

無線アクセスポイント環境 WAPL の実現

小島 崇広

ユビキタスネットワークでは無線 LAN 環境が必須である。無線 LAN 環境を構築するには、アクセスポイントを無線化することが有効である。アクセスポイントを無線化する方法として我々は“Wireless Access Point Link” (WAPL) を提案している。だが、WAPL では、まだ検討されていない課題がいくつか残されている。そこで本研究では、未検討項目であるシステム立上げ時の端末の IP アドレス取得方法についての検討、及び、通信に先立って行われるアドレス解決方法とリンクテーブル作成の方法について検討を行う。

Realization of Wireless Access Point Link WAPL

Takahiro Kojima

Wireless LAN environment is indispensable in ubiquitous networks. In order to construct wireless LAN environment, it is effective to make access points wireless. We have proposed “Wireless Access Point Link” (WAPL) as a method of making the access point wireless. However, some problems remain yet have in WAPL. Then, in this research, the method of solving the address done before the communication, and the link table making method, the method of acquiring Internet Protocol address of the terminal are examined.

1. はじめに

通信端末の小型化, 高性能化などの技術革新によるインターネットの急速な普及に伴い, 時間や場所を気にせずインターネットに接続できる無線 LAN の需要が高まってきている。喫茶店や駅など外出先で無線 LAN を利用してインターネットに接続できるサービス, ホットスポットといった無線 LAN を利用したサービスが増えてきている。このように, 今後無線 LAN を利用したサービスが増えることが予想され, 近い将来, あらゆるものがネットワーク化され新たなサービスが提供されることとなることが想定できる。そのためには, 無線 LAN エリアの拡大, アクセスポイント(Access Point ; AP)の整備が不可欠である。しかし, 現在 AP 間は有線で接続されており, AP の設置に多大な費用と時間を伴うのが現状である。また, 一度 AP を設置してしまうと, 移設や増設が困難であるので計画的な配備が必要である。そこで, AP 間を無線で結合できればこのような課題が解決され, 無線 LAN エリアの拡大が容易になることが想定できる。

さらに, AP 間を無線化することによって

様々な応用が可能である。たとえば, 車内にそれぞれ無線 AP を搭載することにより車車間通信を実現することが可能である[1]。また, 災害発生時, 通信施設が破壊された様な状態においても, 周囲に AP をばら撒くだけで通信環境を回復させることが可能になる[2]。

AP 間を無線化する研究としてはこれまで, Multihop-Wireless LAN (M-WLAN) が提案されており, 実験環境の構築が行われている[3]-[6]。しかし, M-WLAN では, すべての AP がすべての端末の物理アドレスと IP アドレスを所持しているため, ホスト数が増加すると, 管理するテーブルの量が多くなることや, 経路維持のためのトラフィックが増大するという課題がある。そこで, 我々はホストからの通信要求があった時点で, 随時必要なテーブルを作成することにより, テーブル量の増加を抑えるとともに, トラフィックを大幅に減少させることができる WAPL(Wireless Access Point Link)を提案している[7]。しかし, WAPL にはまだ未検討の課題がいくつか残されている。本研究では未検討項目であるシステム立上げ時の端末の IP アドレス取得方法についての検討, 及び, 通信に先立って行われるアドレス解決方法とリンクテー

ブル作成の方法について報告する。

M-WLAN では LAN-Emulation モデルと IP-in-IP Encapsulation モデルの二つの実装方式でそれぞれ IP アドレスの取得とアドレス解決について検討されている。LAN-Emulation モデルとは、端末からのデータグラムをカプセル化するとき、データリンクレイヤのフレームを IP でカプセル化するモデルである。また、IP-in-IP Encapsulation モデルとは、端末からの IP パケットをさらに IP でカプセル化を行う方法である。

M-WLAN では端末の IP アドレス取得に DHCP を利用しており、M-WLAN とインターネットを結ぶ GW に DHCP サーバの機能を持たせている。

LAN-Emulation モデルの場合、端末の IP アドレスの取得には DHCP プロトコルをそのまま利用することが出来る。しかし、LAN-Emulation モデルでは、AP がフレームの物理アドレスをルーティングテーブルから参照して、その端末が所属している AP の IP アドレスでカプセル化を行っている。そのため、すべての AP がすべての端末の物理アドレスと IP アドレスを所持している必要がある。

