

《特別寄稿》

디지털 셀룰러 이동통신 시스템에서의 무선망 계획 Radio Network Planning in Digital Cellular Mobile Systems

차 동 완, 권 준 혁

□ 차 례 □

I. 서 론	IV. CDMA 시스템의 무선망 설계
II. 무선망 계획(Radio Network Planning)	V. 결 론
III. TDMA 시스템의 무선망 설계	

I. 서 론

이동통신 시스템의 폭발적인 수요증가로 인해 기존 아날로그 방식으로는 만족할 만한 수준의 서비스를 제공하는데 한계에 이르렀으며, 이를 해결하기 위한 방안으로 디지털 방식의 이동통신 기술이 개발되었다. 현재 이의 대표적인 예로 시분할 다중접속(Time Division Multiple Access, TDMA) 방식과 부호분할 다중접속(Code Division Multiple Access, CDMA) 방식들을 들 수 있다[1,2,14].

디지털 시스템에서의 무선망 계획 과정은 각 시스템에서 사용되는 무선 기술의 특성들로 인해 기존의 아날로그 시스템과 다르다. 특히 CDMA 방식을 사용하는 시스템은 TDMA에 비해 아날로그 시스템과 큰 차이가 있으므로, 무선망 계획에 관한 기존 연구들을 그대로 적용하는 데 문제가 있다. 현재 우리 나라는 이동 및 개인휴대통신(Personal Communication Systems, PCS)의 근간 기술로 CDMA를 확정된 단계이므로, CDMA 시스템에 대한 무선망 계획 기술의 확보는 중요한 의의를 갖는다.

한정된 무선 자원을 효율적으로 이용하기 위해서는 적절한 망이 구축되어야 하며, 이를 위해 제공하고자 하는 서비스 수준과 시스템을 구축하는데 드는 비용과의 상관관계(trade-off) 분석이 필요하다. 더욱이 서비스 지역에서의 트래픽 상황 및 전파전파(radio propagation) 환경 그리고 기타 시스템 관련 환경 등

은 불규칙적이고 복잡하다. 그러므로 무선망 계획의 과정에는 이러한 점들이 고려되어야 한다. 차후 디지털 시스템에 관한 연구들은 PCS 무선망 계획시 활용 가능하다.

본 고에서는 우선 셀룰러 시스템의 기초 개념 및 전반적인 무선망 계획에 관해 알아보고, 이후 TDMA와 CDMA 시스템에서의 망 계획 과정을 제시한다. 이때 망 계획시 고려하여야 할 시스템의 특성들에 관한 연구를 우선적으로 수행하며, 이들을 망 계획 과정에 적절히 반영한다. 마지막으로 결론과 앞으로의 연구 방향을 살펴본다.

II. 무선망 계획(Radio Network Planning)

2.1 무선망 계획의 정의 및 범위

가입자 수는 서비스의 도입, 성장, 성숙, 쇠퇴기에 따라 변하게 되며, 이러한 변동 추세에 따라 적절한 무선망이 구축, 운용되어야 한다. 무선망 계획은 대상으로 하는 시스템을 초기에 설치하는 경우(예를 들면 디지털 시스템과 같이 새로운 서비스를 제공하는 경우)와, 시스템이 운영되는 과정에서 서비스 가입자의 증감에 의한 통화 요구량의 변동이나 가용 주파수의 변화 등과 같은 외적 요인으로 인해 추가로 망을 재구성(reconfiguration) 혹은 확장(expansion)하는 경우로 구분할 수 있다. 즉, 무선망 계획은 시스템을 구축한 후 가입자 수요 변동에 관한 정확한 예측을 통해

적절한 시기에 시스템을 확장하는 일련의 과정으로 정의하며, 전자를 무선망 설계(radio network design), 후자를 무선망 확장(radio network expansion)이라 부르도록 한다.

무선망 계획의 범위는 다음과 같다. 우선, 서비스 지역에서의 트래픽 예측치가 주어진 경우 목표로 하는 수준의 서비스를 제공하기 위한 기지국(base station) 수에 대한 분석이 필요하다. 동시에 각 기지국의 위치 및 서비스 영역, 안테나 형태와 높이, 전송 전력, 할당된 주파수 정보 등 기지국 관련 모수들도 결정한다.

이 외에도 무선망 계획에는 이동 통신망에서의 교환기 및 HLR(Home Location Register), VLR(Visiting Location Register)의 위치선정, 또는 이동국(mobile station)의 위치정보 관리를 효율적으로 하기 위한 위치영역(location area)의 결정 등도 포함될 수 있다. 하지만 모든 부분을 다루기에는 연구의 범위가 너무 광범위하므로, 본 고에서는 초기 시스템 구축과 관련된 무선망 설계에 중점을 둔다.

2.2 무선망 계획의 입력요소

무선망 계획에 필요한 기본 입력 자료들은 크게 다음의 세가지로 구분할 수 있다.

