

L-046

ホームゲートウェイを用いたリンクレイヤトポロジ管理方式の提案

荒井 大輔 吉原 貴仁 井戸上 彰 堀内 浩規

(株) KDDI 研究所

1. はじめに

ホームネットワークの普及にともない、宅内のあらゆる機器がネットワーク接続される環境が整いつつある。ネットワーク機器やサービスの利用においては、設定、操作ミスなど様々な理由により、サービスが停止する場面が想定される。利用者は、サービスが停止した際、接続されている機器やその接続関係(以下、トポロジと呼ぶ)を把握し、原因を特定する必要があるが、知識の無い利用者にとってトポロジを把握することは困難である。これまでリンクレイヤトポロジを視覚化し、利用者に提供する技術が知られている。しかしながら、ネットワーク機器が特定プロトコルに対応する必要があるなどの課題がある。本稿では、特定プロトコルに対応していないネットワーク機器に対し、宅内に設置されたホームゲートウェイ(以下、HGWと呼ぶ)が代理することにより、トポロジを視覚化し、利用者に提供する方式を新たに提案する。

2. 従来技術

利用者にトポロジを視覚化し提供する技術として、マイクロソフト社による Link Layer Topology Discovery(LLTD)[1]がある。LLTD搭載のPC(以下、LLTD搭載PCと呼ぶ)は、ネットワークに接続されたLLTD対応機器(以下、対応機器と呼ぶ)とのEthernetフレームの送受信によりトポロジを求める。LLTDによりトポロジを視覚化し画面に表示する(以下、トポロジ画面と呼ぶ)動作の概要を図1とともに示す。

利用者による、トポロジ画面表示要求(S1)によりLLTDが開始される。開始とともに、LLTD搭載PC(D1)よりDiscoverフレームが送信される(S2)。Discoverフレームを受信した対応機器((D2), (D3), (D4))は、機器名およびIPアドレス等の情報を含むHelloフレームを送信する(S3)。DiscoverフレームおよびHelloフレームの受信により、LLTD搭載PC(D1)と対応機器((D2), (D3), (D4))は、ネットワークに存在する全ての対応機器((D1), (D2), (D3), (D4))を知ることができる。

次に、LLTDはハブやスイッチにより対応機器がどのように接続されているかを求める。この際、ハブおよびスイッチのユニキャストフレームの転送特性を利用する。同じハブに接続された対応機器((D3), (D4))は、互いに同じユニキャストフレームを受信するが、スイッチにより接続された対応機器(D2)は、自身(D2)宛もしくは、スイッチのMACアドレステーブルに登録のないユニキャストフレームのみを受信する。

LLTD搭載PC(D1)は任意に対応機器を1台以上選択しEmitフレームを送信する(S4)。図1では例として対応機器(D2)が選択された場合を示す。Emitフレームには、受信した機器が、受信時点から何ミリ秒後に、どのようなフレームを送信するかの指示が含まれる。Emitフレームを受信した対応機器(D2)は、Emitフレームの内容に従い、指定された時間および送信元、宛先アドレスで、TrainフレームもしくはProbeフレームを送信する(S5)。図1では例として送信元を対応機器(D2)、宛先を対応機器(D4)とするProbeフレームの送信指