次にアドレス解決について説明する。LAN-Emulation モデルでは、フラッディングを削減するために代理 ARP を用いている。AP が ARP 要求を受け取ると、どの端末の IP アドレスに対する ARP 要求かを自分の保持するルーティングテーブルから参照する。テーブル内にその IP アドレスを発見した場合にはその IP アドレスを持つ端末の物理アドレスをテーブルから調べ、そのアドレスを用いて ARP 応答を返す。このようにアドレス解決を行っている。

IP-in-IP Encapsulation モデルの場合、IP パケットのみをトンネリングするため、DHCP サーバである GW からの DHCP パケットを端末まで中継することが出来ない、よって端末の IP アドレス取得の際 AP が DHCP 中継エージェントとして動作する。つまり、AP は受け取った DISCOVER パケットを DHCP サーバである GW にフォワードし、DHCP サーバは端末ではなく DISCOVER パケットが送られてきた AP へと OFFER パケットを送信する。こうすることで端末は IP アドレスを取得する。アドレス解決については LAN-Emulation モデルと同様の動作である。

しかし WAPL では、すべての AP がすべての端末の物理アドレスと IP アドレスを所持している M-WLAN とは違い、通信要求があった時点で、随時必要なテーブルを作成するので上記

の方法では端末の IP アドレスの取得、アドレス解決をすることは出来ない。よって WAPL 独自の方法で端末の IP アドレスの取得、アドレス解決を行う必要がある。

本稿では 2 章で WAPL の紹介と課題について説明する。3 章で提案方式を報告し、4 章で提案方式の評価を 5 章でまとめを行う。

2. WAPL の概要

2. 1 WAPL の特徴

WAPL の構成例を図 1 に示す。WAPL における AP を以後 WAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。

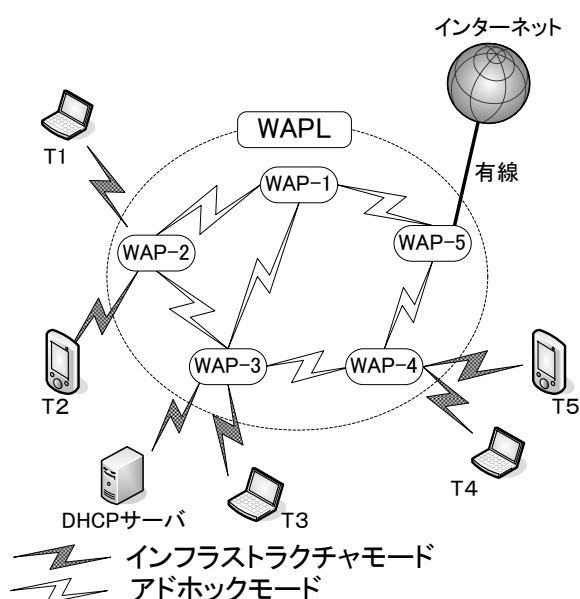


図 1 WAPL の構成例

WAP は、無線 LAN のインタフェースを 2 つ持つ。一方は WAP どうしの通信用、もう一方は WAP 配下の端末との通信に用いる。WAPL では WAP 間の無線通信はアドホックネットワーク (Mobile Adohoc NET-work; MANET) のルーティングプロトコルを使用し、WAP 間のルーティングテーブルを自動的に生成する [8]-[11]。これにより、WAP の設置にかかる配線工事が不要になり、かつルーティング情報の設定が一切不要となる。また、ユーザ端末はアドホック機能を保持しない一般端末を想定し、WAP-端末間はインフラストラクチャモードで接続する。ユーザは必要な時だけ端末を立上げ、自分の通信だけに専念すればよい。端末間通信パケットは最寄りの WAP でカプセル化・デカプセル化することにより WAP 間を中継され宛先端末に到達する。端末からは WAP 全体が一つのルータのように見え、WAPL 全体は LAN

のような働きをする。このため、WAPL 内で端末は自由に移動が可能である。インターネットへは特定の WAP から有線で接続される。WAP どちらかは電波が必ず届くように適切に配置する。

2. 2 WAPL の動作概要

WAP は自らが保持しているルーティングテーブルとリンクテーブルに従い処理を行う。ルーティングテーブルは次にどの WAP にパケットを送信すべきかを示すテーブルで、MANET のルーティングプロトコルにより生成する。一方リンクテーブルは通信したい相手端末が所属している WAP の位置を示すテーブルで、通信開始に先だててその都度生成する。

