

대용량 셀룰러 이동통신 시스템에 있어 새로운 채널할당 알고리즘

(A New Algorithm for Frequency Channel Assignment in High Capacity Cellular Mobile Communication Systems)

鄭 善 鐘*, 朴 世 耕*

(Seon Jong Chung and Se Kyoung Park)

要 約

본 논문에서는 대용량 셀룰러 이동통신 시스템에 있어 새로운 채널할당 알고리즘을 제안하였다. 새로 제안된 채널할당 알고리즘은, 고정배치된 채널이 모두 사용중인 Cell에, 요구된 Call의 서비스를, Idle한 채널이 있는 인접 Cell에서 대행하도록 하였으며, 채널의 순서적인 할당, 채널의 재할당 및 지향성 안테나의 사용등의 기법을 이용하였다. 49개의 cell로 구성된 시스템에 본 알고리즘을 Simulation 한 결과 고정채널 할당방식에 비해 18~38%의 높은 채널이용율을 나타내었다.

Abstract

A new algorithm for frequency channel assignment in high capacity cellular mobile communication systems is proposed. The algorithm is the advanced type of the fixed channel assignment scheme. It enables calls having all nominal channels busy to be served by adjacent cells have idle channels. Thus, it considerably reduces the blocking probability compared with the fixed channel assignment.

Simulation has been performed for a 49-cell system having uniform traffic density hexagonal array as a representative system lay out.

Results showed that new algorithm is better than the fixed channel assignment scheme in high capacity cellular mobile communication systems.

I. 서 론

이동통신 시스템에 있어 사용가능한 주파수 대역은 한정되어 있다. 그래서 한정된 주파수 스펙트럼을 유

효하게 사용하는 것은 시스템 구성에 있어 중요한 문제이다.^[1] 그리고 채널할당은 시스템 용량 및 장비구성에 큰 영향을 주며, 한정된 채널수로 채널의 이용율을 높이기 위해 채널할당 방식에 관한 연구가 많이 진행되어 오고 있다. 채널할당 방식은 크게 고정채널방식, dynamic 채널할당 방식 및 두방식을 혼합한 hybrid 채널할당 방식등 세가지로 나눌 수 있다.

고정채널할당 방식은, 시스템에서 사용가능한 채

*正會員, 韓國電子通信研究所
(Electronics and Telecommunications Research Institute)

接受日字: 1987年 5月 22日

널 집합을 몇개의 부분집합으로 나누어, 각 cell에 고정 배치하여 사용하도록 한 것이다.^[2] 그리고 채널의 부분집합은 동일채널 간섭이 미치지 않을 정도로 떨어진 cell들이 반복하여 사용한다.

각 cell에서는, 고정배치된 채널을 이용하여 요구된 call을 서비스할 수 있으며, 어떤 cell에 고정배치된 채널이 모두 사용중일 때 요구되는 새로운 call은, 인접 cell에 사용중이지 않은 채널이 있어도, 서비스받지 못한다. 즉 call이 요구되면 해당 cell에 고정배치된 채널만을 파악하여 사용중이 아닌 채널이 있어야만 서비스를 할 수 있다.

Dynamic 채널할당 방식은, 임의의 어떤 cell에서 시스템내의 사용가능한 어떤 채널도 dynamic하게 사용할 수 있도록 한 것이다. 즉 채널은 시스템의 상태를 고려하여 임의로 각 cell에 할당된다. 그래서 dynamic 채널할당 방식을 사용할 경우, 각 기지국은 시스템 제어부에서 지정해주는 임의의 채널을 송수신할 수 있어야 한다.^[3]

이 경우에는 어떤 cell에서 요구되는 call에 할당할 사용가능한 채널을 찾기 위해 시스템 전체에 배치된 모든 채널의 사용 상태를 파악하여야 한다. 여기서 사용가능한 채널이란, 임의의 cell에서 사용하여도 인접 cell들에 신호간섭을 주지않는 채널을 의미한다. 그리고 사용가능한 채널이 없을때는 서비스를 제공받지 못하게 된다. 그리고 사용가능한 채널을 찾을 때는, 임의의 순서에 의해 행해질 수 있으며, 한개 이상의 채널이 사용가능할 경우 First Available, Mean Square, Mean Square+1, Nearest Neighbor, Ring 등 정해진 방법에 의해서 한개의 채널로 정해져야 한다.^[4]

