

低加入者密度エリアにおける NGN の設備コストに関する研究

2007MI015 坂 みちる 2007MI021 深谷 あいこ

指導教員 奥村康行

1. 研究の背景・目的

従来のネットワークの特徴を活かし、膨大で多様化する情報をより快適に安心して利用するため、既存の電話網から光ファイバを利用した NGN(Next Generation Network)への構想が検討されている[1].

NGN の利用によって様々なサービスへの応用が可能になると考えられている。そのため本研究では、特定都市での光ファイバの施工にかかるコストを考察する。また既存の電話網のメタル設備を利用しつつ施工するため、これについてはコストとして考えない。

先行研究では中型都市をモデルとして、既存の電話網を考慮し NGN への移行の際にかかるコストについて分析評価が行われていた。そこで本研究では、最新設備の施工を行うにあたって導入が遅れる、広範囲で低人口エリアにおけるコストについて研究する。

2. NGN の課題

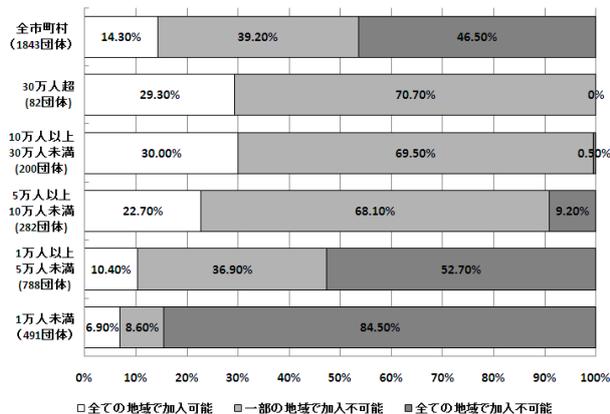


図1 サービス提供状況(自治体人口規模別)

図 1 が示すように、光サービスは人口が多い都市部から先行して展開されている[2]。さらなる光サービスを普及させるには、低加入者密度エリアに光サービスを展開させる必要がある。

また固定電話のみのユーザは、光化によって機能面のサービスは向上しないので固定電話のみのユーザの巻き取りが重要となる。よって低加入者密度エリアの世帯や固定電話のみのユーザに低コストでサービスを提供することが課題となる。

コスト削減の対策として、光スプリッタのカバーエリアを大規模に設定することが挙げられる。これにより光スプリッタの収容率が増え、ファイバや装置の使用効率が高まるのでコスト削減になる。

また屋外型 ONU の設置が考えられる。屋外型 ONU は、集合型遠隔 VoIP(Voice over Internet Protocol)装置で複数の世帯における

既存電話の音声をパケットにして、IP ネットワーク経由で送ることができる。これにより1つの屋外型 ONU で複数の IP 電話のみのユーザに対してサービスが可能になり、1世帯あたりのコストを削減できる。この時、VoIP 装置を導入した場合のネットワーク構成を最適化することが課題となるため以上について検討する。

