

WDM を用いてユーザ多重を行う通信設備選定手法に関する研究

2006MII133 大橋祐介 2006MII185 手島一星

指導教員 奥村康行

1. はじめに

近年、低容量データ通信インターネットサービスである ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line: 非対称デジタル加入者線) から、大容量データ通信インターネットサービスである FTTH(Fiber To The Home) への普及が増加している。ADSL から FTTH へは回線データの追加, 変更, 廃止の要求が発生している。

顧客を数百万世帯も収容する通信事業所で, それらの作業を人間の手のみで行うことは人的ミスが発生しやすくなるほか, 検索に多大な時間を要するため容易ではない。そこで本研究では, 先行研究でも用いた制約充足問題アルゴリズムを使用し, 迅速かつ正確に配線データから顧客のサービス要求に対応するための配線経路の選定を行った。また先行研究に対し, 検証に使用するアクセスネットワークモデルを作成する際に, 顧客側に WDM(Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重装置) を設置したことによりユーザ多重を行っている。

2. 制約充足問題とは

制約充足問題は, CSP(constraint satisfaction problem,)と呼ばれている。この CSP とは, ある問題に対して考えうるいくつかの制約条件を見つけ出し, その条件を全て満たす状態を発見するものである。CSP は特に人工知能やオペレーションズ・リサーチで研究されている。簡単な例として連立方程式などが挙げられる。CSP は制約条件を明確に表すことで, プログラムで扱えるようなモデルを作成することが可能である。今回の研究においてもコンピュータを使用するため, 定式化する必要がある。[2][3]

3. WDM について

FTTH の大容量データ通信が可能になったことで, 同時に複数のサービスを提供することが可能になった。そこで, 本研究では波長分割多重通信と呼ばれる装置を用いた選定手法を行った。WDM とは主に光通信で採用されている通信技術で, それぞれ波長の異なる光信号を複数同時に発信し, 多重通信を実現する方式のことである。原則的に光信号は電気信号などと異なり, 波長の異なる信号は干渉

しあわないという特性を持っている。そのためこの特性を利用して波長が異なる複数の光信号を1本の光ファイバ内で多重的に使用すれば, 光ファイバ回線を増設せずにデータの伝送量を向上させることができるようになる。[1][4]

4. アクセスネットワークモデルについて

本研究で WDM を用いた配線の選定を考える際のアクセスネットワークモデルとして図1のような設備モデルをたてた。このモデルは通信事業者が顧客にサービスを配信するまでの経路を表している。WDM1を設置することで, 通信事業者はユーザ多重を行ったサービス配信が可能になっている。

4.1 ネットワークモデルの説明

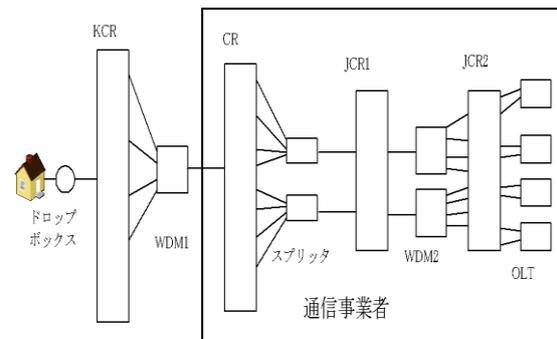


図1. アクセスネットワークモデル図

ドロップボックスは光クロージャとも呼ばれ, 内部に光スプリッタが組み込まれている場合もある。加入者宅への光ケーブルの引き出しをする役割を持ち, 種類にもよるが1つのドロップボックスで複数の顧客に対応することが可能である。しかし, 今回は各ドロップボックスに対して顧客ごとに占有型の方式をとるために, 光スプリッタが含まれていない形になっている。

CR, JCR1, JCR2, KCR は全てケーブルラック(CR)のことであり, ケーブルラックとはコネクタポートが多数集まったものである。コネクタポートとは, 端子を接続するための接続ポイントのことである。それぞれの接続ポイントには番号がふつてある。初期の段階では内部の配線は接続されておらず, サービス要求があった際に接続される。図2はCRが接続さ

れた時の例である。

OLT(Optical Line Terminal)はデータや映像などのサービスを伝送する装置のことである。

このアクセスネットワークモデルにおいてあらかじめ配線が接続されているのは、顧客からOLTまでの間でCRの内部以外の部分である。顧客からサービスの要望があった場合に最適な配線経路を導き出し、CR 内部の配線を接続する。[5]

