

셀 영역에서 최소-컷 기법을 기반으로 한 휴리스틱 재구성 문제

정희원 임 화 경*, 김 성 천**

Heuristic Reconfiguration Problem based on Minimum-Cut Methodon the area of Cells

Hwakyung Rim*, Sungchun Kim** *Regular Members*

요 약

최소-컷 개념은 분할 문제의 기본이 되는 기법으로 영역간을 횡단하는 간선의 수를 최소로 하여 영역을 분할한다. 이 기법을 기반으로 하여 셀룰러망에서 셀 간을 이동시 발생하는 오버헤드를 감소시키는 휴리스틱한 셀의 재구성 기법을 제안하였다. 본 연구에서는 최소-컷 개념을 셀룰러망에 적합한 개념으로 확장하였으며, 최소-컷 분할을 하기 위한 오브젝트 함수를 정의하였다. 또한 제안한 기법에 대한 시험 결과를 나타내었다.

ABSTRACT

The concept of min-cut is central to the partitioning problem, a strategy so as to minimize the number of edges between any two areas. Based on this concept, we propose a heuristic reconfiguration problem of cell area to minimize overhead when the mobile host crosses from one cell to another cell in a cellular network. In this study, we expand to the scheme adapted for cellular networks from the min-cut concept, and formulate objective functions so as to minimize partitioning. Also, we present test results of the proposed scheme.

I. 서 론

이동 통신망은 시간과 장소에 영향을 받지 않는 자유로운 통신을 그 목적으로 하고 있기 때문에 이를 지원하기 위한 개념으로 셀룰러 개념이 도입되었

다. 이 개념은 한 셀에서 사용하는 채널들에 간섭을 주지 않을 만큼 충분히 떨어진 다른 셀 등에서 동일한 주파수를 재 사용함으로써 많은 가입자를 수용하기 위한 것이다. 그러나, 셀의 용량을 늘리기 위해 무조건 셀의 크기를 줄일 수는 없는 일이다. 왜냐하면 통화시 셀 간의 이동으로 핸드오버(handover) 증가, 수요자의 수에 따라 셀 모양이 비규칙 모양으로 변화, 통화시 두절되는 현상이 적도록 통화품질 유지 필요, 셀 증가에 의한 기지국의 수 증가 등의 문제가 발생하기 때문이다.^(1,2,5)

*서강대학교대학원 전자계산학과 박사

**서강대학교, 전자계산학과, 정교수

論文番號: 97152-0507

接受日字: 1997年 5月 7日

따라서, 기존의 방법인 제공되는 최대의 주파수 대역까지 늘리는 해결 방법을 탈피하여, 본 연구에서는 VLSI 설계분야에서 널리 사용되고 있는 분할 문제(partitioning problem)의 기반인 최소-컷(min-cut) 개념을 응용하여 셀 영역을 재구성하는 기법을 제안하였다. 이 기법은 이미 셀들의 기지국(스위치)이 결정되어 있는 영역 상태에서 여러 가지 요소들을 고려하여 셀을 재구성하는 방법을 사용함으로써, 셀을 더 작은 셀로 나누는 단계의 적용을 늦출 수 있으므로 비용 측면에서도 효과적인 방법이라고 할 수 있다.

본 내용의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 연구의 토대가 되는 최소-컷 개념에 대하여 기술하며, 3장에서는 제안한 휴리스틱 재구성 기법으로 변형 과정과 성능에 중요한 영향을 미치는 오브젝트 함수(objective function)를 정의하였다. 4장에서는 재구성 방법에 대하여 기술하였으며, 5장에서는 제안한 기법에 대한 실험 결과를 평가하였고 6장에서는 결론을 기술하였다.

II. 분할 문제

셀룰러 개념은 주파수(또는 채널) 적용 범위(coverage area)를 여러 개의 작은 셀로 분할하여 주파수의 활용도를 높여보고자 하는 것으로 적용 범위를 육각형 모양의 셀로 나누어 이웃 셀과의 interference를 방지하는 영역 내에서 주파수를 재사용 가능하도록 하는 방법이다.^(1,2,5,6) 이렇게 함으로써, 전송을 위한 output power를 줄일 수 있으며 주파수 재사용으로 동시에 더 많은 수요자를 통신시 수용할 수 있다. 또한 셀 간의 이동시 스위칭을 제어하는 기능을 추가함으로써 기존의 시스템에서 통신시 소속 기지국(base station)을 이탈하면 통화가 두절되던 현상을 개선하였다. 그러나, 셀의 용량을 늘리기 위해 무조건 셀의 크기를 줄이는 것은 다음의 문제들을 초래하게 된다.