3. ネットワークモデル

3.1 配線モデル

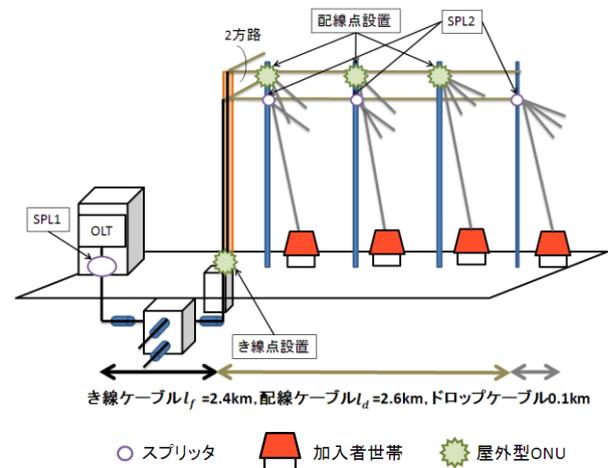


図2 配線モデル

配線モデルは図2のように収容局から加入世帯まで、き線ファイバ(長さを l_r とする)、配線ファイバ(長さを l_d とする)、ドロップファイバによって配線される。まず収容局内の OLT(Optical Line Terminal)と局内に設置された光スプリッタ(以降 SPL1(Splitter)とする)が光ファイバによって接続される。次に SPL1 からき線点までの間を地下を通るき線ファイバによって繋ぎ配線ファイバへと接続される。き線点にて配線ファイバは2方路に分岐され、1方路4配線点まで伸び、各配線点の光スプリッタ(以降 SPL2 とする)へと接続される。最後に SPL2 と FTTH 加入世帯宅内の ONU をドロップファイバによって接続する。

また IP 電話のみのユーザは、収容局からき線点または配線点に設置する屋外型 ONU の間を光ファイバによって接続し、屋外型 ONU からユーザ宅間を既存のメタル設備を利用して接続する。

3.2 屋外型 ONU 設置

屋外型 ONU の設置箇所配線点・き線点の二箇所を考える。

3.2.1 配線点設置

配線点設置のメリットは、IP 電話のみの加入世帯が FTTH へ移行しやすい点である。これは各配線点までのき線ファイバと配線ファイバを光ファイバで利用している為である。またデメリットは、光フ

ファイバを各配線点まで伸ばす為導入コストが高くなる点である。

表 1 は屋外型 ONU 各設置箇所による使用するファイバの違いを表したものである。

3.2.2 き線点設置

き線点設置のメリットは、少量の屋外型 ONU で収容可能な点である。これは 1 き線点が 8 配線点と接続されている事で IP 電話のみの加入世帯が 8 配線点内でばらつきがある場合でもまとめて収容可能なためである。また既存のメタルファイバを流用可能なためコスト削減が見込める。デメリットは、FTTH 化が配線点設置に比べて遅れる点である。

表 1 屋外型 ONU 設置箇所による使用ファイバの違い

		き線ケーブル	配線ケーブル	ドロップケーブル
配線点設置	FTTH加入者用	光	光	光
	IP電話のみ加入者用	光	光	メタル
き線点設置	FTTH加入者用	光	光	光
	IP電話のみ加入者用	光	メタル	メタル

3.3 屋外型 ONU 収容可能数

屋外型 ONU の収容可能数は一般的に 3 種類(16, 32, 64)が利用されているため、本研究でもこれを使用する。(以降 VoIP(16), VoIP(32), VoIP(64)とする)収容可能数が増えるにつれてコストも増加するが 1ch(4 加入世帯)あたりのコスト比はそれぞれ(VoIP(16), VoIP(32), VoIP(64))=(16, 14, 13)となる。また設置箇所によって屋外型 ONU のコストは変化しない。

ただし VoIP(64)を使用する場合光ファイバを二重化する。これは信頼性を向上させるためにプロテクションとして行う。つまりプロテクションありの場合、屋外型 ONU がき線点設置の場合き線ファイバ、配線点設置の場合き線ファイバと配線ファイバを 2 重化させる。

3.4 光スプリッタ分岐数

光スプリッタは光信号を分岐させる機能を持つ部品である。また光スプリッタ 2 つで最大 32 分岐という制約があるため SPL1 の分岐数を 4, 8, 16(以降 SPL1(4), SPL1(8), SPL1(16))とし SPL2 の分岐数を 2, 4, 8(以降 SPL2(2), SPL2(4), SPL2(8))とする。これらを組み合わせ(SPL1, SPL2)=(4, 8)(8, 4)(16, 2)の 3 通りの 32 分岐を利用する。光スプリッタはそれぞれの分岐数や設置場所によってコストに違いが生じるが、分岐数が増加するに伴いコストも増加する。

また本研究では低加入者密度エリアをモデルとしているため、ファイバを配線点にて分岐させない方が低コストで済むと考える。その為 SPL2 を設置しないシミュレーションを行う。その場合 SPL1 を 4 分岐と 8 分岐を組み合わせる 32 分岐を表現する。