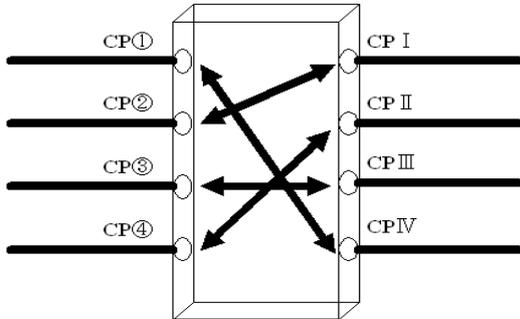


図2. CR 内部の接続の例

4.2 モデルの変数宣言について

本研究で考えたアクセスネットワークモデルをプログラムとして作成するために、この問題の制約条件を明確化する必要がある。またこれらの制約条件をたてるためにアクセスネットワークモデルの設備間で以下のように変数宣言をした。

<各設備における変数>

House : 顧客数

Dropbox_sp : ドロップボックス数

Kcr_out : KCR の顧客側のポート数

Kcr_in : KCR の通信事業者側のポート数

Wdm1 : WDM1 の数

Cr_out : CR の顧客側のポート数

Cr_in : CR の通信事業者側のポート数

Sp : スプリッタの数

Jcr1_out : JCR1 の顧客側のポート数

Jcr1_in : JCR1 の通信事業者側のポート数

Wdm2 : WDM2 の数

Jcr2_out : JCR2 の顧客側のポート数

Jcr2_in : JCR2 の通信事業者側のポート数

Olt : OLT の数

<各設備においてサービスを要求しているかどうかの変数>

Hyoubou : 顧客がどのサービスを要求しているか

Dyoubou : ドロップボックスにつながっている顧客がどのサービスを要求しているか

KCoutyoubou : KCR_out につながっている顧客がどのサービスを要求しているか

KCinyoubou : KCR_in につながっている WDM1 がどのサービスの波長と対応しているか

W1youbou : WDM1 につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

Coutyoubou : CR_out につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

Cinyoubou : CR_in につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

Spyoubou : スプリッタ につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

JC1outyoubou : JCR1_out につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

JC1inyoubou : JCR1_in につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

W2youbou : WDM2 につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

JC2outyoubou : JCR2_out につながっている顧客がサービスを要求しているかどうか

JC2inyoubou : JCR2_in につながっているサービスの種類

<各 CR の内部配線における変数>

KC_rack[Kcr_in][Kcr_out]:KCR 内部の配線

C_rack[Cr_in][Cr_out]:CR 内部の配線

JC1_rack[Jcr1_in][Jcr1_out]:JCR1 内部の配線

JC2_rack[Jcr2_in][Jcr2_out]:JCR2 内部の配線

4.3 モデルの制約条件について

プログラムにおける制約を明確化するために、制約条件を表し、定式化をおこなった。以下においては、最適化配線をする必要のある各 CP、顧客と OLT に関することについて表した。

<1> 顧客(House)に関する条件である。配線を開通させるには顧客がサービスを要求していなければならない。サービスは1から4までであるため、Hyoubou 配列にいずれかの数字が入っている必要がある。

定式化: $Hyoubou[House] \geq 1 \wedge Hyoubou[House] \leq 4$

<2> KCRに関する条件である。ユーザ多重を可能にするために、KCR 内で顧客の要求するサービスの波長と、通信事業者が提供するサービスの波長を一致させなければならない。そこで、KCoutyoubou 配列に1から4までの数字が入っているポートにおいて、KCinyoubou 配列に入っている数字と対応させる必要がある。

定式化: $KCoutyoubou[Kcr_out] = KCinyoubou[Kcr_in] \wedge ((KCoutyoubou[Kcr_out]) \geq 1 \wedge$

$KCoutyoubou[Kcr_out] \leq 4)$

<3> CRに関する条件である。使用されている WDM1 を通る経路の場合、すでに開通されている配線を使用する。使用されていない WDM1 を通る経路の場合、新しく配線を開

通しなければならないので、空きポートがなければならない。C_rack 配列に1が入っている場合はすでに配線が開通されており、新規に配線を開通させる必要がある場合、Coutyoubou, Cinyoubou 配列の双方に0が入っている箇所が必要である。