ここで端末 1 から端末 4 まで通信を行うときの動作を図 2 に示す。

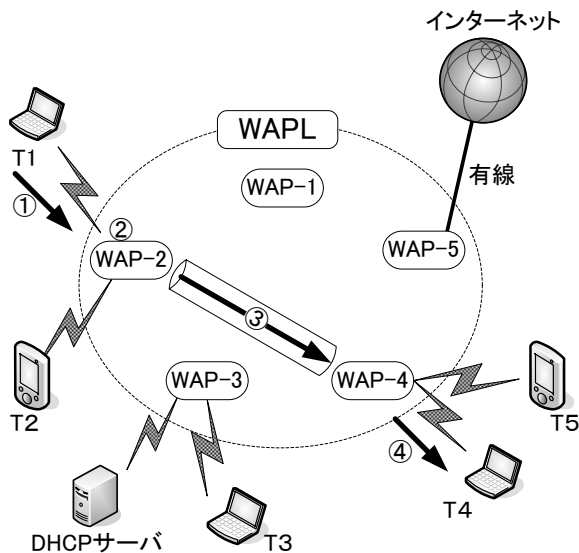


図 2 WAPL の動作概要

- ① 端末 1 は自分の所属する WAP-2 へパケットを送信する
- ② WAP-2 はパケットを、宛先ホストを配下に持つ WAP-4 のアドレスでカプセル化する。
- ③ カプセル化されたパケットは MANET のルーティングテーブルに従い WAP-4 まで届けられる
- ④ WAP-4 はカプセル化解除を行い端末 4 に送信する

このとき、WAP-2 と WAP-4 が保持するルーティングテーブルとリンクテーブルの内容は図 3 の通りである。

ルーティングテーブル

WAP-2

宛先アドレス	次アドレス
WAP-1	WAP-1
WAP-3	WAP-3
WAP-4	WAP-3
WAP-5	WAP-1

WAP-4

宛先アドレス	次アドレス
WAP-1	WAP-5
WAP-2	WAP-3
WAP-3	WAP-3
WAP-5	WAP-5

リンクテーブル

宛先IPアドレス	所属WAP IPアドレス
端末4のIPアドレス	WAP-4のIPアドレス

宛先IPアドレス	所属WAP IPアドレス
端末1のIPアドレス	WAP-2のIPアドレス

図 3 AP が保持するテーブル

2. 3 WAPL の課題

WAPL は、AP 間の通信には MANET のルーティングプロトコルを利用し、端末-AP 間はインフラストラクチャモードで接続する IP ネットワークである。IP を利用した通信では、ノードに対してネットワーク内で一意の識別子である IP アドレスを割当てる必要がある。WAPL のコンセプトにより、端末は自由に WAPL に参加、離脱するところが可能である。よって、端末は自動的に IP アドレスを取得し、通信可能の状態になる必要がある。しかし、現在 WAPL では端末の IP アドレス取得方法については検討されていない。

また、未検討項目に、通信開始時に行われるアドレスの解決がある。通信に必要なリンクテーブルの作成についても未検討である。

3. 提案方式

3. 1 端末の IP アドレスの取得方法

端末は WAPL に加わると、まず自分の IP アドレスを取得する必要がある。IP アドレスを動的に割当てる方式としては MAC アドレスを IP アドレスに対応させる RARP[12] や BOOTP[13] がある。ネットマスク、ゲートウェイアドレス、DNA サーバアドレスなどの一連の情報を提供する BOOTP の格調版である DHCP[14.15] は動的割当て方法の事実上の標準となっており今日広く利用されている。

そこで、IP アドレスの取得には既存の DHCP の原理をそのまま適用できる方法を検討した。DHCP クライアント、DHCP サーバは既存のものをそのまま利用し、DHCP サーバは WAPL 内の任意の場所に配置する。また WAPL 内に DHCP サーバを複数台置くことも可能にする。端末及び DHCP サーバの動作は通常の IP アド

レス取得と全く同じでよいように WAP においてパケットを加工する。こうすることでユーザは WAPL の存在を意識することなく DHCP から IP アドレスを取得する。

DHCP パケットの加工の際に使用する DHCP パケット内のフィールドについて説明する。

- (1) トランザクション ID フィールド；クライアントが要求ごとに用意するランダムな数字でメッセージの対応をとるために使用。
- (2) クライアントハードウェアアドレス；クライアント側のハードウェアアドレスで ethernet では MAC アドレスを指す。
- (3) ユーザ IP アドレス；クライアントに割当てた IP アドレス