- 통화시 셀 간의 이동으로 핸드오버(handover) 증가
- 각 셀당 수요자의 수가 다르므로 셀 모양에 규칙성 결여
- 통화의 시간대와 위치에 따른 각 셀당 통화량의

차이

- 통화시 잡음 또는 통화 두절되는 현상이 적도록 통화품질 유지 요구
- 셀 증가에 의한 기지국 수 증가
- 지역적 변화에 따른 셀의 재설계 요구

이러한 문제들은 이전에는 셀 반경이 1 km 이내의 설계에만 고려해야 했는데 현재는 그 이상의 반경을 갖는 설계에서도 고려해야 되는 점들이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 기존의 노력들을 살펴보면, 주어진 한정된 주파수에서 다수의 사용자를 접속 가능하게 하는 방법들로 주파수 분할 방식(FDMA: Frequency Division Multiple Access), 시간 분할 방식(TDMA: Time Division Multiple Access), 코드 분할 방식(CDMA: Code Division Multiple Access), 주파수 공용 방식(FHMA: Frequency Hopping Multiple Access)등으로 한정된 채널을 보다 많은 사용자를 수용하기 위한 노력으로 볼 수 있다.^(1,2,5,6,8,9)

그 이외에 채널 할당 방식에 따라 제한된 채널을 많은 셀이 사용할 수 있도록 하는 방법으로 고정 채널 할당 방식, 동적 채널 할당 방식, 하이브리드 할당 방식이 있다.^(1,2,8) 고정 채널 방식은 사용 가능한 채널 집합을 몇 개의 집합으로 나누어 각 셀에 고정 배치하는데 이 역시 채널의 방해(interference)가 일어나지 않는 범주 내에서 할당하여 재 사용한다. 이 방법은 자신의 셀에 할당된 채널이 모두 사용 중이고 근접한 셀의 채널이 사용 중이지 않더라도 서비스 받지 못하는 단점이 있다. 동적 채널 할당 방법은 임의의 셀에서 사용 가능한 어떤 채널도 동적으로 사용될 수 있도록 하는 방법으로, 채널의 상태를 고려하여 임의로 각 셀에 할당된다. 이 방법을 사용할 경우 각 셀의 기지국은 제어부에서 지정해 주는 임의의 채널을 송수신할 수 있어야 하며, 사용 가능한 채널을 임의의 셀에 할당할 때 인접 셀들과 interference를 주지 않아야 한다. 하이브리드 채널 할당 방식은 이전의 두 방식을 병합한 방식으로 전체 채널 집합을 고정과 동적 채널 집합으로 나누고 다시 고정 채널 집합을 고정 할당 방식과 같이 몇 개의 부분 집합으로 나누어 각 셀에 고정 배치한다. 여기서 부분 집합의 수는 동일

채널 간섭을 받는 거리 내에 산재하는 셀의 수에 의해 정해지며 셀당 채널 수는 각 셀 별로 통신 량이 다를 경우 통신 량에 비례하여 정해진다. 먼저 고정 배치된 채널을 사용하며 이 채널이 모두 사용 중일 때는 동적 채널 할당 방식으로 동적 채널 중 사용 가능한 채널이 할당된다. 이 중에서 경제적이고 기술적으로 실현이 용이한 고정 채널 할당 방식을 현재 사용하고 있는 실정이다. 이러한 방법 이외에도 많은 노력들이 있다.^(1,2,5,6,8)

그러나, 이러한 기존의 방법들도 셀의 한계 용량을 벗어나면 결국에는 셀 자체를 더 작은 셀로 분할해서 해결해야 하는 방법 밖에 없다. 따라서, 본 연구에서는 셀을 분할하기 이전에 한 단계를 더 추가하는 방법으로, 이곳에서 발생하는 통신 량을 이용하여 제어하는 셀을 재분할하는 방법(지역적 특성상 통신 량이 적은 셀들과 통신 량이 많은 셀들을 기지국에 재분할)으로 더 작은 셀로 분할해야 하는 과정을 좀 더 지연시킴으로서 발생하는 문제점의 빈도를 지연시키기 위함이며 그림 1과 같다.

