ミニマクスパス法による干渉チャネル割当てモデル

申請中　日本大学生産工学部　†　柳沢　滿
Nihon University　Mitsuru Yanagisawa
01205220　日本大学生産工学部　篠原　正明
Nihon University　Shinohara Masaaki

1　はじめに

移動体通信における基地局がそれぞれのゾーン、セルという範囲の中で周波数を供給し、干渉しあう基地局同士の周波数の帯域をそれぞれ別の周波数にする移動体通信サービスに限らず、インターネット、および企業通信サービスにおいて、Ka バンドを用いた特定地域内の放送・通信サービスを焦点として絞った、強力なスポットビームを発信する衛星、都道府県総合防災・行政情報通信システムの、県庁と国、市町村、防災関係機関等を結び、防災や行政情報を伝達する通信システムとして用いられる地上無線回線などにおいてもまた干渉チャンネル割り当て問題が生じる。各ゾーンへの周波数あるいは符号の割り当てが有限な資源である周波数有効利用の視点から重要であり、利用する周波数の帯域幅を最適化するために、各ゾーンに有効にチャンネルを割り当て最適化問題を考察する。Disjunctive Arc、パス代数の概念を用いたミニマクスパスを算出することによって、ゾーン毎のチャネル数需要が異なる場合について、最小チャネル帯域幅を算出し、さらに例題により最適なチャネルモジュール数を決定することができることを示す。

2　基本定理 [1,2,3]

補題1　無向グラフ G の向きづけされた有向グラフの一つ $g \in H(G)$ が最大鎖長 k を持つならば、G は k 色以下で節点彩色可能である。(但し、節点1に重み1の距離を付与)

補題2　無向グラフ G が k 色で節点彩色可能ならば、最大鎖が k 以下である G の向き付けされた $g \in H(G)$ が存在する。但し、$H(G)$ は無向グラフ G から生成される向き付けされた有向グラフの集合である。

2.1　定理1

G の最小節点彩色数を $\gamma(G)$ とし、向き付けされた有向グラフ g に対する最大鎖長を $P(g)$ とするならば以下の公式が成立する。

$$\gamma(G) = \min_{g \in H(G)} P(g) \tag{1}$$

2.2　定理2

さらに、各ゾーンでの需要が不均一な場合でも節点の重みを考慮すると以下の式が成立する。

$$\gamma(G, w) = \min_{g \in H(G,w)} P(g) \tag{2}$$

但し、$\gamma(G,w)$ は節点の重みベクトル $w = \{w_i\}$ を考慮した際の最小必要チャネル数、$H(G,w)$ は節点 i に重み w_i の距離を付与された下での無向グラフ G から生成される向き付けされた有向グラフの集合である。

2.3　定理3

グラフ G が2部グラフであれば、

$$\gamma(G, w) = \max\{\text{隣接節点における重み和}\} \tag{3}$$

証明概略　枝の向き付けとしては、節点群間の向き付けに限定される。なぜならば、それ以外の向き付け有向グラフは、より長い最大鎖長を持つから。節点群間の向き付け有向グラフにおける最大鎖長は、両端重み和が最大の枝に対応する。

3　最適チャネル帯域幅決定問題

周波数を供給する基地局のモデルを考え、干渉する部分は枝へ、基地局は点に変換し、ゾーンの干渉状況を示す無向グラフを作成する。D-枝（Disjunctive Arc）を利用して、

無向グラフを有向グラフに変換し、向き付けした枝の長さによって、最小必要チャネル数を求め、向き付けの中で最小値を与える最適なミニマクスパス x_m (割り当て数) の算出を行う。

3.1 周波数モジュールと需要

周波数モジュールとは需要の数をモジュールというブロックで区切ることをいい、その幅を M で表す。(ここでの需要とは通信サービスを受けることのできる加入者がエリア内での通信している割合を示す。標準値を10とした。) モジュール間オーバーヘッド部分 H の領域も確保する。総チャネル数 $f(Hz)$ における最適な帯域幅を求めることができる。需要をなるべく少数の周波数モジュール数で充足することを目的とする。