WAP がどのように動作するかを示す。図 4 に WAP の動作シーケンスを図 5 にそのときのパケットについて示す。

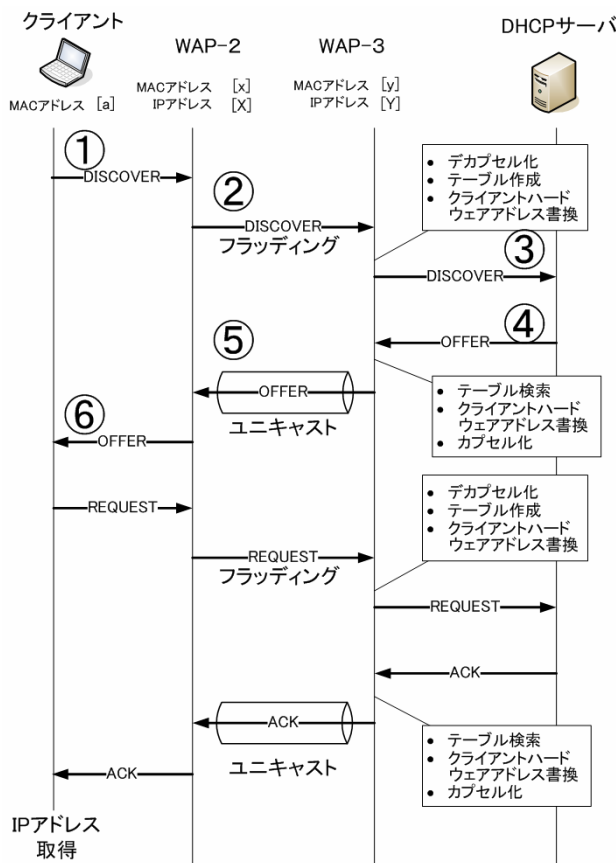


図 4 端末の IP アドレス取得シーケンス

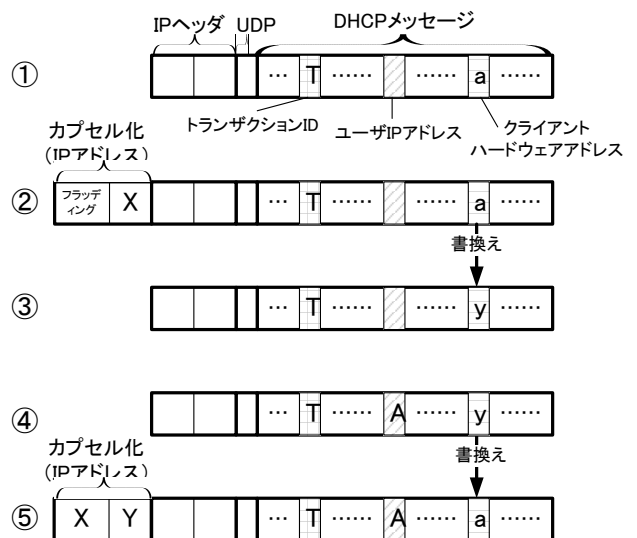


図 5 DHCP 動作時に送信されるパケット

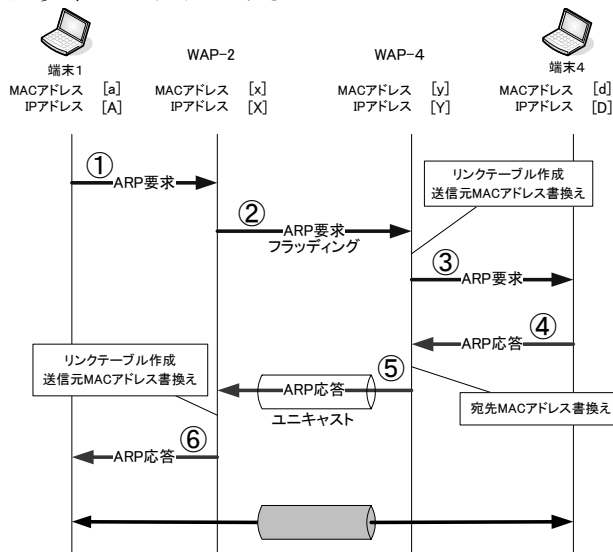
- ① 端末は WAPL に加わると DISCOVER パケットをブロードキャストする。
- ② 最寄りの WAP は DISCOVER パケットを受信すると、フラッディングするために IP アドレスでカプセル化して WAP 全体にフラッディングする。
- ③ このパケットを受け取った WAP は DISCOVER パケット内のトランザクション ID 『T』、クライアントハードウェアアドレス 『a』、送信元 IP アドレス 『X』を関連付けてテーブルとして一定時間保持する。そして DHCP サーバからの OFFER パケットが返ってくるように、DISCOVER パケット内のクライアントハードウェアアドレスを自分の MAC アドレスである 『y』に書き換え、配下の端末にブロードキャストする。
- ④ OFFER パケットを受け取った WAP は先ほど作ったテーブルから OFFER パケット内のトランザクション ID が一致するクライアントハードウェアアドレスを検索、OFFER パケット内のクライアントハードウェアアドレスを 『a』に戻す。また、同テーブルの IP アドレス 『X』によりパケットカプセル化しユニキャストする。これによりクライアントを配下に持つ WAP に OFFER パケットを送信することができる。
- ⑤ このパケットを受け取った WAP は出カプセル化を行い、宛先 MAC アドレスをパケット内のクライアントハードウェアアドレスの 『a』としてクライアントに送信する。