Hybrid 채널할당 방식은, 전체의 채널집합을 우선 고정채널집합 및 dynamic 채널집합으로 나누어, 다시 고정채널집합을, 고정채널할당 방식과 같이, 몇개의 부분집합으로 나누어 각 cell에 고정배치한다. 여기서 부분집합의 수는 동일채널간섭을 받는 거리내에 산재하는 cell 수에 의해 정해지며, cell 당 채널수는 각 cell별로 traffic이 다를 경우, traffic에 비례하여 정해진다. Call이 요구되면 고정배치된 채널을 우선적으로 사용하며 고정배치된 채널이 모두 사용중일때, 요구되는 call에 대해서는 dynamic 채널 할당방식으로 dynamic 채널중 사용가능한 채널이 할당된다.

이와같이 dynamic 및 hybrid 채널할당방식은 시스템 전체 또는 일부의 채널을 dynamic하게 할당하기 때문에, 고정채널할당방식에 비해 채널 이용율이 높다. 그러나 두방식을 사용하여 시스템을 구성하려면 임의로 할당되는 채널을 혼합하여 송수신할 수 있는

안테나 공용장비가 각 cell의 기지국에 필요하며 또 각 채널의 사용상태를 항상 파악하고 인접 cell간의 간섭상태를 고려해야 하는 등 시스템의 S/W 및 H/W의 구성이 복잡하고 경제적으로 실현하기가 힘들다.

대부분의 cellular 이동통신 시스템에서 현재 사용되고 있는 채널할당 방식은 고정채널할당 방식이다. 왜냐하면 고정채널할당 방식은 경제적으로 비용이 저렴하고 기술적으로 실현하기가 쉽기 때문이다. 그러나 고정채널할당 시스템은, 고정배치된 채널이 모두 사용중일 경우 call이 채널할당을 요구한다해도 인접 cell의 idle 한 채널이 있음에도 불구하고 서비스되지 못하므로 높은 호손율(call blocking rate : 요구된 call 수와 blocking된 call 수와의 비)을 나타낸다. 그러므로 가입자시설이 확장되어, 처리하여야 할 traffic이 증가하면 기존의 고정채널할당 방식보다 채널이용율이 높은 채널할당 방식으로 바꾸어야 한다. 이때 사용되어질 채널할당 방식은, 채널이용율도 높아야 하지만, 기존의 고정채널할당 시스템과 상호 호환성이 있으며, 경제적으로 실현할 수 있어야 할 것이다. 따라서 고정채널할당방식에 있어 인접 cell의 사용중이지 않은 채널을 이용하여 채널이용율을 높일 수 있는 할당 알고리즘이 있다면 상기의 제한조건을 만족할 것이며 dynamic 및 hybrid 할당 방식에 비해 경제적으로 유리할 것이다.

이러한 알고리즘으로는 현재 채널 borrowing, directed retry 등이 제안되었는데, 이러한 방식들은 인접 cell의 서비스 대행 방식들을 제안하고 있다.

인접 cell의 사용중이 아닌 채널을 이용하는 방식 중 채널 borrowing은, 고정 배치된 채널이 모두 통화중 일때 요구되는 call을, 인접 cell의 사용중이 아닌 채널을 빌려와서, 빌려온 채널로 서비스하는 방식으로 고정채널할당 방식에 비해 채널 이용율을 높인다.^{[5][6]} 그러나 채널 borrowing을 실제 적용하려면 인접 cell의 채널을 빌려올 것을 예상하여 인접 cell의 채널로 송수신할 장비를 각 기지국에 추가로 설치해야 하므로, 경제적인 부담이 뒤따른다.

Cellular 시스템에 있어, 통상적으로 cell의 형태는 육각형으로 구성되어 cell간의 구분이 뚜렷하지만, 기지국에서 송출되는 신호의 전계분포는(그림1)과같이 인접 cell에 중복되는 경우가 많다.

