전기준  
Eun Jin Moon, Chang Wook Lee, Gi J. Jeon

**Abstract** - A channel allocation algorithm of multi-user OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)system is presented. The proposed algorithm is to reduce the complexity of the system, using the GNN(gradual neural network) with gradual expansion scheme and the algorithm attempts to allocate channel with good channel gain to each user. The method has lower computational complexity and less iteration than other algorithms.

**Key Words** :channel allocation, multi-suer OFDM ,Gradual Neural Network

### 1. 서론

OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)시스템은 무선 통신에서 높은 데이터율의 서비스들을 제공하고 다중 경로 페이딩(Multi-path fading)을 극복할 수 있는 기술로 제안되었다[1]-[3].

현존하는 일반적인 이동통신 시스템에서 각 사용자에게 할당되는 채널은 고정되어 있다. 즉, 어떤 사용자들은 큰 경로 손실(path lose)와 랜덤 페이딩(random fading)의 영향으로 낮은 채널 이득을 갖는 채널을 제공받기도 한다. 그러나 서로 다른 사용자들을 위한 페이딩 성분들은 상호 독립적이다. 한 사용자에게 할당된 채널에서 깊은 페이딩이 나타날 때 다른 사용자들의 채널에서는 깊은 페이딩이 나타나지 않을 수도 있다. 그러므로 높은 데이터 량을 성취하기 위해서 순간적인 채널 정보를 바탕으로 각 사용자들에게 채널을 할당할 필요가 있다[4].

이 논문에 제안된 GNN[5]을 이용한 채널 할당 알고리즘은 다중 사용자 OFDM시스템의 성능을 향상시키기 위해 연구되었으며 각 사용자들의 순간적인 채널환경을 고려하고 있다. 시스템의 복잡성을 줄이기 위해 선택될 가능성이 높은 채널들을 각각의 그룹으로 만드는 Gradual expansion 방법을 사용하여 반복 횟수를 줄임으로써 기존의 알고리즘보다 계산시간을 줄일 수 있었다.

이 논문의 구성은 서론인 1장에 이어서 2장에서는 간략한 블록 구성도를 소개하고 제안한 채널 할당 알고리즘에 대한 설명이 이어지고 마지막장에서 결론을 맺는다.

### 2. GNN을 이용한 채널 할당 알고리즘

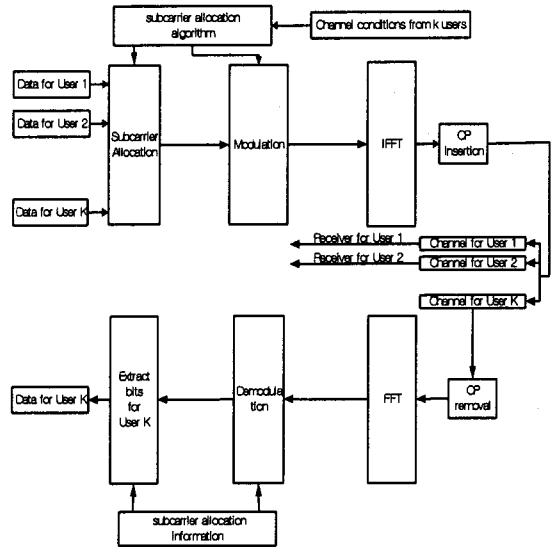


그림 1. 다중사용자 OFDM 시스템의 구성도

#### 저자 소개

- \* 文 銀 珍 : 慶北大學 電子學科 碩士課程
- \*\* 李 昌 旭 : 慶北大學 電子學科 博士課程
- \*\*\*全 琪 準 : 慶北大學 電子學科 教授·工博

그림1.의 다중 사용자 OFDM시스템에서는 각 사용자마다 채널의 페이딩이 다르고 상호 독립적으로 존재하기 때문에 우선적으로 채널환경에 따라 어떻게 채널을 할당할 것인가를 고려해야 한다.