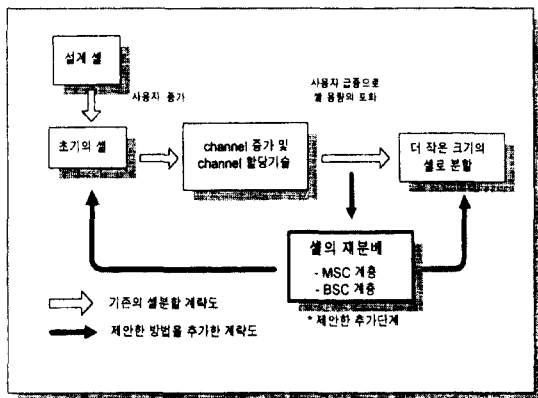


그림 1. 셀 분할을 추가한 단계도
Fig. 1 an extended diagram with cell partition phase

이 분할 과정은 초기의 셀을 설계하는 단계가 아닌 이미 설계된 셀의 구조상에서 이루어지는 과정이다. 또한, 이 과정은 이동 교환국(Mobile Switching Controller : MSC)에서의 기지제어국(Base Station Controller : BSC)을 재분할하는 계층, 기지제어국에서 이동국을 재분할하는 계층으로 여러 계층에 적용

가능하며 그림 2로 나타낼 수 있다. 특히, 이 방법은 이동 교환국 계층에서 아주 효과적일 것이다. 이러한 단계를 구현하기 위해 사용한 본 연구의 방법론은 대표적인 분할 알고리즘인 FM(Fiduccia-Mattheyses-Lin) 알고리즘⁽¹⁴⁾을 셀 환경에 적합하게 변형한 휴리스틱한 분할 알고리즘을 개발하여 구현하고자 한다.

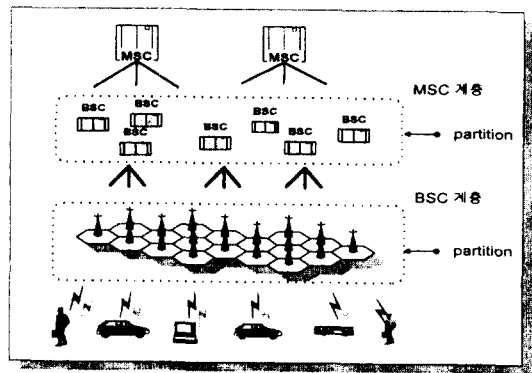


그림 2. 계층 구조
Fig. 2 Hierarchical structure

2.1 최소-컷 분할 문제

최소-컷 분할 문제의 목적은 분할하고자 하는 영역의 제약 조건을 만족하면서 분할되는 영역간의 컷(cut)의 수를 최소로 하는 것이다. 컷의 수는 분할된 두 영역간을 연결하는 선의 수를 의미하는 것으로 gain이라고도 한다. 컷의 수를 최소화시키는 문제는 정확한 해를 얻기가 어려운 문제로 시간의 복잡도를 줄이기 위하여 적절한 시간 내에 분할 문제를 처리하여 제약조건에 적합한 해를 얻는 휴리스틱 알고리즘으로 Kernighan-Lin(KL) 기법과 Fiduccia-Mattheyses(FM) 기법이 대표적인 기법이다⁽¹⁴⁾. 본 연구에서는 KL 기법의 향상된 기법인 FM기법을 확장하여 셀의 영역에 대하여 휴리스틱 재구성 기법을 제안한다. 또한, 셀 영역의 재구성의 수행은 이미 초기의 영역 상태가 결정된 상태에서 향상된 영역의 재구성을 얻는 것이기 때문에 이 기법을 적용하는 이유이기도 하다.

III. 문제의 정의 및 가성

3.1 기본 정의 및 가정

제한할 휴리스틱 재구성 알고리즘은 FM 기법을 기초를 두고 있으므로 이 기법의 데이터 구조 형태를 그대로 유지하면서, 특정 필드를 추가하여 셀룰러망 환경에 적용하였다. 이를 위하여 몇 가지 가정을 하였다.

[가정 1] : $G=(V,E)$

G : 셀룰러 시스템에 대한 그래프,

V : 정점의 집합으로서 하나의 셀(기지국)의 의미

E : 정점을 연결하는 간선으로서 셀 들간에 핸드오프 비용을 의미

[가정 2] : 하나의 컷은 최소한 두 개의 셀로 구성되며, 각 셀은 최소한 하나 이상의 컷을 갖는다.