따라서 가입자 단말기가 cell의 가장자리에 있을 경우, 자신이 위치한 cell뿐만 아니라, 전계강도가 중복되는 인접 cell과의 통신도 가능하다. 이것을 이용하여, 가입자가 위치한 cell에 사용중이 아닌 채널이 없을 경우, 전계강도가 중복되는 cell중 사용중이 아닌 채널이 있는 cell에서 가입자의 call을 대신 서비

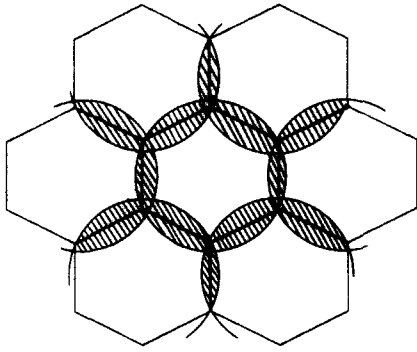


그림 1. 인접 cell간의 전계분포의 일례(빗금친 부분은 서로 전계강도가 중복되는 지역임)

Fig. 1. The hypo thetical radio for a cellular mobile system.

스할 수 있다.¹⁾ 이것이 directed retry 방식이며 기지국에 아무런 장비의 추가됨이 없이 채널이용율을 높일 수 있다. 그러나 이방식은 가입자의 위치와 전계분포에 큰 영향을 받는 단점이 있다.

본 논문에서는 위에서 제안된 2가지의 인접cell의 서비스 대행 방식들을 개선할 수 있는 또 하나의 새로운 인접 cell의 서비스 대행 방식에 관하여 설명하고, 3절에서는 이 알고리즘의 simulation 방법 및 결과에 대하여 설명하였다.

II. 새로운 채널할당 알고리즘

앞절에서 설명한 채널 borrowing 및 directed retry 방식을 상호 보완하여, 고정배치된 채널이 모두 사용중 일때 요구되는 call을, 사용중이 아닌 채널이 있는 인접 cell에서, 직접 서비스하도록 하여 기지국에 추가되는 장비는 물론 가입자의 위치에 전혀 무관하게, 채널이용율을 높일 수 있도록 한 것이 여기서 제안하고자 하는 인접 cell의 서비스 대행 방식이다.

인접 cell의 call을 서비스하려면 각 cell의 크기를 같다고 볼 때 평소 자기 cell의 call을 서비스할 때보다 기지국의 송신출력은 약 9dB정도 높아야 한다. 그래서 서비스를 대행하는 cell과 동일 채널을 사용하는 간섭 cell중 가까이 있는 cell은 동일 채널간섭을 받아 서비스를 대행하는 해당채널을 사용못하게 된다. 그리고 인접 cell의 call을 서비스할 수 있는 사용가능한 채널은, call이 요구된 cell의 인접 cell중 채널 여유가 가장 많은 cell에서 선택되어야 하지만, 서비스를 대행하는 cell에 동일 채널을 사용하

는 cell중 간섭을 받는 cell에서 사용하고 있지 않는 채널이어야 한다.

여기서 제안하는 채널할당방식은 순서적인 채널할당, 채널재할당, 지향성 안테나의 사용등 세가지 기법을 사용함으로써 이러한 일련의 문제점들을 해결하고자 한다.

1. 순서적인 채널할당

각 cell에서, 고정배치된 채널들의 할당 순서를 미리 정하여, 자기 cell내의 call에 대해서는, 할당 순서가 앞부분인 채널부터 할당해 나가면 인접 cell의 call을 대신 서비스할 때는 뒷 부분의 채널을 사용할 수 있는 확률이 높아진다.

이와같이 각 cell에서 채널을 순서적으로 할당하면 동일 채널을 사용하는 간섭 cell들이 같은 채널을 중복하여 사용할 확률이 높아지므로 인접 cell의 call을 서비스해줄 유효 채널을 확보하기가 쉬워진다.

2. 채널 재할당

인접 cell의 채널로 자기 cell내의 call이 서비스 받을 경우, 이 채널이 어느 시기에 call의 서비스가 종료되느냐에 따라, 채널이용율은 크게 달라진다. 만약 가장 쉬운 방법으로, 인접 cell의 채널을, 서비스 받고 있는 call이 통화가 종료될 때 까지 그대로 둔다면, 서비스해주고 있는 채널 뿐만 아니라 동일 채널을 사용하고 있는 cell중 간섭을 받는 cell에서는, 그 채널을, 그 때까지 사용하지 못하게 되므로 call 한 개를 서비스하기 위해 몇개의 채널이 오랫동안 소모되어 오히려 채널이용율이 낮아질 수 있다.