이 논문에서는 N명의 사용자에게 M개의 채널 중 높은 이득을 갖는 채널을 선택하게 하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘에서 높은 이득을 갖는 채널을 다음과 같이 구한다..

$$\max U_{ij}(t+1) = U_{ij}(t) + \Delta U_{ij}(t) \quad (1)$$

여기서 입력 값인  $U_{ij}(t)$ 에 채널의 이득인  $S_{ij}$ 를  $-\frac{1}{S_{ij}}$ 으로 변환하여 대입하고  $\Delta U_{ij}(t)$ 을 이용하여 입력 값을 업데이트 하면서  $U_{ij}(t+1)$ 이 높은 채널을 선택한다.

높은 이득을 갖는 채널을 찾기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족시켜야 한다.

1) 각 사용자에게 h개의 동일한 채널을 할당한다.

$$(A\text{-term}) = -A \left( \sum_{q=1}^M V_{iq}(t) - h \right) \quad (2)$$

식(2)는 각 사용자에게 h개의 채널을 동일하게 할당하는 것을 나타낸다. 이 A-term이 0이 되면 h개의 채널이 동일하게 할당 된 것이다. A는 상수 값이고, 입력 값이 영보다 크면  $V_{iq}(t)=1$ 이고 영보다 작으면  $V_{ij}(t)=0$ 이다.

2) 같은 채널을 서로 다른 사용자가 선택 하는 것을 방지한다.

$$(B\text{-term}) = -B_0 \left( \sum_{p \neq i}^N V_{pj}(t) \right) \quad (3)$$

식(3)은 사용자가 동일한 채널에 할당 되지 않게 하는 것을 나타낸다. 이 B-term도 0이 되면 다른 사용자에게 같은 채널이 할당 되지 않았다는 것을 나타낸다.  $B_0$ 은 상수 값이다.

3) 입력 값을 업데이트 하는 과정에서 채널이 할당 되지 않는 경우를 방지한다.

$$(C\text{-term}) = C_0 h \left( \sum_{q=1}^M V_{iq}(t) \right) \quad (4)$$

식(4)에서 각 사용자에게 채널이 할당 되지 않을 때 C-term이 1이 되어 입력 값에 첨가되어 채널이 할당되게 하는 것을 나타낸다. 함수  $h(x)$ 는  $x=0$ 이면 1이고  $x \neq 0$ 이 아니면 0이다.

이 알고리즘의 첫 번째 단계인 초기 단계에서는 반복 횟수를 줄이기 위해 Gradual expansion방법을 구성하게 된다. P는 Gradual expansion방법에서 형성된 그룹의 수를 나타내고,  $T_h, S_h, T_w, S_w, T_p, T_{max}$ 는 상수 값을 나타낸다.  $U_{min}, U_{max}$ 는 입력 값을 나타낸다. 그 다음 단계인 반복 단계에는 각 사용자들에게 높은 채널 이득을 갖는 채널을 할당하기 위해 반복 단계를 최대 반복 횟수 까지 시행한다.

<GNN을 이용한 채널 할당 알고리즘>

1. 초기 단계

- 1) N과 M의 시스템 크기를 구성한다.
- 2) P, A,  $B_0$ ,  $C_0$ ,  $U_{min}$ ,  $U_{max}$ ,  $T_h$ ,  $S_h$ ,  $T_w$ ,  $S_w$ ,  $T_p$ , 와

$T_{max}$ 의 값을 정한다.

- 3)  $p = N * M / P$ 를 이용하여 각 그룹 안에 선택되는 채널의 개수를 정한다.
- 4) 채널이득이 큰 값부터 차례대로 나열한다.
- 5) 나열된 큰 값을 p개로 구성한다.
- 6) p개로 구성된 채널이득은 P개의 그룹을 형성한다.