[가정 3] : 두 셀을 연결하는 컷은 두 셀 간의 핸드오프 비용을 의미한다.

[가정 4] : 육각형 셀을 가진 셀룰러망에서 셀의 위치를 표현하기 위해서 UV좌표계를 사용하였다.

여기서 컷은 두영역을 연결하는 간선을 의미한다. 영역 재구성 기법을 잘 구현하려면 오브젝트 함수의 결정이 매우 중요하다. 셀룰러망에서는 핸드오프의 비용 또는 셀과 BSC를 연결해 주는 선로에 대한 비용 등이 오브젝트 함수로 결정될 수 있다. 특히, 핸드오프의 비용은 오브젝트 함수에 대한 전체 비용을 결정하는데 많은 영향을 끼치는 요소이고, 또하나 중요한 요소는 한 MSC에서 셀까지의 선로의 비용이다. 제안한 기법에서는 두 셀 간의 거리나 MSC로부터 한 셀 간의 거리는 직선 거리를 가정하여 UV좌표계를 사용하였다. 이 좌표계는 셀의 모양들이 일정하고, 각 셀들이 육각형의 모양을 띠고 있다고 가정할 때 사용 가능하다⁽⁵⁾.

3.2 오브젝트 함수(Objective function) 정의

이장에서는 효율적인 영역 분할을 위하여 필요한 제약조건과 오브젝트 함수를 기술한다. 함수로는 분할 영역, 상호 연결선의 수, 분할 영역간의 이동, 지

연, 노드의 수, 분할 영역의 수등이 있으며, 셀룰러망 측면에서 볼 때는 이동 교환국에서 제어하는 셀들의 집합, 셀들의 집합간 이동시 발생하는 핸드오프, 이 들간 가입자들의 이동, 다른 셀 간을 가입자가 이동 하였을 때 이들에 대한 위치 정보를 전달하는데 걸리는 시간, 셀들의 집합을 구성하는 셀의 수, 셀 등의 집합 수등으로 대체할 수 있다^(6,7,8,9). 제한할 기법의 효율성을 결정하는 오브젝트 함수는 다섯 가지로 정리 하였다.

① 핸드오프 비용의 최소화

핸드오프 처리 중 서로 다른 스위치 사이에서 일어나는 핸드오프는 BSC간이 아닌 통신 서비스를 제어하고 있던 MSC에서 새로 이동할 스위치로 제어를 넘겨주어야 하기 때문에 동일한 스위치 내에서 수행하는 핸드오프의 비용보다 훨씬 큼을 알 수 있다. 따라서 분할이 변경되었을 때 이전의 핸드오프 비용에 비해 분할 후의 핸드오프의 비용을 줄일 수 있어야 한다. 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{오브젝트 함수 } I = \sum_{j=1}^p H'_{ij} - \sum_{k=1}^q H_{ik} \quad (p,q:\text{인접한 셀}) \quad (\text{식 } 1)$$

여기서, i는 기준이 되는 임의 지점을 의미하고 j와 k는 셀 p와 q내의 임의 지점을 의미하며 H는 두 지점 간의 핸드오프 비용을 의미한다. 식 1은 각 셀에 대해 자신이 속한 영역에서 인접한 셀과의 핸드오프와 다른 영역과 인접한 셀과의 핸드오프의 차를 구하는 식으로 양의 값을 갖을수록 이동 확률이 높은 셀이 된다. 식 2는 영역의 경계에 있는 모든 셀에 대한 핸드오프 비용을 나타내고 있다.

$$\text{핸드오프 비용} = \sum_{i=1}^m \text{오브젝트 함수 } I \quad (\text{식 } 2)$$

② 선로 비용(cabling cost)

핸드오프의 비용 절감의 최대화 이외에 고려해야 할 또 하나의 조건이 선로 비용이다. 영역 분할의 변경을 통하여 이 비용을 최소화하여야 한다. 식 3으로

표현할 수 있다.

$$\text{선로 비용} = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^n Cost_{ij} \quad (\text{식3})$$

여기서 i 는 셀의 선로 비용을 의미하고 j 는 스위치의 수를 의미한다. 즉, 각 스위치별로 할당되어 있는 셀들의 선로 비용의 총합을 구하고 모든 스위치에 대한 이 비용을 다시 합하면 전체 선로 비용이 된다.