인접 cell로 부터 서비스를 대행받고 있는 cell에서 사용중이던 고정채널중 통화가 종료되는 채널이 생겼을 때, 인접 cell이 대신 서비스해주던 call을 통화가 종료된 고정채널로 서비스하고 인접 cell의 채널을 원래 상태대로 되돌려 주어 인접 cell의 채널 사용시간을 최소화함으로써 채널이용율을 높일 수 있다. 또 고정배치된 채널중 통화가 종료되는 채널이 생겼을 때, 인접 cell이 서비스 해주는 call이 없을 경우, 사용중인 고정채널중 사용순서가 맨 마지막인 채널이 서비스하던 call을 넘겨 받는다. 이러한 일련의 채널 바꿈을 채널 재할당이라 하며²⁾ 현재 운용중인 자동차 전화 시스템에 있어 통화중인 이동국이 다른 cell지역으로 이동하였을 경우 통화의 연속을 위하여 행하는 Handoff 기능과 유사하다.

3. 지향성 안테나의 사용

인접 cell의 call을 서비스할 때, 동일채널 간섭을 받는 cell수를 줄여 채널 이용율을 보다 높이기 위해 지향성 안테나를 사용하는 것도 제안한다.

상기의 세가지기법을 이용하여 인접 cell의 서비스 대행 방식을 다음의 예를 들어 설명한다.

그림 2는 cellular 시스템의 일례이다. R의 반경을 가진 모두 49개의 cell로 구성되었으며 동일 채널 재사용 허용거리가 약 4.58R로서 한개의 cluster가 7개의 cell로 구성되었다. 그리고 각 cell의 traffic은 일정하다고 가정하여 10개의 채널을 배치하였다.

Cell (G4)에 고정배치된 채널이 모두 사용중인 상태에서 또 다른 call이 요구되었을 경우 cell (G4)의 인접 cell(모두 6개)중 서비스를 대행할 수 있는 유효 채널이 있는 cell에서 서비스를 대행할 수 있다. 만약 cell(G4)의 인접 cell중 cell(G1)과 동일채널을 사용하는 간섭cell들이 채널할당을 순서적으로 하여 채널의 사용상태가 표 1과 같다면 cell(G1)의 채널(10)로 cell(G4)의 요구된 call을 서비스할 수 있게 된다. 그리고 cell(G4)의 통화중이던 고정채널중 통화가 종료되는 채널이 발생하였을 때, 이 채널로 인접 cell(G1)

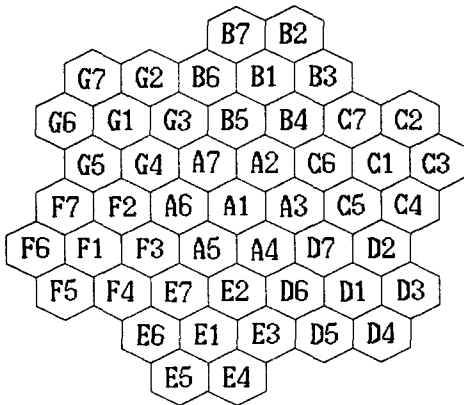


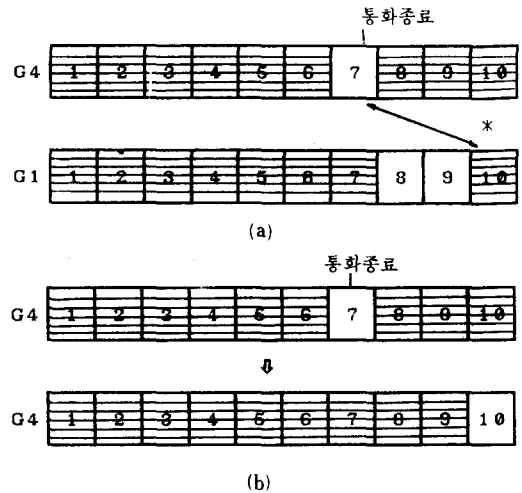
그림 2. Cellular 시스템의 일례
Fig. 2. An example of cellular system(49cells).

표 1. 각 cell에서의 채널 사용상태
(○ : 사용중임)
Table 1. The hypothetical status of channels
(○ : the channel is in use).

