

HTIP 利用時における LAN 内ネットワーク負荷の検討

美原 義行[†] 山崎 毅文[†] 佐藤 敦[†] 市森 峰樹[†]

日本電信電話株式会社 サイバーソリューション研究所[†]

1. はじめに

～ホーム NW 接続構成特定の必要性～

現在、ホームネットワーク（以下、ホーム NW）に多くの端末が接続され、ホーム NW の接続構成が複雑化してきている。このような状況下では、NW サービスの不具合が発生する頻度も高くなる。不具合が発生した際は、まず断線箇所を特定する必要があるため、ホーム NW の接続構成を特定し、不具合が発生した端末までの経路上に接続されている各端末の NW アドレスを特定し、接続確認を行っていく必要がある。

ホーム NW 構成を特定するプロトコルとして、HTIP (Home network Topology Identifying Protocol) が提案され、TTC にて JJ-300.00 [1]として、また、ITU-T にて G.9973 [2]として 2011 年に標準化された。本稿では、HTIP の LAN 内通信量の理論計算を行い、一般的なホーム NW における利用可能通信帯域と比較することにより、他 NW サービスに影響を与えない、軽量プロトコルであることを示す。

2. HTIP 送受信における NW 負荷の考察

2.1 モデル化

HTIP の NW 負荷を検討するため、ホーム NW を、以下のように根ノードがホームゲートウェイ（以下、HGW）である木構造にモデル化する（図 1）。

- 内部ノードは全て NW 機器であり、葉ノードは全てエンド端末とする。
- NW 機器における分岐数は m とする（隣接ノードの数は $m+1$ ）。
- HGW 以下、 $n-1$ 段だけ NW 機器が接続され、 n 段目は全てエンド端末とする。

2.2 HTIP [1][2][3]

HTIP では、PC や TV 等のエンド端末に対して、UPnP を用いて機器情報を送信することを要求し、一方、スイッチングハブ等の NW 機器に対して

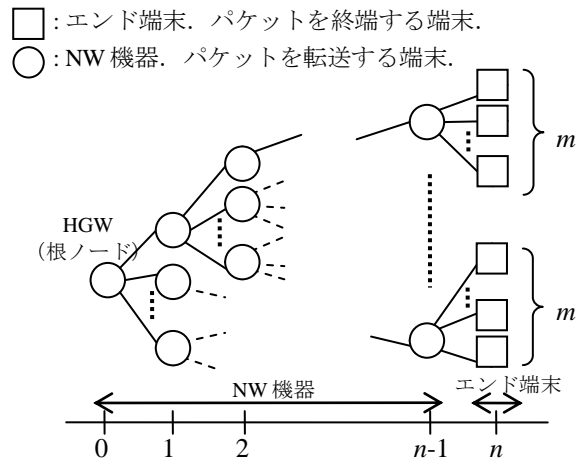


図 1. ホーム NW モデル

は、機器情報とともに、保持している MAC アドレステーブル情報を、LLDP (transmit only モード) を用いて、定期的送信することを規定している。以下、「端末」と表記した場合は、エンド端末と NW 機器両方を指すこととする。

HTIP における LLDP の利用においては、機器情報と MAC アドレステーブル情報を、TLV (Type, Length, Value) として、LLDP フレームに格納して、ブロードキャスト送信することが規定されている（図 2）。MAC アドレステーブルについては、ポート毎に、接続 MAC アドレスのリストを、一つの TLV に格納する（図 2(b)）。

UPnP は要求時のみ応答するプロトコルである一方で、LLDP は定期的（推奨値: 120 秒）にフレームをブロードキャストするプロトコルである。これより、HTIP の通信量は、主に LLDP が大部分を占めるため、定期的送信される、LLDP の NW 負荷に焦点を当て、HTIP の NW 負荷を検討する。

2.3 送信フレーム総サイズの算出

以下では、NW 機器が LLDP フレームを送信する間隔は、全て t 秒間隔とし、ホーム NW 内の全 NW 機器が HTIP に対応していることとする。これより、HGW と NW 機器が送信する LLDP フレームサイズの合計を求め、それを t で割ることで、ホーム NW 内に送信されるトラフィック量を求める。各 NW 機器から送信される LLDP フレーム

An Study for Local Area Network Load Using HTIP

[†]Yoshiyuki Mihara, Takefumi Yamazaki, Atsushi Sato, Takaki Ichimori
Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT)
Cyber Solutions Laboratories