- ① 지리 및 트래픽 자료(geographic and traffic data) : 서비스 지역에 관련된 지리 및 트래픽 상황에 관한 정보(예 : 산, 언덕, 건물 등의 지형, 지물 자료, 최번 및 평균 트래픽 상황 자료)
- ② 무선 시스템 관련 자료(radio system data) : 사용 가능한 무선 자원에 관련된 정보 및 시스템이 갖는 특징적 요소(예 : 사용할 수 있는 전체 주파수 대역, 하나의 채널을 구성하는 주파수 대역폭(bandwidth), 핸드오프(hand-off) 등과 같은 주파수 운용 방안 등)
- ③ 서비스 품질(service quality) : 시스템이 제공 또는 허용하는 서비스 수준(예 : 통화품질, 호 절단율(call blocking probability), 호 설정 지연시간, 주파수 간섭 정도 등)

이 외에도 무선망 계획시 다음과 같은 입력 자료가 주어질 수 있다. 첫째, 사용할 수 있는 주파수에 대한 제약이다. 현실적으로 전체 주파수 대역을 사업자들에게 분배하는 과정이나, 혹은 도서나 산간과 같은 특수지역에서의 주파수 사용에 제약이 있을 수 있다. 둘째, 기지국 후보지에 대한 제약이다. 디지털 시스템의 망 구축시 기존 아날로그 시스템의 기지국에 추가

로 디지털 장비를 설치하는 방안을 고려할 수 있으며, 이때 비용 절감을 위해 디지털 시스템의 기지국 후보지를 아날로그 시스템의 것으로 제한할 수 있다. 이러한 현실 상황들을 적절히 반영할 수 있는 무선망 계획의 과정이 필요하다.

2.3 육각형 셀 구조에서의 무선망 계획

무선망 계획의 대표적인 모델은 셀을 육각형 구조(hexagonal structure)로 가정한 것으로, 대상으로 하는 서비스 지역을 동일 크기의 육각형 셀로 나눈다. 이는 육각형이 원의 모양과 근사하고 이론적 분석이 용이하기 때문이다. 기지국은 육각형의 중앙(center) 혹은 코너(corner)에 위치하며, 안테나의 형태에 의해 선방향 셀(omni cell) 또는 구역 셀(sector cell)로 구분된다. 셀룰러 이동통신 시스템의 기초 개념인 주파수 재사용(frequency reuse)과 셀 분할(cell splitting)은 육각형 셀 시스템에서 다음과 같이 표현 가능하다.

- ① 주파수 재사용 : 주파수 재사용이란 서로 떨어져 있는 셀들간에 동일 주파수를 사용하는 것을 의미한다. 인접해 있는 셀들간에는 주파수 간섭 등의 이유로 동일 주파수를 사용할 수 없으므로, 전체 가용 주파수를 N개의 주파수군(frequency set)으로 나눈 후 이들을 셀에 할당한다. 이때 같은 주파수군을 사용하는 셀들간에는 일정거리이상이 떨어져야 하며, 이를 주파수 재사용 거리(frequency reuse distance)라 한다[6]. 재사용 거리는 셀들간의 간섭 정도를 고려한 N값과 육각형 셀의 반지름에 의해 결정되며, 효율적인 주파수 사용을 위해서는 동일 주파수를 사용하는 셀들간의 거리가 재사용 거리에 근접할수록 바람직하다. 육각형 셀 구조에서는 이러한 관계가 기하학적으로 표현 가능하다. 즉, 다음의 <그림 1>은 N이 7일 때 동일 주파수를 사용하는 셀들간의 거리가 재사용 거리와 같은 경우의 주파수군 할당 상황을 나타내며, 이를 콤팩트 패턴(compact pattern)에 의한 주파수 할당이라 한다.
- ② 셀 분할 : 가입자수가 증가하여 한 셀에서 서비스할 수 있는 최대 가입자수를 초과하는 경우, 셀을 분할하게 된다. 셀 분할의 과정은 <그림 2>와 같이 기존셀을 반지름이 절반인 작은 크기의 신규 육각형 셀로 분할한다. 이때 셀의 크기가 변함에 따라 주파수 재사용 거리가 달라지게 되며, 이는 인접해 있는 셀에서의 주파수 사용에 제약을 가하

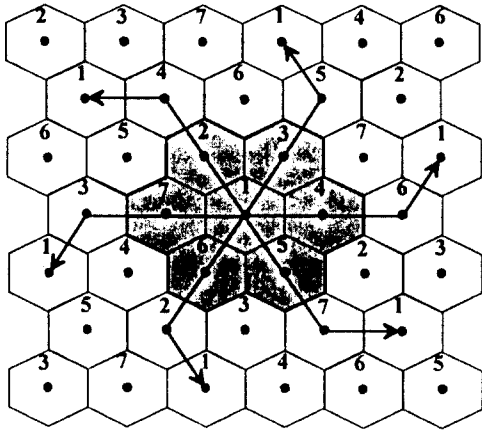


그림 1. N이 7인 경우, 컴팩트 패턴에 의한 주파수군 할당

게 된다. 이를 해결하기 위해 그림에서와 같이 주파수군을 A'과 A''으로 구분하며, 신규셀과 인접해 있는 셀의 안쪽에서는 A'의 주파수군만을 사용한다. 이러한 이유로 셀 분할이 이루어진 셀에 인접해 있는 셀은 이중구조(overlay) 형태가 된다.