③ 총비용

식 2, 3에 의해 핸드오프 비용과 선로 비용의 총합이 총비용이 된다. 핸드오프 비용과 선로 비용은 서로 상충되는 면이 있다. 즉 핸드오프 비용을 최소화하면 선로 비용은 증가하며, 역으로 선로 비용을 최소화하면 핸드오프 비용의 증가를 감수해야 한다. 따라서 핸드오프 비용의 감소와 선로 비용의 감소 사이에 적절한 안배가 있어야 한다. 따라서 위의 오브젝트 함수를 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{총비용} &= \alpha * (\text{핸드오프 비용}) + \beta * (\text{선로 비용}) \\ \text{단, } \alpha + \beta &= 1 \end{aligned}$$

여기서 α, β 는 어느 쪽 비용의 감소에 중점을 둘 것인가에 대한 가중치이다.

④ 스위치 용량

각각의 스위치는 처리할 수 있는 용량을 갖으며, 셀의 이동 후에도 스위치의 용량을 초과해서는 안된다. 식 4로 나타낼 수 있으며, λ 는 각 셀의 호 처리량을 C_a 는 스위치 용량을 의미한다. i 는 셀의 수를 의미하며 k 는 스위치의 수를 의미한다.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \leq C_{a_k} \dots (k=1, \dots, c, i \in k) \quad (\text{식4})$$

⑤ 거리의 제약

d_{*k} 가 셀 i 와 스위치 k 사이의 거리라고 할 때, 임의의 셀이 반경(DIST)내에 있는 스위치에만 연결을 허락하도록 한다. 이유는 인접한 스위치가 있는데도 불구하고 먼 스위치와의 연결하는 일이 발생하기 때문

이며, 식 5로 나타낼 수 있다.

$$d_{*k} \leq DIST(i=1, \dots, n, k=1, \dots, m) \quad (\text{식5})$$

IV. 휴리스틱 셀 재구성 기법

이 장에서는 최소-컷 기법을 기반으로 하여 3장에서 정의한 가정과 오브젝트 함수를 고려하여 셀룰러 망에서 셀 영역을 재구성하기 위한 휴리스틱 재구성 기법을 기술한다. 이 기법은 다음의 네 단계로 수행된다.

【1단계】셀의 근접한 이웃의 정보를 갖는 셀리스트와 핸드오프가 일어나는 셀들에 대한 정보를 나타내는 컷리스트 구성

【2단계】초기 셀의 gain 계산

① 초기 셀의 gain 계산 : 셀의 이동은 이동 후 gain 이 이동 전의 gain보다 커야 가능하므로 현재 셀이 속해있는 영역에서 일어나는 핸드오프 비용이 총량에서 이웃하는 영역과 일어나는 핸드오프 비용의 총량을 뺀 차로 계산할 수 있다.

② 선로 비용의 gain 계산 : 현재 속해 있는 MSC와 이동하고자 하는 셀과의 거리에서 이동하고자 하는 영역의 MSC와 이동시키고자 하는 셀과의 거리를 뺀 차로 계산할 수 있다.

【3단계】셀의 이동

① 베이스 셀 선택 : 이동을 위해 버킷 배열에서 gain 값이 가장 큰 셀이 베이스 셀로 선택된다. 베이스 셀이 선택되면, 베이스 셀 번호, 현재 베이스 셀이 속해 있는 영역의 번호, 이동되어질 영역의 번호에 대한 정보가 함수의 인자로 전해지게 된다. 또한, 베이스 셀을 이동하기 전에 먼저 lock 함으로써 이후의 셀 이동에서 현재의 베이스 셀이 후보로 선택되는 것을 방지한다.

② gain 값 계산 : 베이스 셀을 이동시킨 후에는 베이스 셀과 연결된 셀들 중에서 critical 한 셀들을 찾아내어 gain 값을 변경하게 된다. gain 값을 계산하는 알고리즘은 표1과 같다.

③ 단계 3을 반복적으로 베이스 셀을 더 이상 선택할 수 없을 때까지 수행한다.

