

## ISC DHCP の為の柔軟な割り当てポリシーの設定が可能な外部呼び出し機能の実装と評価

細谷 悟<sup>†1</sup> 梶田 秀夫<sup>†2</sup>

ホストをネットワークに接続する為の様々な設定を自動的に行う仕組みとして、DHCP が広く用いられている。一般的な DHCP サーバは、割り当てる IP アドレス等の情報を、MAC アドレスに紐付けたり指定した範囲から適切に割り当てる機能を持っている。一方、割り当てる IP アドレスをクライアントの接続されたスイッチのポートに紐付けたり、DDNS UPDATE の際に要求のあった DNS 名の衝突回避機構、DHCP サーバのコンフィグレーション情報を LDAP サーバに格納できるようになど、ネットワーク情報割り当ての際に追加の処理を行いたいという需要がある。

本稿では、ISC DHCP に比較的規模の小さい変更を加えることで、クライアント設定情報の割り当てポリシーの設定が可能な外部呼び出し機能（ポリシー委譲機能）を 2 種類の方式で実装した。

また、それぞれの実装方式のオーバーヘッドを計測し、評価、考察を行った。その結果、ポリシー委譲機能は約 600 行で実装できた。また、ポリシー委譲機能にかかるオーバーヘッドは 0.3%程度となった。

### Implementation and evaluation of flexible lease policy hook for ISC DHCP server

SATORU HOSOTANI<sup>†1</sup> and HIDEO MASUDA<sup>†2</sup>

DHCP is used widely as organization performing various setting to connect a computer to the network automatically. The general DHCP server has a function to assign the configuration parameter such as IP address adequately from the range that appointed or fixed in a client MAC address. By the way, it is expected that IP address in communication log become more useful for network use management, if there is a lease policy of IP address such as fixed in client-connecting port of switching hub.

In this paper, We implemented and evaluated of flexible lease policy hook for ISC DHCP server.

### 1. はじめに

近年、様々な場所において情報コンセントを利用したネットワーク接続が可能となってきた。ネットワークに接続する為にはホストに種々の設定を行う必要があるが、設定情報を自動的に提供する機構がネットワークに存在すれば、ネットワークに接続するホストにネットワーク管理者が行う設定作業を軽減することができる。ネットワーク上で設定情報を自動的に提供するプロトコルとして DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)<sup>1),2)</sup> が広く用いられている。DHCP は、ネットワークに接続しようとするホストに対して、IP アドレスの割り当てや、ゲートウェイ、DNS(Domain Name System)<sup>3),4)</sup> サーバのアドレス等の様々な設定情報の提供を自動的に行うプロトコルである。適切に DHCP サーバ・クライアントが動作していれば、ホストは手動での設定無しにネットワークに接続することができる。一般的な DHCP サーバは割り当てる IP アドレス等の設定情報をクライアントの MAC アドレスに紐付けたり、指定した範囲内の IP アドレスから適切に割り当てる機能を持っている。

文献<sup>11)</sup>ではSNMP(Simple Network Management Protocol)<sup>9)</sup>を用いてFDB(Forwarding DataBase)から、クライアントの接続されたハブのポート番号を取得し、ハブのポートに固定のIPアドレスを割り当てるDHCPサーバを提案している。このシステムではIPアドレスを参照すれば、クライアントの接続されたハブのポートを決定することを可能にしている。また、ISC DHCPサーバはDDNS UPDATE<sup>12)</sup>を行う際に、クライアントが要求したDNS名が他のクライアントが登録した名前と衝突していてもそのまま使用する。文献<sup>13)</sup>では、クライアントが要求したDNS名が衝突していた場合にそれを元にユニークなDNS名を生成してDNSへ登録を行うシステムが提案されている。これによりあらかじめ設定されたホストの種別が識別できる名前を使いながらユニークなDNS名を設定する事が可能となり、利用者がホストを識別する際に有用であると考えられる。他に、DHCPサーバのコンフィグレーション情報をLDAPサーバに格納する、ISC DHCPへのパッチもある<sup>14)</sup>。さらなる可能性として、パソコン演習室のようにあらかじめパソコンの設置場所とホスト名を固定的に配置しているような環境において、パソコンの交換を行う場合は、通常交換後の機器のMACアドレスの登録更新作業が必要となる。そのような状況ではクライ

<sup>†1</sup> 京都工芸繊維大学大学院 工学科学研究科 情報工学専攻

<sup>†2</sup> 京都工芸繊維大学 情報科学センター

アントを接続するスイッチのポートに対して固定的に IP アドレスが割り当て可能なシステムがあれば、MAC アドレスによらず同一のホスト情報を割り当てる事ができ、さらに、その履歴を記録しておけば、機器の交換を自動的に検知することも可能になると考えられる。

文献<sup>[11][13][14]</sup>では、既存の DHCP サーバを改造することで実装が行われているが、特定の機能専用の実装であるため、別の拡張を実装することが難しくなっている。

本研究では、ISC DHCP に比較的規模の小さい変更を加えることで、種々の拡張を受け入れられるような仕組みを提案し、クライアント設定情報の割り当てポリシーの設定が可能な外部呼び出し機能の実装を行う。これにより、容易に割り当てポリシーの変更を行えることが期待できる。