2. 반복 단계

- 1)  $t=0, k=0$ 으로 구성한다.
- 2)  $i=1, \dots, N$  and  $j=1, \dots, M$ 인 입력 값  $U_{ij}(t)$ 에 음수 값이 되게 채널 이득을 구성하여 적용한다.
- 3) 초기단계에 형성된 P개의 그룹을 사용하여 다음과 같이 계산한다.:  
if  $k < P$  and  $(t \bmod T_p) = 0$  then  $k = k + 1$ .
- 4) 입력 값에 변화를 주기 위해 Neural Network 계산을 적용한다.

- 4-1) 입력 값을 업데이트 한다.  
if  $(t \bmod T_p) < S_w$  then

$$\begin{aligned} \Delta U_{ij}(t) &= -A \left( \sum_{q=1}^M V_{iq}(t) - h \right) \\ &\quad - B_0 \left( \sum_{p \neq i}^N V_{pj}(t) \right) V_{ij}(t) \end{aligned}$$

else

$$\begin{aligned} \Delta U_{ij}(t) &= -A \left( \sum_{q=1}^M V_{iq}(t) - h \right) \\ &\quad - B_0 \left( \sum_{p \neq i}^N V_{pj}(t) \right) \end{aligned} \quad (5)$$

if  $(t \bmod T_h) < S_h$  then

$$\Delta U_{ij}(t) = \Delta U_{ij}(t) + C_0 h \left( \sum_{q=1}^M V_{iq}(t) \right) \quad (6)$$

$$U_{ij}(t+1) = U_{ij}(t) + \Delta U_{ij}(t) \quad (7)$$

4-2) 입력 값을 제한한다.

If  $U_{ij}(t+1) > U_{max}$  then  $U_{ij}(t+1) = U_{max}$

If  $U_{ij}(t+1) < U_{min}$  then  $U_{ij}(t+1) = U_{min}$  (8)

4-3) McCulloch-Pitts 뉴런 모델에 의해 출력 값이 업데이트 된다.

if  $U_{ij}(t+1) > 0$  then  $V_{ij}(t+1) = 1$

else  $V_{ij}(t+1) = 0$  (9)

- 5) 만일 (5)식에서  $V_{ij}(t)=1$ 을 갖는 A-term 과 B-term이 모두 0이고  $t=T_{max}$ 가 되면 이 과정의 수행을 마치게 되지만 그렇지 않을 경우에  $t$ 는 1이 증가하고 3)으로 이동하여 다시 이 과정을 반복하게 된다.

### 3. 모의실험 및 결론

### 참 고 문 헌

본 논문에서 GNN을 사용한 채널할당은 다중 사용자 OFDM시스템의 성능을 향상시키기 위해 연구되었으며, 각 사용자들의 순간적인 채널 환경을 고려하였다. 제안된 알고리즘은 각 사용자들에게 높은 채널 이득을 갖는 채널을 선택하도록 하였으며, 동일한 채널이 다른 사용자들에게 선택되는 것을 해결하였고 선택될 가능성이 높은 채널들을 우선적으로 선택하게 하였다. 또한, 선택된 채널을 몇 가지의 그룹으로 만드는 Gradual expansion 방법을 사용하여 반복 횟수를 줄임으로써 기존의 알고리즘보다 계산시간을 줄일 수 있었다.

제안된 알고리즘의 모의실험 결과를 통해 기존의 채널 할당 알고리즘과 비교했을 때 BER측면에서 차이가 나지 않는다는 것을 확인 할 수 있었다.

- [1] R. van Nee and R. Prasad, OFDM for Wireless Multimedia Communications. Boston: Artech House 2000.
- [2] IEEE 802.11a, High Speed Physical Layer in the 5GHz Band, 1999.
- [3] ETSI BRAN, Broadband Radio Access Network (BRAN) HIPERLAN Type 2; Physical (PHY) layer, TS 101 475 v1.3.2 (2000-09)
- [4] H. Minn and V. K. Bhargava, "An investigation into time-domain approach for OFDM channel estimation," IEEE Trans. Broadcast., vol.46, pp.240-248, 2000.
- [5] Nobuo Funabiki, Seishi Nishikawa, "A Gradual Neural-Network Approach in Satellite Communication System", IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL, vol.8, nov. 1997.