【4단계】더 이상의 베이스 셀의 이동이 없으면 현재

```

compute gain value
(*T, F는 이동되는 영역과 이동하는 영역 의미*)
For each net n on the base cell do
  (* check critical nets before the move *)
  (* 컷 n에 연결되어 있는 셀들의 번호를 구한다.*)
  If 베이스 셀이 아닌 셀이 베이스 셀과 동일 영역에 속해 있다면.
    then F ← 2 ; T ← 0 ;
    else F ← 1 ; T ← 1 ;
  (* 만약, 베이스 셀이 아닌 셀이 free 상태에 있다면*)

  If T = 0 then add handoff rate
    to the gains of all free cells on net (n)
  elseif T = 1 then subtract handoff rate
    from the gain of the only T cell on net(n),
    if it is free

  (* change the net distribution to reflect the move *)
  decrement F
  increment T
  If F = 0 then subtract handoff rate
    from the gains of all free cells on net (n)
  elseif F = 1 then add handoff rate
    to the gain of the only F cell on net(n),
    if it is free

end FOR
    
```

표1. gain 계산 알고리즘
Table 1. gain computation algorithm

```

Reconfiguration Algorithm
For ( i=1 : i < k : i++){
  For ( j=1, i≠j : j < k : j++){
    If( 영역 i 가 영역 j의 이웃한 분할 영역인가 ? ) then
      휴리스틱 재구성 기법
    }
  }
}
    
```

표 2. 재구성 알고리즘
Table 2. reconfiguration algorithm

까지 재구성된 영역 상태에서 가장 큰 gain을 얻은 셀 이동까지를 재구성 분할 영역으로 결과를 얻게 된다. 수행 방법은 표2와 같다.

지금까지의 과정을 분할 영역간의 근접한 이웃셀 (제약조건을 만족하는 셀들)에 대하여 반복 수행하여 최종 재구성 결과를 얻게 된다.

V. 프로토타입에 대한 시험 및 결과

이 장에서는 휴리스틱한 재구성 기법의 프로토타입에 대한 시험 및 결과에 대하여 기술하였다. 시험

은 셀의 수 49, 78, 100, 150 개에 대하여 초기 상태의 분할과 프로토타입을 수행한 후에 얻어지는 최종 영역 분할 결과를 통화용량의 비균일 또는 균일에 따라 수행하였다. 프로타입에 대한 시험은 프로토타입이 연구에서 정의한 요구사항들을 효과적으로 반영하고 있는지에 대한 평가(verification)에 초점을 둔 것이며, 78개의 셀에 대한 시험결과를 나타내었다.

5.1 평가 조건

- 최종 재구성 영역을 구성하는 셀의 수는 초기 영역의 셀 수에 최대 증가치 3 을 가정하였 다. 이는 분

표3. 초기 영역 상태(78개)

Table 3. initial partitioning state(78)

초기 영역 상태(78개의 셀)												
영역 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
셀 번호	0	6	15	23	30	36	44	55	63	69	72	
	1	7	16	24	31	37	45	56	64	70	73	
	2	8	17	25	32	38	46	57	65	71	74	
	3	9	18	26	33	39	47	58	66		75	
	4	10	19	27	34	40	48	59	67		76	
	5	11	20	28	35	41	49	60	68		77	
			12	21	29		42	50	61			
			13	22			43	51	62			
			14					52				
								53				
								54				
	셀 개수	6	9	8	7	6	8	11	8	6	3	6
	현재통화용량	38.32	52.49	51.43	34.06	39.63	46.34	76.35	53.14	34.47	27.37	44.10

표4. 최종 재구성 상태(78개, 통화용량 비균일)

Table 4. final partitioning state(78, nonuniform)

최종 재구성 상태(78개의 셀)												
영역 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
셀 번호	0	7	6	15	30	31	37	54	58	63	72	
	1	8	16	23	32	36	43	55	64	69	73	
	2	9	17	24	33	38	46	56	65	70	74	
	3	10	18	25	34	39	47	57	66	71	75	
	4	11	19	26	35	40	48	59	67		76	
	5	12	20	27		41	49	60	68		77	
			13	21	28		42	50	61			
			14	22	29		45	51	62			
			44					52				
								53				
	셀 개수	6	9	8	8	5	8	10	8	6	4	6
	현재통화용량	38.32	48.90	52.86	37.68	34.20	54.84	66.93	52.00	37.92	29.95	44.10
	최대통화용량	48	62	61	44	49	56	86	63	44	37	54

표5. 최종 영역 상태(78, 통화용량 균일)

Table 5. final partitioning state(78, uniform)