3.5 リボンファイバ利用形態

本研究では、リボンファイバの芯数を 4 本と設定する。そこでリボンファイバ 4 芯の利用形態を以下の 2 通りの方法を考える。利用形態はそれぞれ図 3 の通りとなる。

3.5.1 占有型

芯の接続先を特定のサービスに全て限定する。メリットは接続先のサービスが 1 種類なので施工と運用に負担がない点である。

3.5.2 混在型

芯の接続先を 4 芯中 2 芯を FTTH サービス用、残りの 2 芯を IP 電話のみサービス用とする。メリットは 1 配線点で IP 電話のみの加

入世帯が少数だと、リボンファイバの IP 電話のみサービス用の 1 芯でまかなえる点である。

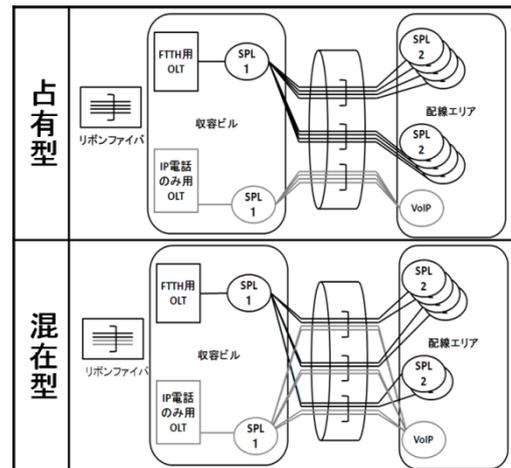


図 3 リボンファイバ利用形態別接続図

4. コスト算出手順

4.1 シミュレーション条件

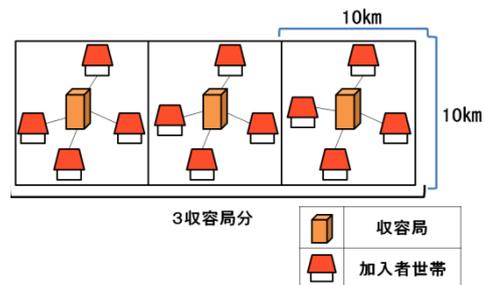


図 4 エリアモデル

先行研究では、中型都市をモデル環境とし最大収容可能世帯数を 32000 世帯、エリア数を 800、各配線点における世帯数を 40 世帯としていた。本研究では、先行研究と実際の日本の広域・低人口都市を比較しモデルとなる都市を以下のように設定する。

図 4 のように、1 つの収容局の最大収容可能世帯数を 6400 世帯とし 3 収容局分の 19200 世帯をモデル都市とする。収容世帯を 3 収容局に分割した理由は、収容局の伝送距離に制約がありカバーできる範囲が限られるため収容局を増やしてカバー可能なエリアを分割することで最適なコストを求めためである。シミュレーションでは 1 つの収容局でサービスを提供する際の導入コストを求める。

また本研究では一戸建て住宅を主体としたモデルを想定する。これはサービス移行時のコスト面のシミュレーションを行うため、通信設備やサービス内容の変更を個人の意思でできない場合がある集合住宅が多い都市モデルは適していないためである。

4.2 IP 電話普及率

IP 電話普及率とは、全体の世帯数から FTTH 加入世帯数を引いた世帯のうち、IP 電話のみの加入世帯の割合である[3]。

全体の世帯数: h 、FTTH 加入世帯数: a 、IP 電話のみの加入世帯数: b とし、IP 電話普及率 c を以下の式で示す。

$$c = \frac{b}{h - a} \quad (1)$$

シミュレーションでは FTTH 普及率が増えるに従い必要なコスト算出を行うが、IP 電話のみの加入世帯のパラメータを設定する必要があるため 0%、20%、40%、60%、80%、100%のパラメータを設定した。その中でも総務省の情報通信統計データベース[4]から IP 電話と固定電話ユーザの総数と移行行きを鑑みて、低 IP 電話普及率を 20%の場合、高 IP 電話普及率を 60%の場合とし考察する。