그 후 전체 주파수를 재사용 패턴의 종류로 나눈 주파수군들을 패턴에 의해 할당한다. 앞에서와 같이 특정 지역의 트래픽이 증가한 경우에도 셀 분할의 개념을 이용하여 무선망을 확장한다.

2.4 현실 상황에 대한 무선망 계획

기존 연구들에서 지적된 바와 같이, 이상적 상황에서의 무선망 계획 과정을 복잡한 현실 문제에 적용하는 데에는 한계가 있다[4,5,6,8,9]. 첫째, 대상으로 하는 서비스 지역의 도로 상황이나 시간에 따른 트래픽 상황 등은 불균등하므로, 동일한 크기의 육각형 셀 구조에 의한 균등 트래픽 가정은 현실 상황을 반영하지 못한다. 둘째, 정규적인 재사용 패턴에 의한 주파수군 할당은 지형적, 지리적 특성을 배제한 것이다. 기지국들이 위치한 지역의 특성들로 인해(도심지역이나 강, 산과 같은 곳) 셀들간의 주파수 간섭 정도는 일정하지 않으며, 따라서 이상적 전파전파 환경하의 주파수군 할당은 간섭 문제를 유발하게 된다. 그러므로 이상적 환경하의 망 계획 방법을 현실 문제에 직접 적용하는 것은 한계가 있으며, 결국 현실적 제약들이 고려된 새로운 과정이 필요하다.

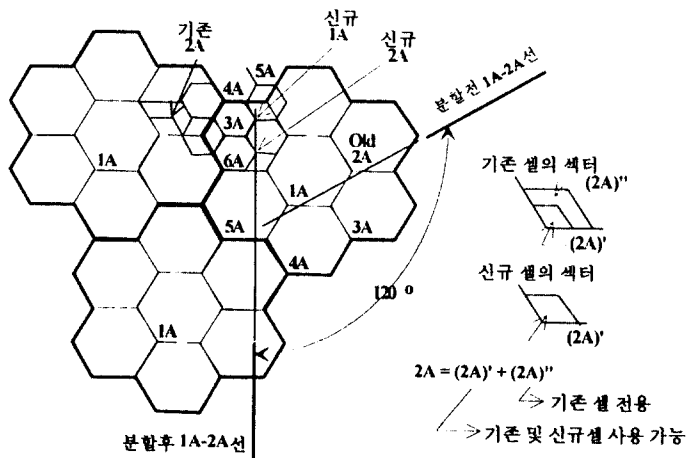


그림 2. 섹터 셀에서의 셀 분할 과정

이러한 셀룰러 시스템의 기초 개념을 이용하여, 균등 트래픽과 이상적 전파전파 환경에서의 무선망 계획은 육각형 셀 구조에서 쉽게 구현된다. 즉, 동일 크기의 육각형 셀을 구성한 후 만족할 만한 수준의 서비스 품질을 제공하는 주파수 재사용 패턴을 찾는다.

무선망 설계(Radio Network Design)

망 설계에 필요한 외부 입력요소들이 주어진 상황에서 서비스에 필요한 적정 기지국의 개수, 기지국의 위치와 영역 그리고 사용 주파수 등에 대한 결정을 한다. 현재까지 현실 상황 및 디지털 시스템의 특

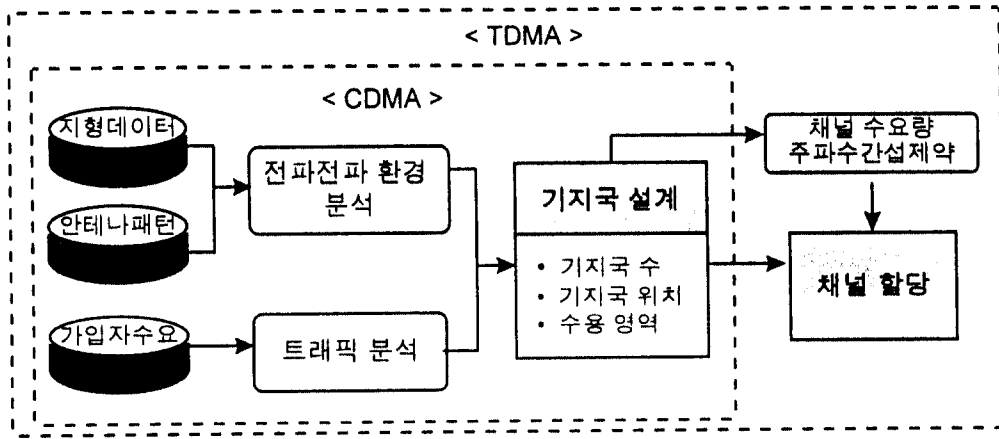


그림 3. 무선망 설계 과정

영이 반영된 무선망 설계에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 본고에서 TDMA, CDMA의 설계 과정을 제시한다.

