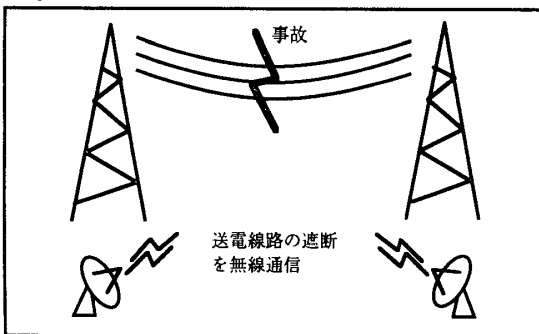


多重無線ネットワークの最適設計について

| | | |
|---------------------|--------|------------------|
| 関西電力(株) | 四方 光明 | SHIKATA Mitsuaki |
| (株)関西テレコムテクノロジー | 堀田 健一 | HOTTA Kenichi |
| 01106480 (株)構造計画研究所 | 清田 三紀雄 | KIYOTA Mikio |
| 01206340 (株)構造計画研究所 | *齊藤 努 | SAITO Tsutomu |

1.はじめに

電力の送電線網では、地絡等の事故から送電系統を保護することを目的として、事故のあった送電線路を瞬時に遮断するための装置が設けられている。一本の送電線路の両端に設けられた装置を通信回線で結び、いったん事故が発生すれば両端の装置が連係して、事故の発生した送電線路を遮断する。



これらの通信回線は、送電線の拡充にあわせて順次拡大されたため、必ずしも最適な回線構成になっていない。また、回線増設等の設計には、熟練した技術者の経験に頼っても多大な労力を必要としている

本論文では、この多重無線ネットワークの最適設計の手法に関してアプローチ方法とアルゴリズムと適用結果について述べる。

2.目的

数理計画のアプローチにより、「要求される信頼度を満たし低コストのネットワーク」を求め、次の2点で評価検討を行うことを目的とする。

- ・現状網との比較
- ・拡充計画での検討

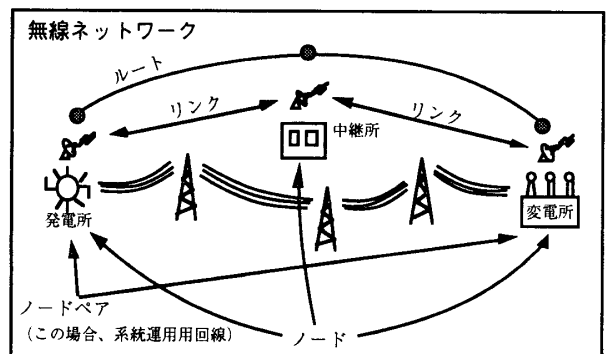
実際のネットワークでは、無線と光ケーブルのネットワークが混在しているが、ここでは重要度の高い多重無線ネットワークに限定して検討を行う。また、無線リンクの設置可能性の判断は網形態上の制約(後述)とともに物理的な伝播経路の検討に基づく必要があるが、本論文の範囲では、物理的な設置の可能性についてはラフな検討に基づく情報を用いる。従って、ここで得られた解が、現実上では実行可能である保証はない。

3.用語

多重無線ネットワークには系統保護に加えて各種運用のための回線も収容されている。系統保護のための回線は即時性と同時に信頼性が要求されるが、その他の回線には即時性は求められない。

| 回線の種類 | 説明 |
|---------|--|
| 系統保護用回線 | 送電系統両端の遮断機を結ぶ回線。経由リンク数に制限がある。また、ルート of 冗長化が必要。 |
| 系統運用用回線 | 発電所と給電所を結ぶ電話回線。ルート of 冗長化のみ必要。 |
| 給電電話回線 | 給電所間を結ぶ電話回線。ルート of 冗長化のみ必要。 |

| システムの構成要素 | 説明 |
|-----------|--|
| ノード | 本店、支店、発電所、変電所、制御所、給電所、中継所などがある。 |
| リンク | ノードとノードを結ぶ無線リンク。複数のルートを収容できる。 |
| 回線 | 収容すべき回線。回線で結ばれるノードの組であらわす。 |
| ルート | 各回線が収容される経路。無線網上に確保すべきルートは、回線の種類により1本または2本必要になる。 |