定式化: $C_{rack}[Cr_in][Cr_out] = 1$
 $\vee (C_{outyoubou}[Cr_out] = 0$
 $\wedge C_{inyoubou}[Cr_in] = 0)$

<4> JCR1に関する条件である。<3>のCRに関する条件と同様の考え方である。

<5> JCR2に関する条件である。<3>のCRに関する条件と同様の考え方である。さらにサービス多重を可能にするために、WDM2にすべてのサービスの波長が接続されていないといけない。使用する必要のある WDM2, つまり W2youbou に1が入っているものに接続されている JC2outyoubou と JC2inyoubou の波長を一致させる必要がある。

定式化: $W2youbou[Wdm2] = 1$
 $\wedge JC2outyoubou[Jcr2_out] = JC2inyoubou[Jcr2_in]$

5. 制約条件を用いたプログラム

本研究においては、図1のアクセスネットワークモデルに関し、制約条件を明確にし、C 言語の環境を用いて実際に最適な配線経路選定が可能かを検証した。プログラム内部においては、CP の各ポートにおいて配線されているところを”1”, 配線されていないところを”0”とする。

5.1 アクセスネットワークモデルの規模

本研究においては、明確にした制約条件を用いたプログラムを作成する際に、アクセスネットワークモデルの規模を決定し、配線経路の選定を行った。今回の実装環境には変数の制限があり、規模の小さな実験データしか得られなかった。

表1. アクセスネットワークモデル規模

顧客の世帯数	32世帯
光回線終端装置の種類	4種類
サービスの種類	4種類
スプリッタの分岐	4分岐
WDMの数	顧客側:8つ,事業者側:2つ
KCRのCP数	32ポート
CRのCP数	8ポート
JCR1のCP数	2ポート
JCR2のCP数	8ポート

5.2 プログラムの流れ

プログラムの流れを簡単に表すと図3のようになり、その他の部分は既存配線としてあらかじめ決定されている部分となる。

- I. 顧客から OLT1から4のどのサービスを受けたいかの要望を受ける。(図3の①に対応する)
- II. 顧客要望によりドロップボックスと KCR の配線されているところが既存配線により決定。既存配線として利用する配線に対して顧客とドロップボックス間、ドロップボックスと KCR_out 間においてそれぞれ”1~4”をたてる。(図3の②に対応する)
- III. KCR までの配線により KCR 内部の空きポートがあるか確認し、KCR 内部の空きポートのうち上位のポートから順々に配線する。(図3の③に対応する)
- IV. CR, JCR1, JCR2 においても KCR と同様のことを行う。(図3の④⑤⑥⑦⑧⑨に対応する)
- VI. 配線結果を出力する。(図3の⑩に対応する)

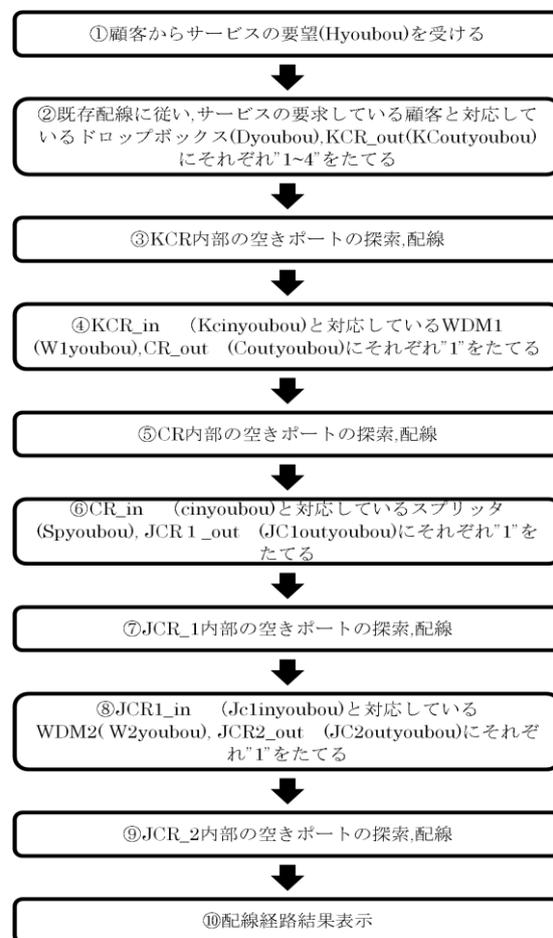


図3. プログラム流れ

5.3 顧客のサービス要望

顧客は、OLT の1から4までのいずれかのサービスを要求している。プログラム内部の Hyoubou に”1 から4”が表示されているところがサービスを要求しているところであり、このデータは更新が可能である。今回の実験においては、House1～8 の世帯は OLT1を要望、House9～16 の世帯は OLT2 を要望、House17～24 の世帯は OLT3 を要望、House25～32 の世帯は要望していないとなる。