셀들간의 주파수 사용에 제한이 있는 TDMA 시스템에서는 기지국 관련 모수들과 사용 주파수에 관한 결정을 동시에 해야 하는 어려움이 있으므로, 두 과정에 대한 단계적 접근이 바람직하다. 반면 CDMA 시스템은 모든 셀에서 동일 반송파(carrier)를 사용하므로 <그림 3>에서와 같이 채널할당의 과정이 생략되지만, 이로 인한 사용자간 간섭관계에 대한 분석이 필요하다. 각 시스템에 대한 무선망 설계의 과정은 다음의 3장과 4장에서 살펴본다.

무선망 확장(Radio Network Expansion)

가입자의 변동에 의한 시스템 확장 방안으로 다음을 생각할 수 있다.

- ① 셀 분할의 개념을 이용하여 기지국 수를 늘리는 방안이다. 일부 지역에서의 트래픽이 증가한 경우, 그 지역의 셀을 신규셀로 분할한다. TDMA 시스템에서는 신규셀들과 기존셀들간의 주파수 간섭에 대한 분석이 우선되어야 하며, 이를 근거로 주파수 간섭을 받게 되는 기존셀과 신규셀들에 새로이 주파수를 할당한다. 이때 기존셀에 할당되어 있는 주파수들의 변경은 최소화하는 것이 바람직하며, 이를 다룬 연구로 최소 변경 채널할당 (perturbation-minimizing channel assignment)이 있다.[15] 이에 비해 CDMA 시스템은 동일 반송파를 사용하므로, 셀의 커버리지(coverage)를 결정하는 파일럿(pilot) 세기를 조정하는 작업이 필요

하다.

- ② 백화점이 있는 도로와 같이 특정 지역에 트래픽이 밀집된 경우, 이 지역에 마이크로셀(micro-cell)을 도입하여 기존셀을 우산셀(umbrella-cell)로 활용하는 방안이다. TDMA 시스템인 경우 특정 지역에 마이크로셀을 도입함으로써 인해 우산셀 외의 주변 인접셀들에서 주파수 사용에 제약을 받게 된다. 하지만 CDMA 시스템에서는 [16]에서 볼 수 있듯이, 다른 이동국에 미치는 간섭의 정도를 줄이는 효과로 인해 시스템 용량 확대에 도움을 준다.

이 외의 장기적인 방안으로 전체 서비스 지역을 매크로셀(macro-cell)과 마이크로셀의 혼합 구조(mixed structure)로 수용하는 방안을 고려할 수 있다. 이 방안은 단말의 종류를 저속과 고속으로 구분함으로써 가능하며, 이의 실현은 PCS에서 가능할 것으로 예상된다.

이상과 같이 시스템 확장 방안으로 여러 가지를 고려할 수 있으며, 시스템 운용자는 이러한 대안들을 비교, 분석하여 적절한 대안을 선택한다.

Ⅲ. TDMA 시스템의 무선망 설계

TDMA 시스템은 아날로그 시스템의 용량 확대를 위하여 하나의 아날로그 채널을 여러개의 슬롯(slot)을 갖는 프레임(frame)으로 나누어 여러 사용자가 동시에 사용 가능하도록 한 방식이다. 기본적으로 미국의 IS-54를 근간으로 한 TDMA 시스템과 유럽의 GSM은 채널을 구성하는 대역폭 및 슬롯의 개수에 차이가 있을 뿐, 고려하여야 할 무선망 설계 과정은

비슷하다. 그러므로 TDMA를 근간 기술로 하는 여러 시스템에 범용적으로 적용될 수 있는 망 설계 과정에 대해 살펴본다.

3.1 무선망 설계의 사전작업

현실적인 트래픽 상황을 반영하기 위하여, 일단 대상으로 하는 서비스 지역을 단위지역으로 분할한다. 이때 이의 크기는 작을수록 좋지만, 트래픽 자료를 관리하는데 어려움이 있으므로 적정하게 선택한다. 이후 단위지역에서의 트래픽 밀집도 및 차량당 평균 단말기 보급 비율을 근거로 사용자 수를 추정해 내며, 단위 통화시간에 대한 정보를 이용하여 이 지역에서의 통화요구량(offered traffic)을 구해낸다. 안정적인 서비스를 제공하기 위해 트래픽에 관한 자료는 최번 시간을 기준으로 하며, 이러한 과정에 의해 구한 데이터의 정확도는 향후 무선망 설계의 결과에 큰 영향을 미친다. 이외에 기지국 후보지에 대한 정보가 필요하며, 이는 기존의 아날로그 시스템의 기지국 혹은 사용 가능한 건물이나 지형적 특성과 같은 현실적인 상황 등을 고려하여 적절하게 선택한다.