4.3 コスト算出方法

各ユーザが利用しているサービス状態を FTTH 加入、IP 電話のみ加入、無加入(非光サービス利用)の 3 通りとする。全世帯が無加入のサービス状態から FTTH または IP 電話のみのサービスに移行する際にかかるコストを分析する。1 収容局のカバーエリアにおける全ての 800 配線点に、FTTH 普及率から FTTH 加入世帯数、IP 電話普及率から IP 電話のみの加入世帯数をランダムに配置し、シミュレーションを行う。そして各配線点で表 2 に示した必要機材数を求める。これと表 3 に示す必要機材の単価を使用し FTTH の総コスト f 、IP 電話の総コスト p の算出を行う。なおき線ファイバ、配線ファイバの長さ(l_f , l_d)については 3.1 節にて定義したものを使用する。

表 2 必要機材数の変数

	FTTH 用	IP 電話用
SPL1	n_1	m_1
SPL2	n_2	
OLT	n_3	m_2
屋外型 ONU		m_3
加入者回路		m_4
ドロップケーブル	n_4	
き線ファイバ	n_5	m_5
配線ファイバ	n_6	m_6

表 3 必要機材の単価(単位: 万円)

	FTTH 用	IP 電話用
SPL1	x_1 :1.3(4 分岐),2.6(16 分岐)	
SPL2	x_2 :0.75(2 分岐), 1.5(4 分岐), 1.75(8 分岐)	
OLT	x_3 :25	
屋外型 ONU		y_1 : 10.3(VoIP(16)) 15.9(VoIP(32)) 19.3(VoIP(64))
加入者回路		y_2 :0.8
ドロップケーブル	x_4 :2.5	
き線ファイバ	x_5 :0.75	
配線ファイバ	x_6 : $22.5 * n_6^{-\frac{1}{2}}$	y_3 : $22.5 * m_6^{-\frac{1}{2}}$

$$f = \sum_{i=1}^4 x_i n_i + 4l_f x_5 n_5 + 4l_d x_6 n_6 \quad (2)$$

$$p = x_1 m_1 + x_3 m_2 + y_1 m_3 + y_4 m_4 + 4l_f x_5 m_5 + 4l_d y_3 m_6 \quad (3)$$

以上 2 式より 1 世帯当たりのコスト d の算出を次の式のように行う。

$$d = \frac{f + p}{a + b} \quad (4)$$

5. コスト算出

5.1 光スプリッタ分岐数の依存性

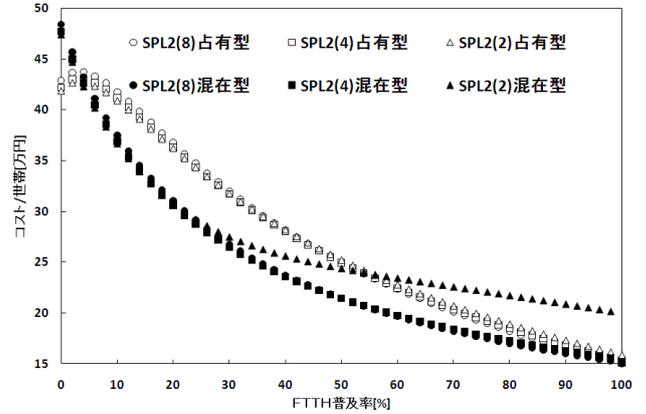


図 5 光スプリッタ分岐数別コスト (IP 電話普及率 20%, 配線点設置, VoIP(16))

図 5 は IP 電話普及率 20%、屋外型 ONU 配線点設置、VoIP(16) の光スプリッタ別コストを示している。FTTH 普及率が低い場合は、SPL2 は配線点設置なので分岐させる能力に対して実際の収容世帯が少なくにより機材のコストが最も安い、SPL2(2)が最も低コストとなった。そして FTTH 普及率が高い場合は SPL2(8)を利用すると低コストとなった。これは SPL2 の分岐数が多いとその分コストの大半を占めるファイバを引く数が少なくて済むからであった。