後に続く REQUEST パケット, ACK パケットはそれぞれ DISCOVER パケット, OFFER パケットと同様の動作を行う. このようにしてクライアントは WAPL の存在を意識することなく, DHCP サーバから IP アドレスを取得することができる.

3. 2 アドレス解決の方法

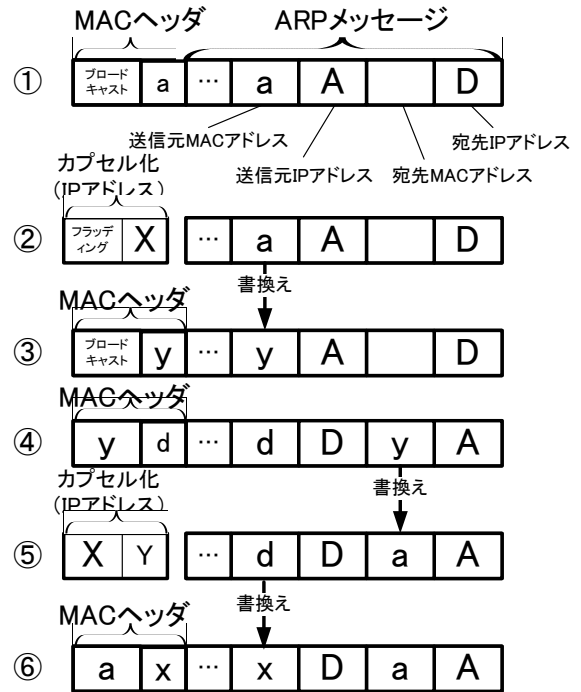
端末が通信を行うためには, まずアドレス解決を行わなければならない. WAPL では, 送信元端末と宛先端末の間に WAP が複数存在する. WAP 間では ARP メッセージなどのフレームはそのままでは WAP から中継されることはない. また, ARP メッセージを IP アドレスでカプセル化した場合でも, ARP 要求パケットが宛先端末に到達して宛先端末から ARP 応答が送信される際 ARP 応答の宛先 MAC アドレスが送信元端末の MAC アドレスであるため最寄りの WAP に到達せず, アドレス解決ができない.

図 1 の構成において端末 1 から端末 4 宛にパケットを送信する場合の通信開始時の動作は以下のとおりである.



- ① 端末 4 を探索する ARP 要求を送信
- ② ARP 要求を受け取った WAP-2 は ARP 要求をフラッディングするための IP アドレスでカプセル化し, WAP 全体にフラッディングする
- ③ パケットを受け取った WAP はパケットの情報から端末 1 の IP アドレス『A』を取り出し, 端末 1 宛のパケットを WAP-2 に送信するというリンクテーブルを作成する. その後デカプセル化を行い, 端末 4 から返信される ARP 応答が WAP-4 に到達するよ

うに ARP 要求内の送信元 MAC アドレスを端末 1 の MAC アドレス『a』から自分の MAC アドレス『z』に書き換える. また, 返信される ARP 応答を判別



するために端末 1 の MAC アドレス『A』を上記のリンクテーブルに関連付けて保存する. 上記のリンクテーブルは一定時間内に ARP 応答を受信しなかった場合消去される