이상과 같은 사전작업은 CDMA 시스템에서도 필요하다.

3.2 무선망 설계 과정

앞에서 언급한 바와 같이, TDMA 시스템에서는 기지국 위치 및 영역 결정 문제외에 셀간 사용 가능한 주파수 제약에 의한 채널할당을 하여야 한다. 이때 대상 지역의 환경 요인이 불균등하고 복잡한 경우, 다음과 같은 단계적 접근방법을 취한다.

우선, 초기 호의 경우 2% 호 절단 인정과 같은 시스템 서비스 수준을 근거로, 전체 가용 주파수를 재사용패턴의 종류로 나눈 주파수들로 수용이 가능한 통화요구량을 구할 수 있으며, 이를 최대 통화요구량(maximum offered traffic)이라 한다. 이때 재사용패턴의 종류는 육각형 셀 구조에서의 이론적 분석에 의해 구한 값을 사용한다. 각 기지국 후보지에서는 앞에서 구한 최대 통화요구량과 후보지에서의 전파전파 환경을 기준으로 수용가능 영역을 구해낼 수 있다. 즉, 수용가능 영역은 각 후보지를 중심으로 최대 통화요구량을 벗어나지 않도록 단위지역을 묶은 영역과 전파가 도달할 수 있는 영역의 겹치는 부분으로 구해낸다.

그 후 후보지별 수용가능 영역에 대한 정보를 바탕으로 최소한의 기지국으로 모든 서비스 지역을 수용할 수 있는 기지국 위치를 찾는 과정이 필요하며, 이

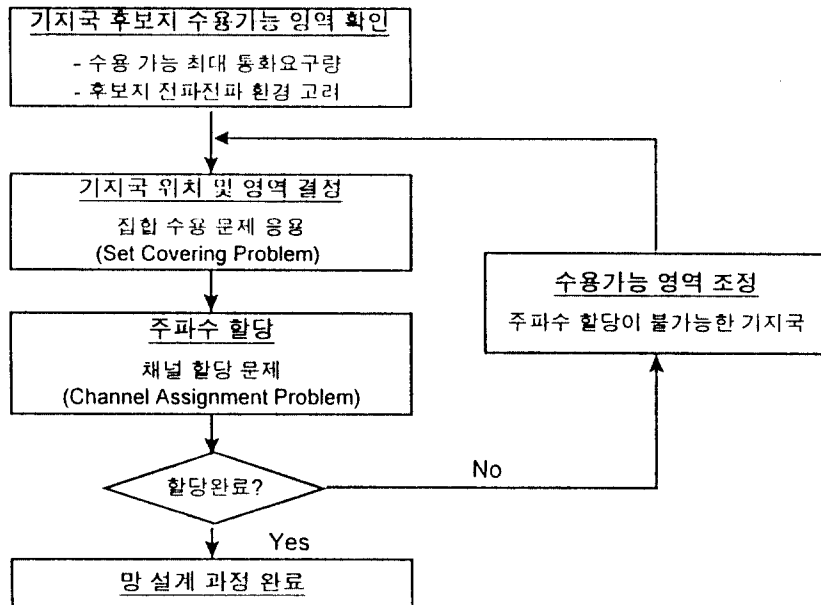


그림 4. TDMA 시스템 단계별 무선망 설계 과정

는 집합 수용 문제(set covering problem)의 해법을 응용하여 가능하다.

설치된 기지국에 주파수를 할당하기 위하여 기지국 간 주파수 간섭 정도를 분석하여야 하며, 이 값에 의해 각 기지국에 묶여진 단위지역들의 통화요구량을 수용할 수 있는 주파수를 할당한다. 이 단계에서는 그래프 채색문제(graph coloring problem)의 일반적인 유형인 채널 할당문제가 사용된다. 이때 모든 기지국에 주파수를 할당하지 못할 수 있으며, 이 경우에는 할당이 불가능한 기지국의 수용가능 영역을 줄여 앞의 과정을 반복한다.

[단계 1] 셀당 최대 통화요구량과 후보지에서의 전파 전파 환경을 기준으로 각 기지국 후보지에서의 수용가능 영역을 구한다.

[단계 2] [단계 1]에서 구한 정보를 이용하여, 모든 서비스 지역을 수용하는 최소의 기지국 수 및 이의 위치를 찾아낸다.

[단계 3] [단계 2]에서 구한 기지국들간의 간섭정도를 분석한 후, 주파수를 할당한다.

[단계 4] [단계 3]에서 주파수 할당이 불가능한 경우, [단계 1]로 돌아가 할당이 불가능한 기지국들의 수용가능 영역을 줄인 후 과정을 반복한다. 그렇지 않으면 모든 과정을 종료한다.

다음의 <그림 5>는 TDMA 시스템 무선망 설계 과정의 예를 보여주고 있다.