채널 Cell	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Call 요구수
A 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○		9
B 1	○	○	○	○	○	○	○				8
F 1	○	○	○	○	○	○	○	○			8
G 1	○	○	○	○	○	○	○				7

이 서비스해주던 call을 넘겨받아 서비스를 대행 해주던 cell(G1)의 채널을 원래상태대로 되돌려 준다. 이러한 채널바꿈을 채널재할당이라 하며 서비스 대행 채널의 사용시간을 최소화 한다(그림3(a)참조).

한편 인접 cell로 부터 서비스를 대행받는 call이 없을 경우, 사용중인 고정채널중 사용순서가 맨마지막인 채널을 통화가 종료된 채널과 채널 재할당을 하여 인접 cell의 call을 서비스할 때 사용할 수 있도록 확보해 둔다(그림3(b)참조).

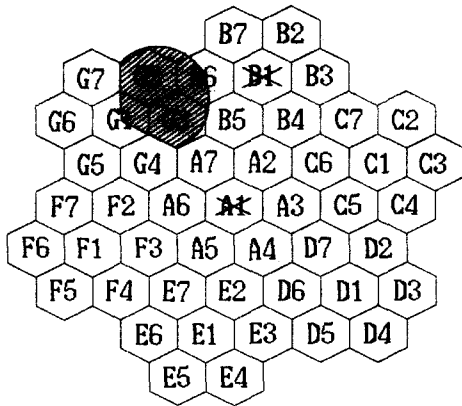


* cell (G4)의 call을 서비스 하고 있는 채널임.

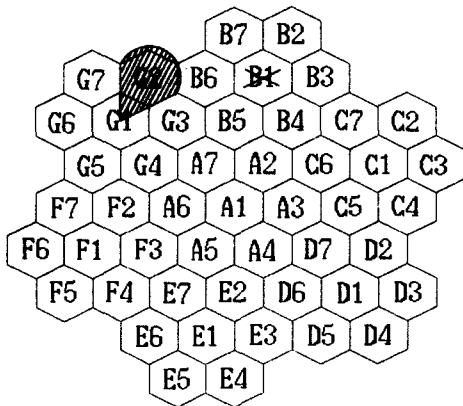
그림 3. 채널 재할당의 일례
(a) 인접 cell의 채널과 채널 재할당
(b) 자기 cell의 채널과 채널 재할당
Fig. 3. An example of channel reassignment.
(a) Channel reassignment (1).
(b) Challe reassignment (2).

Cell (G2)의 고정채널이 모두 사용중일 때, 요구된 call을 cell(G1)에서 대신 서비스하고 있다고 할 때 cell(G1)에서 무지향성 안테나를 사용하면, cell(G1)과 동일채널을 사용하는 간섭 cell중 cell(A1, B1, F1)에서는, 동일채널 간섭으로 인해, cell(G1)이 cell(G2)의 call을 서비스해주는 채널을 사용하지 못하게 된다. 그러나 cell(G1)이 120도 지향성 안테나를 사용하여 cell(G2)의 call을 서비스하면, cell(F1)에서는 그 채널을 사용할 수가 있고 60도 지향성일 경우 cell(A1)에서도 사용할 수 있게된다(그림4참조).

앞서 설명한 서비스 대행 방식들을 실현하는데 있어 기존의 고정채널할당 시스템에 추가로 소요되는 H/W, S/W를 표로 나타내면 <표 2>, <표 3>과 같다.



(a)



(b)

그림 4. 지향성 안테나를 사용하였을 때의 간섭상태 (X : 간섭받는 cell을 나타냄)

(a) 120도 지향성 안테나를 사용하였을 경우

(b) 60도 지향성 안테나를 사용하였을 경우

Fig. 4. The using of directional antenna.

(X : interfering cell).

(a) 120 degree directional antenna.

(b) 60 degree directional antenna.

표 2. 방식별 추가되는 H/W

Table 2. The additional H/W.

방 식	추가되는 H/W
채널 borrowing	인접 cell의 채널 송수신 장비
Directed retry	없 음
인접 cell의 대행	지향성 안테나

표 3. 방식별 추가되는 S/W

Table 3. The additional S/W.