光スプリッタ分岐数別に平均コストをだすと、占有型混在型共に SPL2(4)が低コストとなったため以降 SPL2(4)を中心に分析する。

5.2 IP 電話普及率 20%時の屋外型 ONU 収容可能数の依存性

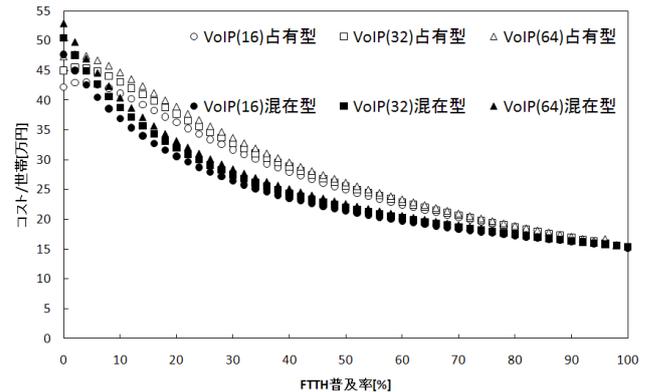


図 6 屋外型 ONU 収容可能数別コスト (IP 電話普及率 20%, 配線点設置, SPL2(4))

図 6 は IP 電話普及率 20%、屋外型 ONU 配線点設置、SPL2(4) 時の屋外型 ONU 別コストを示している。FTTH 普及率が低い時は収容可能数が少ない方が低コストとなった。これは屋外型 ONU を配線点に設置するため装置の収容可能数に対して 1 エリアに最大で 8 世帯しか収容する必要がないためである。よって機材のコストが最も低い VoIP(16)の屋外型 ONU のコストが低コストとなった。

また、FTTH 普及率が高い時に全てのコストが一定の値に収束するのは、IP 電話のみの世帯数が FTTH 普及率 100%時に 0 になるため、屋外型 ONU によるコストの依存性がなくなるからである。

また占有型より混在型を利用した方が低コストとなった。

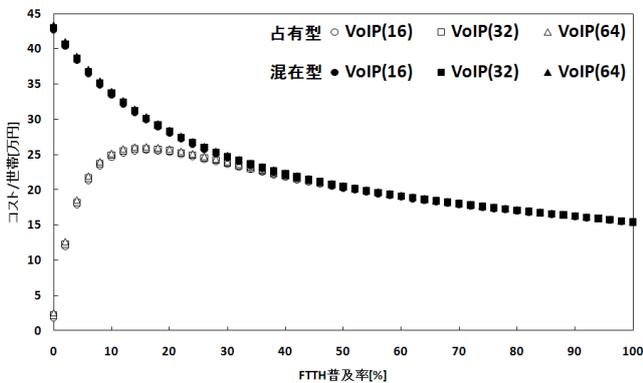


図7 屋外型 ONU 収容可能数別コスト
(IP 電話普及率 20%, き線点設置, SPL2(4))

図7は IP 電話普及率 20%, 屋外型 ONU き線点設置, SPL2(4) 時の屋外型 ONU 別コストを示している。配線点設置に比べて収容可能数別でコストの差がみられなかった。その中でも VoIP(16)が最も低コストとなった。これは低 IP 電話普及率のため実際に収容する世帯が少なく済むからである。また配線点設置に比べて全体的に低コストになった。これは低加入者密度エリアなため、き線点設置の方が多くの世帯を収容できるからである。

5.3 IP 電話普及率 60%時の屋外型 ONU 収容可能数の依存性

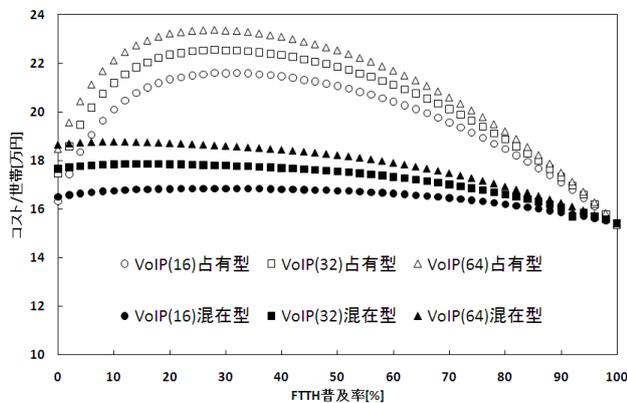


図8 屋外型 ONU 収容可能数別コスト
(IP 電話普及率 60%, 配線点設置, SPL2(4))