IV. CDMA 시스템의 무선망 설계

CDMA 시스템은 IS-95를 근간으로 한 협대역(narrowband) CDMA 시스템과 차후 PCS의 근간 기술로 제시되고 있는 광대역(wideband) CDMA 시스템으로 구분할 수 있다. 하지만 기본적으로 무선망 설계시 고려하여야 할 시스템의 특성 및 호를 운영하는 방안이 동일하므로, 본고에서는 CDMA를 근간 기술로 하는 여러 시스템에 범용적으로 적용될 수 있는 망 설계 과정을 제시한다. 협대역 및 광대역 시스템에서 사용할 수 있는 반송파의 수는 하나 이상이며, 본 고에서는 반송파가 하나인 경우를 대상으로 한다. 물론 트래픽 증가에 대처하는 방안으로 시스템을 확장하는 방안 외에 반송파의 수를 증가시키는 대안을 생각할 수 있으나, 이는 망 설계의 관점에서 벗어나므로 제외하도록 한다.

4.1 CDMA 시스템의 무선망 설계 및 확장시 고려하여야 할 점

4.1절에서는 CDMA 시스템의 무선망 설계 외에 무선망 확장의 경우에 고려하여야 할 특징들에 대해 살펴본다. 첫째, 서비스 지역내 사용자들의 통화가 동일 반송파를 통해 이루어진다는 점이다. 즉, 통화중인 모든 사용자들은 동일 반송파를 사용하며, 특정 사용자에 대한 다른 모든 통화들은 간섭으로 작용한다. 그러므로 무선망 설계 및 확장의 단계에서 시스템 허용 통화품질에 대한 기준을 제시함과 동시에, 이 기준에 위배되지 않도록 망 설계 및 확장 과정이 이루어져야 한다. 둘째, CDMA 시스템에서는 셀 분할 후 기지국들의 영역을 정확히 구분해낼 수 없다. 이는 각 이동

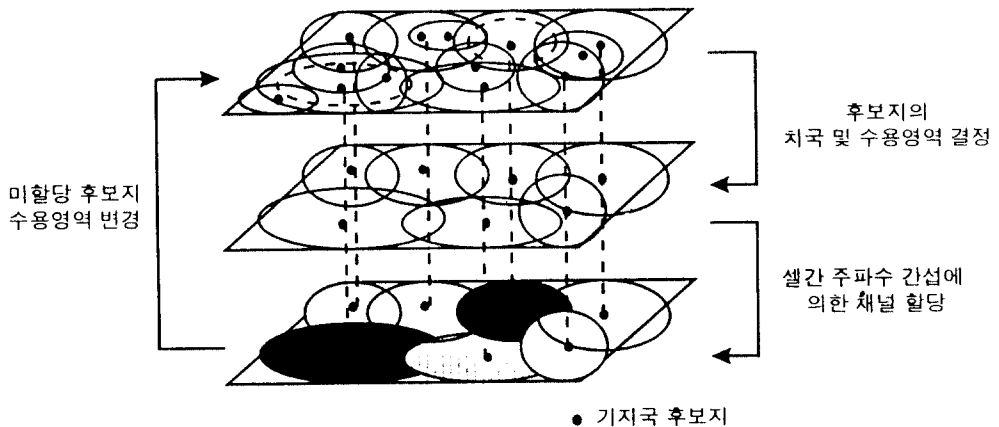


그림 5. TDMA 시스템 무선망 설계 과정의 예

국들이 기지국들에서 오는 파일럿 세기를 측정하여 가장 좋은 통화품질을 보장하는 기지국과 연결되는 CDMA 특성에 기인한 것이다. 이외에도 CDMA 시스템의 특징인 소프트 핸드오프(soft handoff)과정으로 인해, 핸드오프 영역내의 이동국들이 동시에 두 개 이상의 기지국들과 연결된다는 점도 단위지역에서의 통화요구량 계산에 고려되어야 한다.

4.2 CDMA 시스템의 무선망 설계

우리 나라에서의 협대역 CDMA 시스템은 총 사용 가능한 1.25MHz 대역폭의 반송파 수가 8개 혹은 그 이상이며, 아날로그 시스템과의 관계 등에 의해 가용할 수 있는 반송파 수가 달라질 수 있다. 따라서 시스템 운용자는 장기적 계획에 의한 무선 자원의 활용 방안에 대해서도 고려하여야 한다.

CDMA 시스템은 주파수 할당 과정이 필요하지 않으므로, TDMA 시스템의 단계적 접근방법에 비해 하나의 통합된 접근이 가능하다. TDMA 시스템과 같이, 일단 대상으로 하는 서비스 지역을 단위지역으로 분할하고, 각 지역의 사용자 수에 대한 예측치를 구한다. 이 자료 및 단위 통화시간을 근거로 하여 단위 지역에 대한 통화요구량과, 허용 호 절단율을 고려한 통화가 진행중인 이동국들의 정보(carried traffic)를 구해낸다.