4.問題の定義

入力項目

- ・ノードの集合
- ・回線の集合
- ・隣接（リンクの設置可能性）の情報
- ・相関条件が必要な回線の組の集合

目的

リンク数の最小化

条件

(1) 経路条件

各回線は、それぞれ1ないし2つのルートが必要とする。

(2) 独立条件

各回線の2ルートは、端点以外に共通なノードを持つてはいけない。

(3) 遅延時間条件

ルートを構成するリンク数には上限がある。

(4) 重畳条件

1リンク上を通るルートの数（重畳数）には上限がある。

(5) 相関条件

ある2つの回線（共に2ルート構成）に対し、2組の4ルート上の任意の2リンクを取り除いても、少なくとも1ルートは使用可能でなければいけない。

(6) 隣接条件

設置可能なノード間にしかリンクを引くことはできない。

(7) 無線網条件

ネットワーク上の任意の3本のリンクが三角形を作ってはいけない。

(8) 方向数条件

1ノードに接続できるリンク数には上限がある。

5.アプローチ

上で定義した問題を直接定式化すると、非線形整数計画問題になる。これは、十分大きな数を導入して変形すると線形の整数計画問題になる。

整数計画問題に対し、アプローチは厳密解法と近似解法の2種類がある([1], [2])が、本問題はノードおよび回線が各々100以上であるので、変数と制約の数が数万のオーダーになり、厳密解法の適用は殆ど不可能である。そこで本論文ではヒューリスティックに解を求める近似解法を構築した。

6.アルゴリズムの方針

アルゴリズムでは、まず実行可能解を求めるために、条件を3種類に分けている。

- ・要リンク条件（経路、独立、遅延時間、隣接の各条件）
- ・無線網、方向数条件
- ・重畳、相関条件

要リンク条件は、リンクがあるほど満たしやすいので、まず接続可能なリンク全てを用いて要リンク条件を満たすようにルートを求める。

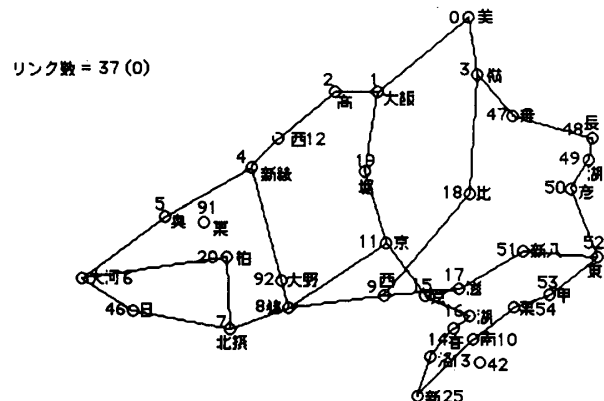
そのあと、方向数、無線網条件を満たすようにリンクを減らし、最後に重畳、相関条件を満たすようにルートを移動している。

7.結果

現状網との比較では、以下の3モデル

- ・近畿北部Aモデル（22ノード、30回線）
- ・近畿南部モデル（26ノード、29回線）
- ・近畿北部Bモデル（32ノード、49回線）

で検証を行った。以下に示す解の例のように自然で効率的な解が得られている。



拡充計画に対しては、以下の2モデル

- ・拡充計画Aモデル（103ノード、135回線）
- ・拡充計画Bモデル（103ノード、131回線）

で検証を行った。専門家による解との比較を行い、アルゴリズムによる解が遜色のないことが確かめられた。また、拡充計画に対しては、設置コスト0の既設リンクという概念を導入し、最短路問題を重み和最短路問題を解くことにより対処している。

参考文献

- [1] 大山達雄：最適化モデル分析，日科技連出版社
- [2] 今野，鈴木：整数計画法と組合せ最適化，日科技連出版社