방 식	추가되는 S/W
채널 borrowing	간접 cell들의 채널 사용상태 추적
Directed retry	인접 cell간의 채널 사용상태 추적
인접 cell의 대행	간접 cell들의 채널 사용상태 추적

III. 알고리즘의 Simulation

컴퓨터 simulation에 사용된 서비스 지역은(그림 2)와 같이 R의 반경을 가진 cellular 시스템이다. 채널 재사용 허용거리가 약 4.58R로 7-cell 반복 형태이며 모두 49개의 cell로 구성되어 있다.

Simulation을 수행하는데 있어 다음과 같은 가정을 하였다.

(1) 각 cell의 traffic량은 일정함. (각 cell에 10개 씩의 채널을 할당함)

(2) 각 cell의 통화 요구분포는 poisson 분포를 따르며(Erl-B 분포), 통화 시간은 60초로 일정함.

(3) 가입자는 통화중에 다른 cell로 이동하지 않음 상기의 가정하에 각 cell에 요구되는 평균 traffic을 0.5Erl/채널에서 0.8Erl/채널로 변화시켜가며 또 기지국 안테나를 무지향성 및 지향성(120도, 60도)으로 바꿔가면서, 호손율과 call의 수행율을 구하였다.

본 simulation에서 사용한 채널할당 흐름도는(그림 5)와 같다.

새로운 채널 할당 알고리즘을 simulation한 결과를 그림6, 그림7에 나타내었다.

그림 6은 요구된 traffic에 대해 서비스받지 못하고 blocked된 call 즉 호손율을 나타내었다. 요구되는 traffic이 0.6erl/ch 이하일때는 고정채널할당방식에 비해 호손율이 1/4이하로 감소함을 알 수 있으며 기지국 안테나의 지향각이 낮을수록 호손율은 현저히 낮아짐을 알 수 있다.

그림 7은 요구된 traffic에 대한 채널의 이용율을 나타내며 이것 역시 기지국 안테나의 지향성이 낮을수록 채널 이용율이 높아짐을 알 수 있다. 그리고 본 simulation에 있어 인접 cell의 call을 서비스할 경우는, 자기 cell내의 call을 서비스하는 기지국 안테나와, 다른 안테나(무지향성 또는 지향성)를 사용하였다.

IV. 결 론

Simulation 결과에 의하면 새로 제안된 알고리즘은, 3%의 호손율에서 고정채널할당방식에 비해 18~38

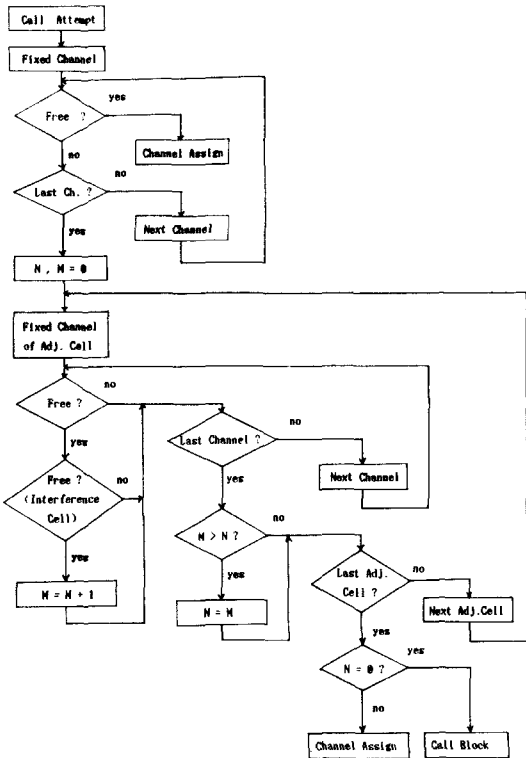


그림 5. 채널할당 흐름도
Fig. 5. Flowchart of channel assignment.

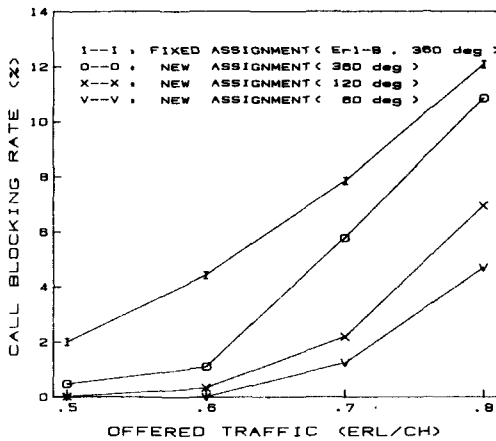


그림 6. 호손율의 비교
Fig. 6. Comparison of blocking rate.