- ④ 端末 4 から ARP 応答を受け取った WAP-4 は ARP メッセージ内の宛先 IP アドレス『A』からリンクテーブルを検索. ARP 応答内の宛先 MAC アドレスを元の『a』に戻す. さらに, 宛先 IP アドレスを『X』としてカプセル化して送信
- ⑤ このパケットを受け取った WAP-2 はパケットの情報から端末 2 の IP アドレス『D』を取り出し, 端末 2 宛のパケットは WAP-4 に送信するというリンクテーブルを作成する. また, パケットのデカプセル化を行い, ARP 応答内の送信元 MAC アドレス『d』を自分の MAC アドレスである『x』に書き換え送信する

以上の処理により, ARP によるアドレス解決が可能となる. また, この動作によってカプセル化に必要となるリンクテーブルを同時に完成させることができる.

4. 評価

提案方式は、WAPL における端末の IP アドレス取得と通信開始時のアドレス解決を実現する。IP アドレス取得、アドレス解決のどちらとも WPA でパケットを加工し一時的にテーブルをつくるため処理が増えるが、IP アドレス取得では WAPL 内の任意の場所に DHCP サーバを置くことができ、さらに、DHCP サーバを新たに設置する際に WAP の設定が不要であるというメリットがある。アドレス解決では、同時にリンクテーブルを作成できるため全体的に見れば処理は増えておらず、有効な方法であると考えられる。

5. むすび

本稿では、WAPL を実現するために、未検討であった WAPL における端末の IP アドレス取得方法、及び、通信開始時のアドレス解決、リンクテーブルの作成方法について提案した。端末の IP アドレス取得方法では、IP アドレス取得に既存技術である DHCP を使用する。DHCP クライアント・DHCP サーバともに何も手を加えず WAP で DHCP メッセージを加工する。これによって、端末が WAPL の存在を意識することなく IP アドレスを取得することが可能となる。また、通信開始時のアドレス解決では、端末の IP アドレス取得と同様に、WAP で ARP メッセージを加工することでアドレス解決が可能となる。更に、このときカプセル化に必要なリンクテーブルも同時に完成させることが可能となる。今後は本提案の実装とトラヒックシミュレーションを並行して実施し、提案方式の検証を行う。

参考文献

1. 大石泰大, 渡邊晃, “MANET による車車間マルチホップ通信における名前解決手法”, 電気関係学会東海支部連合大会, Setp.2004
2. 竹山裕晃, 渡邊晃, “災害時における安否確認方式の検討”, 電気関係学会東海支部連合大会, Setp.2004
3. K.Mase, et al., “Wireless LAN with Wireless Multihop Backbone Network”, IEEE ICWLHN 2001.pp349-358, 2001
4. 大和田泰伯, 間瀬憲一, “無線マルチホップ LAN の通信方式の検討とスループット評価”, 電子情報通信学会 信学技報(2002)
5. 大和田泰伯, 間瀬憲一, “M-LAN における LAN エミュレータの実装と性能評価”, 電気情報通信学会総合大会, SB-9-4(2002)
6. 朴鐘甲, 須田利章, 大和田泰伯, 照井宏康, 間瀬憲一, “アドホックネットワークの通信実験・経路制御方式の性能評価”, 信学技報, IN/MoMuC/MVE2003-11, pp13-18, Nov.2003
7. 市川祥平, 渡邊晃, “アクセスポイントの無線化を実現するシステム” WAPL “の提案”, 第 30 回 MBL 研究報告会, Sept.2004
8. IEEE Home Page. <http://www.ietf.org>
9. T.Clausen P.jacquet, “Optimized Link State Routing Protocol” (OLSR) REC3626 Oct.2003
10. C.Perkins S.Das, “Ad hoc on-Demand Distance Vector” (AODV) RFC3561 July 2003
11. R.Ogier, M.Lewis, “Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding” (TBRPF) RFC3684 February 2004
12. R.Finlayon, T.Mann, J.Mogul, and M.Theimer, “A Reverse Address Resolution Protocol”, RFC903 (1984)
13. B.Croft, and J.Gilmore, “Bootstrap Protocol (BOOTP)”, RFC951 (1985)
14. R.Droms, “Dynamic Host Congiguration Protocol”, RFC2131 (1997)
15. S.Alexander, and R.Droms, “DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions”, RFC2132 (1997)