무선망 설계시 중요한 고려 요소로는 비트 에너지

대 잡음비(Bit Energy to Noise Density, E_b/N_0)를 들 수 있다. 기지국에 접속된 각 사용자의 호에 대해 시스템에서 요구하는 통화품질은 비트당 에러율(bit error rate)이 10^{-3} 이하이며, 이는 E_b/N_0 값이 5이상이어야 가능하다[1,2]. 특정 기지국에서의 E_b/N_0 값은 기지국 후보지 중에서 어떤 후보지가 선택되며 또한 단위지역의 이동국들이 어떤 기지국과 연결되어 있는지에 의해 구해지므로, 단위지역과 후보지와의 간섭 정도에 관한 분석을 수행한다. 이러한 점을 반영하여 CDMA 시스템의 무선망 설계 과정을 제시할 수 있다.

TDMA에서와 같이, 우선 수용가능 영역을 구해낸다. 이를 위해 수용가능 상한 트래픽(available upper traffic)을 정의하며, 이는 다른 기지국에 있는 이동국들의 간섭은 배제한 상태에서 한 기지국이 수용할 수 있는 최대 이동국 수를 의미한다. 결국 이 값에 의해 묶여진 단위지역들의 영역과 전파가 도달할 수 있는 영역의 겹치는 부분으로 구해진 수용가능 영역은 실제 영역의 상한이 된다.

후보지의 수용가능 영역을 근거로 모든 서비스 지역을 수용하는 기지국의 위치를 찾는 과정을 수행하며, 이는 집합 수용 문제의 응용에 의해 가능하다. 이후 사전작업에 의해 분석된 후보지와 단위지역간의 간섭정도를 토대로 각 기지국에서 받는 E_b/N_0 를 구해내며, 이 값이 허용 통화품질 기준을 만족하는지 확

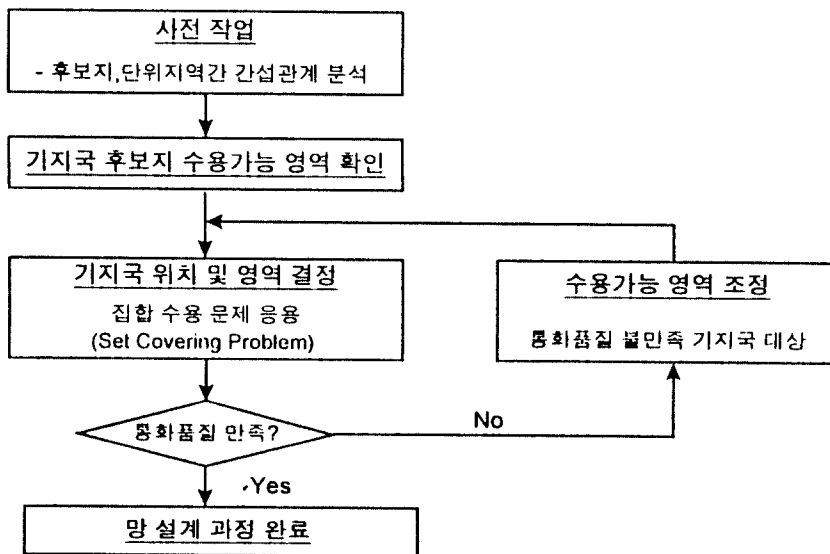


그림 6. CDMA 시스템의 무선망 설계 과정

인한다. 이때 허용 통화품질의 기준이 만족되지 않은 기지국이 존재할 경우, 그 기지국의 수용가능 영역을 줄여 기지국의 위치 찾는 작업을 반복한다. 또한 모든 기지국에서 허용 통화품질을 만족하는 경우에도, 가장 작은 간섭량을 갖는 기지국의 수용가능 영역을 늘린 후 앞의 과정을 반복할 수도 있다.

[단계 1] 각 기지국 후보지에서의 수용가능 영역을 구한다. 이는 후보지에서의 수용가능 상한 트래픽과 전파전파 환경을 반영한 이종 기준에 의해 구한다.

[단계 2] [단계 1]에서 구한 정보를 이용하여, 모든 지역을 수용하는 최소의 기지국 수 및 이의 위치를 찾아낸다.

[단계 3] 각 기지국에서 허용 통화품질 기준을 만족하는지 확인한다. [단계 3]에서 허용 통화품질을 만족하지 않는 기지국이 존재할 경우, 그 기지국의 수용가능 영역을 줄인 후 [단계 2]로 돌아간다. 그렇지 않으면 모든 과정을 종료한다.