3.2 定式化

ゾーン i におけるチャネル需要を D_i とすると、

$$V_i = \frac{D_i}{M} \tag{4}$$

$(i = 1 \sim N)$ となる。V_i が小数点になった場合は繰上げとする。V_i を節点 i の重み w_i とした時のミニマクスパス値を x_m とするならば総周波数チャネル帯域幅 W は次式で与えられる。

$$W = x_m \times M + (x_m - 1)H \tag{5}$$

4 考察と課題

Mの数を増やせば増やすほど総周波数チャネル帯域幅 W は $+\infty$ へ発散する結果となる。$M = 19$、$x_m = 7$、$W = 139$ の時が最適な周波数モジュール数となる。W を実際チャンネルとし、周波数で置き換えることにより帯域に換算することが可能である。**図2** において、チャネルモジュールMの変化に対してWは必ず下スムーズな単峰性を有しているのではなく、振動傾向がある事がわかる。このような振動傾向は、情報通信システムの最適モジュールサイズ決定においてはよく観察される現象である [4,5]。今回は全数列挙にもとづくミニマクスパス法を用いたが、メタヒューリスティックなどによる近似解法開発は今後の課題である。さらに周波数チャネル、符号チャネルの割り当て、設計、制御に関する諸問題に対するミニマクスパス法の適応も今後の課題である。

5 実際のモデル

図1 に示すモデルに対して、ミニマクスパス法を適応して、チャネルモジュールサイズ M と総周波数チャネル帯域幅 W の関係を計算した結果を**図2** に示す。

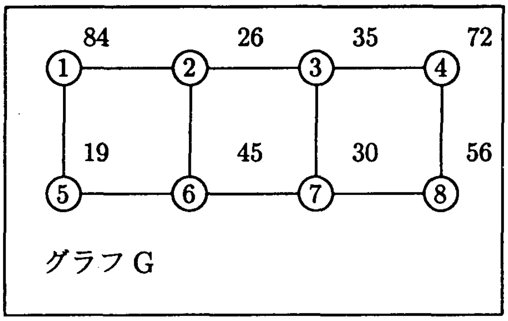

図1 ：ゾーンを節点をした干渉グラフ

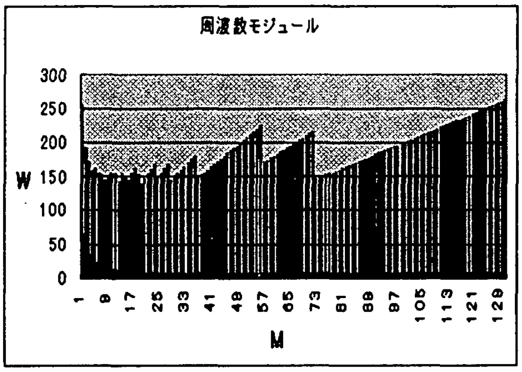

図2 ：チャネルモジュールサイズ M と総周波数チャネル帯域幅 W の関係

参考文献

[1] 柳沢　満：「ミニマクスパス法による周波数割り当てアルゴリズム」平成13年度日本大学生産工学部学術講演会資料 (2001.12)

[2] 篠原正明：グラフの問題の2,3の定式化、日本OR学会組合せ理論部会終了報告書「組合せ理論とOR」、pp.94-105(1973.3)

[3] 篠原正明・平山博・富永英義：「節点彩色数に対する枝の向き付けによる一接近」電気通信学会 (1972.06)

[4] 篠原正明：An Implicit Enumeration Approach to Modular Engineering of Circuit Switched Networks,Trans of IEICE Japan,E71.9,pp.864-868(1988.4)

[5] 神野真一：インターネットパケット交換における最適パケット長に関する研究, 日大生産工学部数理情報工学科　平成13年度学部卒業研究 (2002.3)