%의 높은 채널이용율을 나타내었다. 따라서 이것은 주파수 채널이 한정된 cellular 이동통신 시스템에서 채널이용율을 높일 수 있는 효과적인 방법임을 알

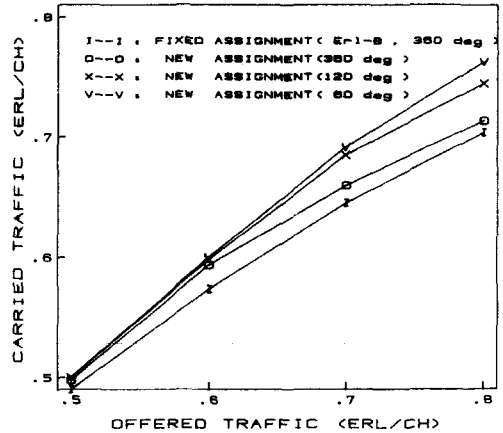


그림 7. 채널 이용율의 비교
Fig. 7. Carried traffic to offered traffic.

수 있다. 새로 제안된 채널할당 알고리즘은, 고정 배치된 채널이 모두 사용중인 cell에, 요구된 call의 서비스를, idle한 채널이 있는 인접 cell에서 대행하도록 하였으며, 채널의 순서적인 할당, 채널의 재할당 및 지향성 안테나의 사용 등의 기법을 이용하였다. 그래서 새로 제안된 알고리즘은 시스템 전체 또는 일부채널을 dynamic하게 할당하는 dynamic 및 hybrid 채널할당방식에 비해 기존의 고정채널할당 시스템에 기술적으로 쉽게 적용할 수 있으며 경제적으로 채널 이용율을 높일 수 있을 것이다.

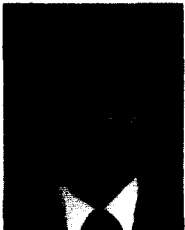
参 考 文 献

- [1] Masakazu Sengoku, "A dynamic frequency assignment algorithm in mobile radio communication systems," IECE (Japan), 1978. 7.
- [2] William C. Jakes, "Microwave mobile communication," John Wiley & Sons, 1974.
- [3] 桑原 守二(監修), "自動車 電話," 電子通信學會, 1985.
- [4] 仙石 正和 外, "채널할당알고리즘," 電子通信學會誌, 1986. 4.
- [5] Said M. Elnoubi, "A new frequency channel assignment algorithm in high capacity mobile comm. system," *IEEE Trans. Veh.* vol. VT-31, no. 3, Aug. 1982.
- [6] Jun Tajima, "Flexible channel assigned high capacity mobile comm. systems," *ICC*, 1986.

[7] Berth Eklundh, "Channel utilization and blocking probability in a cellular mobile telephone system with directed retry," *IEEE Trans. Com.*, vol. Com.-34, no. 4, Apr. 1986.

[8] 仙石 正和 "移動通信系로의 再配置接續의 適用," *電子通信學會 論文誌*, vol. J64, no. 9, 1981. 9. *

著 者 紹 介



鄭 善 鐘 (正會員)

1943年 1月 6日生. 1964年 서울대학교 전기공학과 공학사학위 취득. 1969年 미국 South Dakota 주립대학 전자공학과 석사학위 취득. 1972年 미국 Minnesota 대학 전산과 석사과정 수료. 1976年 미국 Pennsylvania 주립대학 전자공학과 박사학위 취득. 1969年~1972年 미국 Control Data사 연구원. 1976年~1978年 미국 Lockheed 전자회사 책임연구원. 1978年~1982年 미국 Ford Aerospace & Communication사 책임연구원. 1983年~현재 한국전자통신연구소 책임연구원. 주관심분야는 Computer Network 등임.



朴 世 耕 (正會員)

1960年 1月 14日生. 1984年 경북대학교 전자공학과 공학사학위 취득. 1984年~1985年 (주)금성사 구미연구소 연구원. 1985年~현재 한국전자통신연구소 위성통신연구실 연구원. 주관심분야는 Cellular 이동통신 시스템, 위성통신 지상시스템 등임.