V. 결 론

한정된 무선 자원을 효율적으로 활용하기 위하여, 시스템의 특성들이 반영된 적절한 무선망이 구축되어야 한다. 즉, TDMA 시스템은 각 기지국에서 사용할 수 있는 주파수에 제약에 있다는 점과, CDMA 시스템은 동일 반송파를 사용함으로써 인해 특정 이동국에 대해 다른 이동국들의 신호가 간섭으로 작용한다는 점이 반영되어야 한다. 그러므로 각 시스템에 대한 체계적인 무선망 계획에 관한 연구가 필요하며, 이러한 연구들은 향후 PCS의 망 계획에 활용 가능하리라 예상된다. 본 연구에서는 TDMA 시스템과 CDMA 시스템의 무선망 계획시 고려해야할 요소 및 무선망 설계 과정을 제시하였으며, 이러한 방안들은 구체적인 모형화가 가능하다.

본 고에서는 디지털 시스템의 무선망 설계에 중점을 두었다. 하지만 앞에서 언급한 바와 같이 무선망 설계 외에, 무선망 확장 방안들에 대한 비교, 분석 및 위치 영역이나 교환기의 위치 등과 같은 광의의 무선망 계획에 대해서도 연구되어야 한다. 또한 PCS의 무선망 계획을 위해 다양한 종류의 트래픽 유형을 반영하여야 한다. 즉, PCS에는 기존의 음성위주의 서비스 외에 다양한 종류의 데이터 서비스가 존재할 것이며, 이 경우 서비스를 위해 필요로 하는 무선 자원의

양과 요구하는 서비스 수준이 다를 수 있다. 이러한 특성들은 무선망 계획시 반영되어야 한다.

궁극적으로 무선망 계획에 대한 연구는 현실적 상황을 적절히 반영할 수 있는 여러 방안들을 개발하는 동시에, 이들에 대한 비교, 분석을 통해 시스템 설계자가 최적의 의사결정을 하도록 도와주는데 있다. 그러므로 통합적인 무선망 계획 의사결정 지원 시스템의 개발이 세부적인 내용들과 함께 병행하여 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] K. S. Gilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani, A. J. Viterbi, L.A. Weaver, Jr. and C. E. Wheatley, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. VT-40, pp.303-312, 1991.
- [2] A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," *IEEE Journal on SAC*, vol. VT-11, pp. 892-900, 1993.
- [3] H. O. Beca, D. S. Paunovic and I. S. Stojanovic, "A Design Concept for Reconfigurable Mobile Radio Networks with Slow Frequency-Hopping Signaling," *IEEE Journal on SAC*, vol. VT-8, pp. 603-612, 1990.
- [4] A. Gamst, "Remarks on Radio Network Planning," *IEEE VTC*, pp. 160-165, 1987.
- [5] A. Gamst, R. Beck, R. Simon and E.-G. Zinn, "An Integrated Approach to Cellular Radio Network Planning," *IEEE VTC*, pp. 21-25, 1985.
- [6] MacDonald, D. S. Paunovic and I. S. Stojanovic, "Cellular Concepts," *IEEE Journal on SAC*, vol. VT-8, pp. 603-612, 1990.
- [7] W.C.Y. Lee, "Elements of Cellular Mobile Radio Systems," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. VT-35, pp. 48-56, 1986.
- [8] J. D. Wells, "Cellular System Design Using the Expansion Cell Layout Method," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. VT-33, pp. 58-66, 1984.
- [9] W.C.Y. Lee, *Mobile cellular telecommunications systems*, McGraw-hill, New York, 1990.
- [10] F. Box, "A heuristic technique for assigning frequencies to mobile radio nets," *IEEE Trans.*

on Veh. Technol., Vol.27, No.2, pp.57-64, May 1978.

[11] W.K. Hale, "Frequency assignment: Theory and applications", Proc. of the IEEE, Vol.68, No.12, pp.1497-1514, Dec. 1980.

[12] K.N. Sivarajan, R.J. McEliece and J.W. Ketchum, "Channel assignment in cellular radio," IEEE VTC, pp.846-850, May 1989.

[13] CCITT Blue Book Recommendations Q.1000 Series, Public land mobile network interworking with ISDN and PSTN, Volume VI - Fascicle VI.12, 1988.

[14] K. Raith and J. Uddenfeldt, "Capacity of digital cellular TDMA systems," IEEE Trans. on Veh. Technol., vol. VT-40, pp. 323-332, May 1991.

[15] D. W. Tcha, C. T. Choi and J. S. Ma, "Perturbation-Minimizing Channel Assignment in a Changing Cellular Environment," Working Paper.

[16] The CDMA Network Engineering Handbook, Qualcomm, 1992.



차 동 완

- 1969년 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1975년 : Northwestern University(공학박사)
- 1975년~현재 : 한국과학기술원 테크노경영대학원 교수
- 1991년 1월~1992년 12월 : 한국경영과학회 부회장
- 1993년 1월~1994년 12월 : 한국통신학회 학술위원회 전문위원장
- 주관심분야 : 통신망 설계, Cellular Engineering, 개인휴대통신망



권 준 혁

- 1991년 2월 : 연세대학교 경영학과(경영학사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 경영과학과(공학석사)
- 1993년 3월~현재 : 한국과학기술원 테크노경영대학원 박사과정
- 주관심분야 : 이동통신 무선망 계획, 성능분석