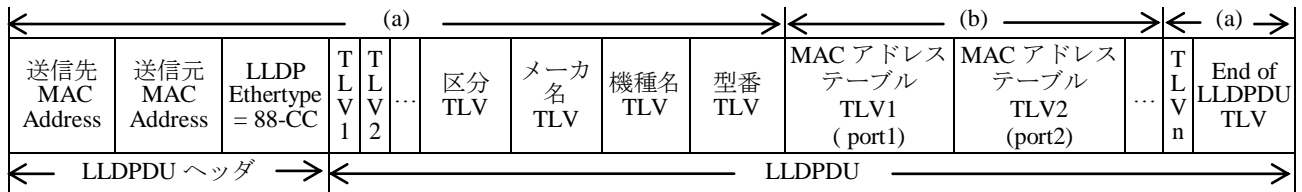


図2. HTIP 対応 NW 機器が送信する, LLDP フレームの構成

は, ブロードキャスト送信されるため, 各 NW 機器の MAC アドレステーブル内には, 全端末の MAC アドレスが記憶される. これより, i 段目における NW 機器のエンド端末側 (木構造の下側) に接続される MAC アドレス (端末) の数の合計は, $\sum_{k=i}^{n-1} m^{n-k}$ となる. そして, この NW 機器の HGW 側 (木構造の上側) の LAN ポート端子に記憶される MAC アドレスの数は, (LAN 内の全端末数) - (この NW 機器と, この NW 機器配下 (木構造の下側) の端末の総数) であるため,

$$\sum_{k=0}^n m^k - \sum_{k=i}^n m^{(n-k)} = \sum_{k=n-i+1}^n m^k$$

となる. また, i 段目のある NW 機器の, MAC アドレステーブルの TLV のサイズは, 必ず格納しなければいけない 11 octets と, 1 つの MAC アドレスが 6 octets のため, $11 + 6 \times (\text{MAC アドレスの数})$ octets となる. 以上より, i 段目の NW 機器における, MAC アドレステーブルの TLV の総サイズ (図 2(b)部) は, 以下ようになる.

$m \times \left(11 + 6 \sum_{k=i}^{n-1} m^{(n-k)} \right) + \left(11 + 6 \sum_{k=n-i+1}^n m^k \right)$
 i 段目に位置する端末の総数は, m^i であるため, 全 NW 機器が送信する, 全フレームサイズは, 以下となる.

$$\sum_{i=1}^{n-1} m^i \times \left\{ \text{図 2(a)部} + m \times \left(11 + 6 \sum_{k=i}^{n-1} m^{(n-k)} \right) + \left(11 + 6 \sum_{k=n-i+1}^n m^k \right) \right\}$$

同様に, NW 構成の頂点である HGW は, 他の NW 機器と異なり, 隣接ノードは下側のみ m 個のため, 送信する LLDP フレームの総サイズは, 以下ようになる.

$$\text{図 2(a)部} + m \times \left(11 + 6 \sum_{k=0}^{n-1} m^{(n-k)} \right)$$

2.4 負荷算出

ホーム NW 内での最大の NW 負荷を検討するため, ホーム NW 内に接続できる最大の数のエンド端末と NW 機器が接続された状況を想定する. ホーム NW のアドレス空間は, クラス C が一般的であり, LAN 内のエンド端末は, 最大 254 台接続できる. また, NW 機器を, 最少の分岐 ($m = 2$) に利用した場合, NW 機器の数が最大になる. n 段目の端末の数は 2^n となるため, 8 段接続すれば, 256 台接続でき, 余りある状況と

なる. 以上より, 最大負荷を検討するため, $n = 8$ として検討を進め, 送信間隔 (t) も 802.1ab の推奨値である 120 秒に設定する. 次に, MAC アドレステーブル TLV 以外に, LLDP を定めた IEEE 802.1AB で格納必須となっている TLV や, HTIP で拡張した機器情報送信用 TLV, LLDPDU ヘッダ等において, ある機器情報を想定し, 図 2(a)部を 98 octets とすると, ホーム NW 内のトラヒックは, 以下のように 56 kbps 程度となる.

ホーム NW は, 有線であれば通常 80 Mbps 程度のトラヒックを生成でき, 無線の場合でも, 最低 5 Mbps 程度のトラヒックを生成できることが経験から分かっている. 上限値である 254 台接続されるホーム NW 構成においても, LLDP フレームによるトラヒックは 56 kbps 程度であるため, HTIP は, 他 NW サービスへ影響を与えない, 軽量プロトコルであると判断できる.

$$\frac{8}{120 \times 10^3} \sum_{i=1}^7 2^i \times \left\{ 98 + 2 \times \left(11 + 6 \sum_{k=i}^7 2^{(8-k)} \right) + \left(11 + 6 \sum_{k=7-i}^8 2^k \right) \right\} + 98 + 2 \times \left(11 + 6 \sum_{k=i}^7 2^{(n-k)} \right) \cong 56(\text{kbps})$$

3. まとめ

本稿では, ホーム NW をモデル化し, HTIP の最大トラヒック量の検討を行うことにより, HTIP が他 NW サービスへ影響を与えない, 軽量プロトコルであることを示した.

今後, HTIP を用いて作成した NW 構成を元に不具合を切り分ける手法を確立していく.

参考文献

- [1] TTC 次世代ホームネットワークシステム専門委員会: “JJ-300.00: ホームNW接続構成特定プロトコル”, 2011.
http://www.ttc.or.jp/document_list/pdf/j/STD/JJ-300.00v1.1.pdf
- [2] ITU-T.: “G.9973: Protocol for identifying home network topology”, 2011.
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.9973-201110-P>
- [3] Mihara, Y., Yamazaki, T. and Takehiro, A.: “Designing HTIP: Home Network Topology Identifying Protocol”, IEEE ICC2011, pp.1-6, 2011.