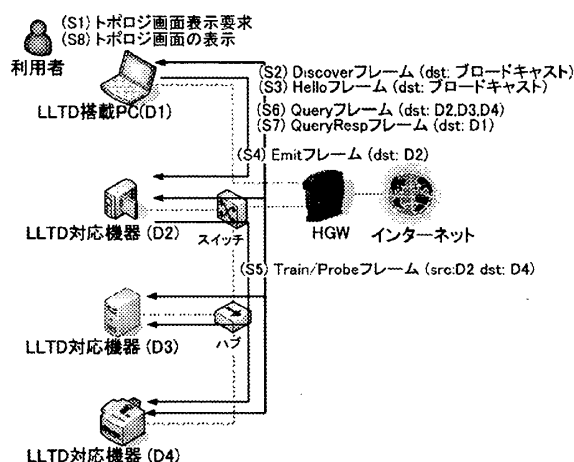


図1 LLTD動作概要

示があった場合を示す。対応機器は受信したProbeフレームを記録する。次に、LLTD搭載PCはQueryフレームをネットワーク上の対応機器((D2), (D3), (D4))に送信する(S6)。Queryフレームを受信した対応機器((D2), (D3), (D4))は、Probeフレームの受信記録を含むQueryRespフレームを返す(S7)。図1の例においては、対応機器(D3)および(D4)のProbeフレーム受信記録に、対応機器(D2)が送信したProbeフレームが含まれる。LLTD搭載PCは、対応機器(D3)と(D4)のProbeフレーム受信記録が同じ事から、ハブにより接続されていることを知る。すべての接続関係を求めるため、Emitフレームの指示内容を変更し、手順(S4)から(S7)を繰り返す。LLTD搭載PC(D1)は求めたトポロジを画面表示する(S8)。

3. 想定する環境と課題

3.1 想定環境

本稿では、非対応機器として、STBのようなIPアドレスを持つ機器(以下、IP機器と呼ぶ)とPLCモデムのようなIPアドレスを持たない機器(以下、非IP機器と呼ぶ)とを想定する。さらに、非IP機器は機器固有の管理インタフェースを持ち、非IP機器のMACアドレスと、非IP機器により接続された機器のMACアドレスとを取得可能であるとする。

PLCモデムと、ISP事業者よりレンタル提供されるHGWおよびSTB、利用者所有のPC等からなるネットワーク(図2)において、次に示すシナリオを考える。

- (1) STBによる映像視聴サービスを利用中、サービスが停止する。
- (2) 利用者はISP事業者が運営するサポートセンターへ電話連絡し、サービス停止を対応者に伝える(図2(1))。
- (3) 対応者は、原因を特定するため、利用者にLLTDによるトポロジ確認手順を通知するとともに、トポロジの提供を求める(図2(2))。
- (4) 利用者はトポロジ画面の内容を確認し対応者に伝える(図2(3))。
- (5) 対応者は、利用者からの情報を基に、サービス停止の原因を特定する(図2(4))。

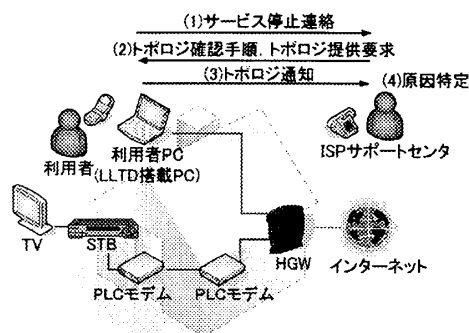


図2 想定環境

3.2 課題

3.1節の想定環境において、STBとPLCモデムがLLTDに対応していれば、利用者はトポロジを確認できる。しかしながら、STBおよびPLCモデムの中にはLLTDに対応していないものが存在する。また、PLCモデムのようなリソースの限られた機器においては、LLTDに対応することは難しく、利用者に非対応機器を含むトポロジを視覚化し、提供する方式の実現が課題となる。

4. ホームゲートウェイを用いたリンクレイヤトポロジ管理方式の提案

4.1 基本方針

3.2節の課題を解決するため、本稿では以下の基本方針に基づくトポロジ管理方式を提案する。

- (1) HGWが非対応機器の接続を管理する。
非IP機器の管理は、機器固有のインタフェースを利用し、IP機器の管理には、DHCPのアドレス管理テーブルの参照により実現する。
- (2) HGWが非対応機器に代わり、LLTDのフレームに代理応答する。
方針(1)による非対応機器の管理情報を基に、対応機器が生成するフレームの模擬により実現する。

4.2 ホームゲートウェイによる非対応機器の管理

HomePlug AV規格[2]準拠のPLCモデムを例に、非IP機器の管理手順を示す。HGWは、HomePlug AVの管理インタフェースにより、存在するモデムのMACアドレスおよび、モデムに接続された機器のMACアドレスを取得する。また、トポロジは、HGWに直接接続されたPLCモデムに他のPLCモデムが接続されているものとする。

IP機器の管理手順を示す。STB等のIP機器は、一般的にHGWのDHCP機能により、IPアドレスが付与される。そのため、HGWは自身のアドレス管理テーブルの参照により、接続されたIP機器のMACアドレスとIPアドレスの組がわかる。