図8は IP 電話普及率を 60%, 屋外型 ONU 配線点設置, SPL2(4) 時の屋外型 ONU 別コストを示している。IP 電話普及率が 20%と同様に配線点設置なので収容数を多くもつ必要がないため最も収容可能数が少ない VoIP(16)が低コストとなった。

また同条件で屋外型 ONU をき線点に設置した場合、屋外型 ONU 別のコストは、FTTH 普及率が低い時は占有型の VoIP(32)が低コストとなった。また FTTH 普及率が高くなるにつれて占有型・混在型共にコストが約 15 万円に収束した。

5.4 SPL2 を設置した場合・しない場合を比較

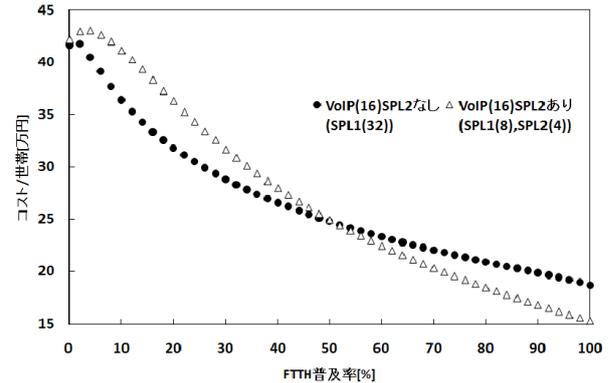


図9 SPL2 を設置した場合・しない場合のコスト
(占有型, IP 電話普及率 20%, 配線点設置,
VoIP(16), SPL2 を設置する場合 SPL1(8), SPL2(4))

図9は占有型, IP 電話普及率を 20%, 屋外型 ONU 配線点設置, VoIP(16)の SPL2 を設置した場合としない場合のコスト比較を示している。FTTH 普及率が 50%以下では SPL2 を設置しない方が低コストとなり FTTH 普及率が 50%より高い時は SPL2 を設置した方が低コストとなった。

6. まとめと今後の課題

本研究での低加入者密度エリアにおいて最適な設備構成は、SPL1 が 8 分岐, SPL2 が 4 分岐を用い、また屋外型 ONU はき線点に設置し、リボンファイバの利用形態は、占有型を利用し、IP 電話普及率が 20%の場合は VoIP(16), IP 電話普及率が 60%の場合は FTTH 普及率が低い時は VoIP(32), 高い時は VoIP(16)を用いると最も低コストとなることが分かった。

また FTTH 普及率が 50%以下の時は SPL2 を設置しない方が低コストとなり、FTTH 普及率が 50%より高い時は SPL2 を設置した方が低コストとなった。

本研究である程度 FTTH 加入世帯, IP 電話加入世帯を普及させることが出来た。よって今後の課題として IP 電話加入世帯をすべて FTTH 加入世帯へと移行することを挙げてさらなる FTTH の普及をめざす。

参考文献

- [1] Y.Okumura, "Cost Analysis of Optical Access Network Migration Scenarios to Broadcast Service," IEICE Trans. Commun., vol.E90-B, no.5, pp.1071-1078, 2007.
- [2] 米元保, 園部正博, 木上祐司, 長谷川幸夫, 三浦重宏, "大量開通・即応化に向けた光配線法," NTT 技術ジャーナル, pp.48-52, 2006.
- [3] 星山友樹, 伊東之博, "NGN への移行時の設備コストの研究," 2008 年南山大学卒業論文, 2009.
- [4] 総務省ホームページ 情報通信統計データベース <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/>, 2008.