최종 재구성 상태 (78개의 셀)												
영역 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
셀 번호	0	7	6	15	30	31	43	54	58	69	72	
	1	8	16	23	32	36	46	55	64	69	73	
	2	9	17	24	33	37	47	56	65	71	74	
	3	10	18	25	34	38	48	57	66		75	
	4	11	19	26	35	39	49	59	67		76	
	5	12	20	27		40	50	60	68		77	
			13	21	28		41	51	61	70		
			14	22	29		42	52	62			
			44				45	53				
	셀 개수	6	9	8	8	5	9	9	8	7	3	6
	현재통화용량	38.32	48.9	52.86	37.68	34.2	47.25	64.73	52.00	48.58	19.29	44.10
	최대통화용량	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

표6. 베이스 셀 및 최대 gain(78개의 셀, 통화용량의 균일)

Table 6. Base cell & Max_gain(78, uniform)

영역분할	1.6	1.2	2.3	4.5	5.6	6.7	7.8	8.9					
base cell no.	44	6	15	31	43.45	54	58	63.70					
Max_gain	43.	236.	41.	150.	841	209.	247.	917.					
영역번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	avg. gain	
초기영역상태	6	9	8	7	6	8	11	8	6	3	6	67.	
최종재구성상태	6	9	8	8	5	9	9	8	7	3	6		

표7. 베이스 셀 및 최대 gain(78개의 셀, 통화용량 비균일)

Table 7. Base cell & Max_gain(78, nonuniform)

영역분할	1.6	1.2	2.3	4.5	5.6	6.7	7.8	8.9					
basecell no.	44	6	15	31	43.37.45	54	58	63					
Max_gain	42.	236.	40.	150	1073.	209.	247.	547.					
영역번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	avg. gain	
초기영역상태	6	9	8	7	6	8	11	8	6	3	5	63.	
최종재구성상태	6	9	8	8	5	9	9	8	7	3	6		

할시 이동될 수 있는 최대의 셀의 수(셀 간의 교차 이동되는 셀의 수는 0)를 의미한다. 이유는 3개 이상의 셀 이동에 대한 분할 결과에 변화가 거의 없었으며, 초기 분할 영역이 이미 균형을 고려한 상태이기 때문에 증가치를 주지 않아도 결과는 동일하기 때문에 필요 없는 수행을 막기 위함이다.

- 선로에 대한 비용
- 핸드오프 비용과 선로 비용을 더하여 전체 시스템의 총 비용으로, 시험에서는 핸드오프 비용에 가중치를 0.77과 0.23를 할당하였다.
- 임의의 MSC에 연결될 수 있는 셀의 거리에 대한 요소로 UV좌표계에 의한 값을 사용하였다.
- 한 셀이 다른 영역으로 이동될 때 제약조건으로 사용되는 요소로, 인접하지 않은 셀들을 같은 영역으로 분할하지 않기 위해서 사용한다.
- 입력 데이터로서 모두 4 가지 형태의 데이터에 대하여 스위치의 호의 통화 처리 량을 균일하게 적용한 경우와 비균일한 경우 적용한 두가지 경우로 나누어 수행하였다.

5.2 시험 결과

프로토타입의 실행으로 얻어진 초기 영역 상태와 최종 재구성 상태는 통화용량이 균일한 경우와 비균일한 경우로 나타내었다. 스위치의 수는 영역의 수와 동일하게 가정하였다. 시험 데이터를 49, 78, 100, 150 개로 한 이유는 데이터 구조의 접근을 효율적으로 하기 위하여 데이터 구조의 형태를 정방형으로 구성하였기 때문에 이에 적합하도록 7×7, 9×9, 10×10, 13×13에 근거하여 셀의 수를 조정하여 사용하였다. 78개 셀의 시험 데이터는 11개의 BSC와 78개의 셀로 구성된 실제 서울 데이터(95년)로 지형적 데이터를 기본으로 실험한 결과이다. 데이터 중 밀집 그어진 것은 다른 영역으로 이동한 셀을 의미하며 통화용량의 균일과 비균일에 따라 초기 분할 상태와 최종 분할 상태를 표3, 4, 5에 나타내었다.

위의 결과를 얻기까지의 베이스 셀 선택과 gain값은 표6,7 과 같다. 최종 재구성 결과를 얻기까지의 과정은 단계가 많아 gain이 음의 값을 나타내는 단계는 생략하고 이득을 얻는 단계의 gain만 나타내었다. 분할 결과는 통화용량이 균일한 경우와 비균일한 경우

60. 정도의 근사값으로 gain을 얻었음을 알 수 있다.