5.4 プログラムの動作結果

プログラムの実行については、表1のアクセスネットワークモデルの規模と顧客要望を用いておこなった。表2においては CR 内部における最適化結果を例として載せておく。

表2. CR 内部における最適化結果

	Co1	Co2	Co3	Co4	Co5	Co6	Co7	Co8
C11	1	0	0	0	0	0	0	0
C12	0	1	0	0	0	0	0	0
C13	0	0	1	0	0	0	0	0
C14	0	0	0	1	0	0	0	0
C15	0	0	0	0	1	0	0	0
C16	0	0	0	0	0	1	0	0
C17	0	0	0	0	0	0	1	0
C18	0	0	0	0	0	0	0	1

さらに、プログラムを実行する際に顧客番号を入力することで各 CR においてその顧客がどのポートを通っているのかを明確にした。ただし、JCR2 においては制約条件を満たすことで各 OLT からの波長が繋がっているため、顧客ごとに経路については考えないことにする。以下に例として顧客番号 5 の時の実行結果を載せておいた。

顧客番号を入力してください 5

5 番目の顧客:

KCR_out の 5 番目のポート

KCR_in の 17 番目のポート

CR_out の 5 番目のポート

CR_in の 5 番目のポート

JCR1_out の 2 番目のポート

JCR1_in の 2 番目のポート

5 番目の顧客は、KCR において 5 番目と17番目のポートでつながっており、CR と JCR1 も同様である。

6. まとめと今後の課題

近年の FTTH の普及率の増加に伴い、通信事業所では多数の配線データの追加、変更、廃止の要望が増加しており、それらの作業を人間の手のみで行うことは非常に困難になっている。そこで本研究ではこの問題を制約充足問題としてとらえることで、迅速かつ正確に配線検索することができるのではないかと考えた。さらに、先行研究に対し顧客側に WDM を設置し、ユーザ多重を行った。このことにより、顧客からの要望により柔軟なサービス提供が可能となった。本研究におけるアクセスネットワークモデルにおける規模は、顧客数 32 世帯として設定した。通信事業者における実業務においては、1000 世帯以上が理想と考えるが、今回は顧客データを追加しても迅速かつ正確な配線決定が目的のため 32 世帯と設定した。これらの条件において制約条件の洗い出しを行い、変数宣言、条件の明確化を行った。プログラムについては、CR 内部の空きポートを探す場合は、ランダムではなく振り分けてある CP のナンバーの小さいものから順番に探索して、配線を行う。

プログラムは、C 言語を用いることで細かな制約条件についても指定することができた。プログラム規模は、main が約 200 ステップ、データ配列も合わせて約 1200 ステップとなった。今後は C 言語以外の最適化プログラムを用いて配線決定をすることも考えられ、CSP を応用した最適化プログラムを実装する上での最も効率の良いソフトウェアの発見や効率の良いソフトウェアにおける実験などにも期待したい。

参考文献

- [1] 吉本 直人: “次世代大容量光アクセスシステムの研究開発動向”, IEICE TRANS. COMMUN., VOL.67, pp.75-77, 2008.1.
- [2] Kenichi Tayama, Shiro Ogasawara, Tetsuya Yamamura, and Yasuyuki Okumura : “Flexible Allocation of Optical Access Network Resources Using Constraint Satisfaction Problem”, IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E90-B, NO.7, pp1674-1681, JULY 2007.
- [3] 野末晴久, 中島一, 田山健一, 山村哲哉 : “複雑な所外設備に対応する柔軟な光アクセス設備選定手法”, 信学総合大会, B-14-3, pp.525, 2006.
- [4] 三木 哲也 : “WDM 通信システムとフォトニックネットワークの展望”, IEICE TRANS. COMMUN., VOL.51, NO.1, pp6-8, 2001.
- [5] 鈴木一弘, 武田裕平 : “複数サービスを提供する通信設備の選定手法に関する研究”, 2008 年度南山大学数理情報学部情報通信学科卒業論文.