HGWは、Discoverフレームへの応答の有無により接続された機器が対応機器かを判断する。Discoverフレームは、HGWが定期的に送信するか、LLTD搭載PCから送信されるDiscoverフレームを使用する。HGWは非IP機器とIP機器の管理結果より対応機器を除いた、非対応機器管理情報に基づき代理応答を行う。

4.3 代理応答手順

代理応答手順を図3とともに示す。利用者によるトポロジ画面表示要求(T1)により、LLTDが開始される。開始とともに利用者PC(E1)よりDiscoverフレームが送信される(T2)。Discoverフレームを受信したHGW(E2)は、非対応機器((E3), (E4), (E5))に代わり、Helloフ

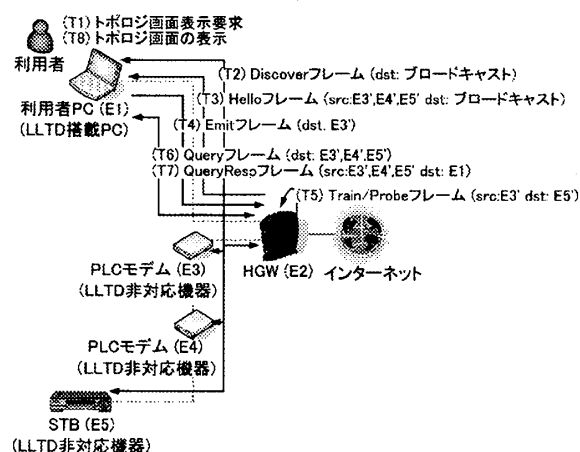


図3 提案方式動作概要

レームを生成し送信する(T3)。Helloフレームを送信する際、HGWはネットワーク上に存在しない任意のMACアドレス((E3'), (E4'), (E5'))を使用する。その結果、以降の利用者PC(E1)からのLLTDに関するフレームは全て任意のMACアドレス((E3'), (E4'), (E5'))宛となり、HGWが受信する。

利用者PC(E1)はHelloフレームの応答があったMACアドレス((E3'), (E4'), (E5'))より、1つ以上任意に選択しEmitフレームを送信する(T4)。図3の例ではMACアドレス(E3')が選択された場合を示す。Emitフレームを受信したHGW(E2)は、Emitフレームの内容に従い、TrainフレームもしくはProbeフレームを処理する(T5)。図3の例では、MACアドレス(E3')より(E5')にProbeフレーム送信する指示があった場合を示す。HGWは、実際にProbeフレームが(E3)から(E5)に送信された場合に、Probeフレームを受信する、(E4)および(E5)に対応する(E4'), (E5')が受信したものとして、HGW内部のメモリに記録する。

利用者PC(E1)はHelloフレームの応答があったMACアドレス((E3'), (E4'), (E5'))にQueryフレームを送信する(T6)。HGWはQueryフレームを受信し、QueryRespフレームを生成する。図3の例においては、(E4')および(E5')に、(E3')が送信したProbeフレームが、受信記録として含まれるQueryRespフレームを生成する。HGWは生成したQueryRespフレームを、利用者PC(E1)に送信する(T7)。利用者PCはEmitフレームの指示内容を変更し、手順(T4)から(T7)を繰り返す。最後に、利用者PC(E1)はトポロジ画面の表示を行う(T8)。

5. おわりに

本稿では、トポロジ管理プロトコル非対応機器に対し、ホームゲートウェイが代理することにより、利用者に非対応機器を含むトポロジを視覚化し、提供する方式を提案した。提案方式の実装と実環境評価が今後の課題である。最後に日頃ご指導いただく(株)KDDI研究所秋葉所長に感謝する。

参考文献

- [1]Microsoft, Link Layer Topology Discovery Protocol Specification, <http://www.microsoft.com/japan/whdc/Rally/LLTD-spec.mspix> (URL available in July 2007).
- [2]HomePlug Powerline Alliance, HomePlug AV White Paper, <http://www.homeplug.org/products/whitepapers/> (URL available in June 2007).