이 시험에서 사용되는 입력 상수 값은 항상 변화할 수 있지만, 결과로 얻는 값들은 항상 그 입력에 대하여 최대의 gain을 얻는 것만이 영역 분할의 결정요소가 될 수 있다. 즉, 연구의 초점인 핸드오프 비용을 감소시키는 것만이 해(solution)가 될 수 있음이다. 그리고, 시험결과에서 볼 수 있듯이, 셀의 기지국의 변화는 초기 분할 상태에서 인접한 셀 들에서만 일어나기 때문에 셀의 재구성 기법이 의미를 갖게된다.

VI. 결 론

본 연구에서는 VLSI 설계분야에서 널리 사용되고 있는 분할 문제의 기반인 최소-컷 개념을 응용하여 셀 영역을 재구성하는 기법을 제안하였다. 이 기법은 이미 셀들의 기지국이 결정되어 있는 영역 상태에서 여러 가지 요소들을 고려하여 셀 간의 핸드오프를 감소시키기 위한 방안으로 셀을 재구성하는 단계를 추가함으로써, 셀을 더 작은 셀로 나누는 단계의 적용을 늦출 수 있도록 하여 비용측면에서 효과적인 기여를 기대할 수 있는 방법이다. 시험을 통하여 시험 데이터의 개수와 영역의 수에 대하여 고려해 볼 때, 셀의 수는 증가하고 영역의 수는 비슷할 때 셀의 수가 증가할 수록 단계별로 이득을 얻는 경우는 셀의 증가보다 완만함을 알 수 있었다. 즉, 이득은 감소하기 때문에 셀의 수가 적을수록 gain값이 민감함을 알 수 있으며, 결과적으로 핸드오프의 비용을 감소시키는 것만이 해가 될 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 셀의 기지국의 용량을 좀 더 확장하여 사용할 수 있는 추가단계로 의미가 있는 기법임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. William C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications, McGraw-Hill, 1995.
2. S. Tekinay, B.Jabbari, "Handover and Channel Assignments in Mobile Cellular tworks", IEEE Comm. Mag., Vol. 29, No. 11, Nov. 1991.
3. Naveed A. Sherwani, Algorithms for VLSI

Physical Design Automation, Kluwer Academic, 1993.

4. C.M. Fiduccia and R.M. Mattheyses, "A linear-time heuristic for improving network partitions", In Proceeding of the 19th Design Automation Conference, pp. 175-181, 1982.
5. Vijay K. Garg, Joseph E. Wilkes, Wireless and Personal Communications Systems, Prentice Hall, 1996.
6. I. Arich Cimet, "How to Assign Service Areas in a Cellular Mobile Telephone System", IEEE Int'l Conf. on Communications, pp. 197-200, 1994.
7. B.W. Kernighan, S. Lin, "An Efficient Heuristic Procedure for Partitioning Graphs", Bell system Technical Journal, Vol. 49, pp. 291-307, 1977.
8. Ioannis G. Tollis, "Optimal Partitioning of Cellular Networks", IEEE conf. on Comm., pp. 1377-1381, 1996.
9. Arif Merchant, Bhaskar Sengupta, "Multiway graph partitioning with applications to PCS networks", INFOCOM' 94, pp. 593-600, June.



임 화 경 (Hwa-kyung Rim)정회원
1989년 : 홍익대학교 전자계산학과 학사
1989년 ~ 1991년 : 한국건설팅(주), 교육센터
1993년 : 서강대학교대학원 전자계산학과 석사

1998년 : 서강대학교대학원 전자계산학과 박사
* 주관심분야 : parallel computer architecture system, process scheduling scheme, cellular system. 2.

e-mail:ackyang@arglabi.sogang.ac.kr



김 성 천 (Sung-Chun Kim) 정회원

1975년 : 서울대학교 공과대학 학사

1979년 : Wayne State Univ. 컴퓨터
공학 석사

1982년 : Wayne State Univ. 컴퓨터
공학 박사

1982년~1984년 : 캘리포니아주
립대 조교수

1985년~현재 : 서강대학교 공과대학 전자계산학과
교수

1989년~현재 : 한국정보과학회 병렬처리시스템 연
구회 위원장(1983~1993), 위원장
(1994~1997), 대한전자공학회 및 한
국통신학회 논문지 편집위원(1991~
1996, 1993~1996), 대검찰청 자문위
원(1994- 현재), 한국정보과학회 평의
원(1996-현재), 산업자원부 기술발 기
획 평가단(1998-현재)

※주관심분야 : Parallel Computer Architecture,
Interconnection Network, Computer
Network