## 2. 要 求

本稿では、DHCP サーバがクライアントに割り当てる IP アドレス等の設定情報を決定する方針を、割り当てポリシーと呼ぶ。

DHCP サーバの割り当てポリシーを柔軟に変更するための方法について考え、要求を以下の 3 つに整理する。

[R1] 基本プログラムを再構築すること無く割り当てポリシーを変更できること

[R2] 割り当てポリシーの変更が必要でない場合は既存の割り当てポリシーを利用できること  
これらにより割り当てポリシーの変更にかかるコストの低下が期待できる。

[R3] 既存の DHCP クライアントが利用できること

これにより既存のネットワークへの導入にかかる余計なコストの増加を避けることができる。

## 3. 設 計

2章で定義した要求を満たすため、割り当てポリシーを外部プログラムに委譲する DHCP サーバを開発することを考える。開発する DHCP サーバを拡張可能 DHCP サーバと呼ぶ。拡張可能 DHCP サーバと外部プログラムはメッセージの交換を行うことで動作する。本稿では外部プログラムとのメッセージ交換を外部委譲と呼ぶ。

### 3.1 DHCP サーバの動作概要

通常の DHCP サーバの基本的な動作は以下ようになる。

- (1) パケットの受信
- (2) 受信したパケットに含まれるオプションの解析

(3) クライアントに応答する情報の決定 (find-lease)

(4) DDNS UPDATE を行う (ddns-updates)

(5) 送信するパケットの生成

(6) パケットの送信 (dhcp-reply)

### 3.2 拡張可能 DHCP サーバの設計

3.1 節で述べた基本的な動作のうち、通常 (1)(2)(5)(6) を変更する必要は無い。また、割り当てポリシーの変更とは別に、DHCP サーバがクライアントに応答した情報を元にした動作を付加できる必要がある。

そこで外部委譲を各要求について (3)find-lease の変更 (find-lease-hook) , (4)ddns-updates の変更 (ddns-updates-hook) , (5) の後 (dhcp-reply-hook) の最大三回行う。このうち、ddns-updates は DHCPACK を応答する時にのみに行われる。外部委譲の必要が無い場合には、デフォルトの割り当てポリシーを用いてクライアントへ応答を行う。

外部委譲を行う場合には、外部プログラムは以下の情報が最低限必要であると考えられる。

- オプションの解析済みの DHCP パケット
- DHCP パケットを受信したネットワークインタフェース

加えて以下の情報も取得できることが望ましい。

- DHCP サーバに設定されたコンフィグレーション情報
- DHCP サーバが現在割り当て中の IP アドレスのリスト
- DHCP サーバが過去に割り当てていた IP アドレスのリスト

### 3.3 外部プログラムの呼び出し方式

拡張可能 DHCP サーバが外部プログラムを呼び出す方式には以下の二つが考えられる。それぞれの特徴とともに述べる。

[ソケット方式] 外部プログラムを別プロセスとして実装し、ソケットを用いて情報のやりとりを行う

- 外部プログラムは DHCP サーバと別のホストで動作させることができる
- 動的ライブラリ方式に比べてオーバーヘッドが大きい事が予想される

[動的ライブラリ方式] 外部プログラムを動的ライブラリとして実装し、関数呼び出しとして情報のやりとりを行う

- 外部プログラムは DHCP サーバと同じホストでしか実行できない
- ソケット方式に比べてオーバーヘッドが小さい事が予想される

### 3.4 外部プログラムの API 仕様

拡張可能 DHCP サーバと外部プログラムがやりとりする情報の仕様について述べる．  
外部プログラムからの応答は [完了] [否定] [継続] の三種類とした．以下に外部プログラムの応答とそれに対応した拡張可能 DHCP サーバの動作を示す．

[完了] 外部プログラムが割り当てポリシーを変更した事の通知

拡張可能 DHCP サーバは外部プログラムが生成した設定情報を，クライアントに応答する．

[否定] クライアントの申し出を拒否する事の通知

拡張可能 DHCP サーバはメッセージタイプに応じて，DHCPNAK の応答，あるいは無視をする．

[継続] 外部プログラムはクライアントへの応答に関わらない事の通知

拡張可能 DHCP サーバはデフォルトの割り当てポリシーにしたがう  
各外部委譲について外部プログラムに渡される情報と外部プログラムからの返答とを以下に示す．

- find-lease-hook
  - 渡される情報
    - packet クライアントから受信したパケット
    - network パケットを受信したネットワークインタフェース
  - 応答する情報
    - status [完了] [否定] [継続] のうち一つ
    - lease 生成した設定情報 ([完了])，なし ([否定] [継続])
- ddns-updates-hook
  - 渡される情報
    - packet クライアントから受信したパケット
  - 応答する情報
    - status [完了]， [継続] のうち一つ
- dhcp-reply-hook
  - 渡される情報
    - packet クライアントに送信したパケット
  - 応答する情報
    - なし

表 1 評価環境

DHCP サーバ	Ubuntu 9.10 Server， AMD Athlon 64 Processor 3500+， Memory 8GB， ISC DHCP 4.1.1rc1
DHCP クライアント	Mate MY30Y/E-H， PXE

## 4. 実 装

本システムの開発コストを下げるため，ISC DHCP サーバに手を加える方針とした．このことにより，ISC DHCP サーバは枯れた DHCP の実装であるので，要求 [R3] を満たしやすいと考える．これまでの仕様にしたがい，ISC DHCP 4.1.1rc1 を改造し実装した．拡張可能 DHCP サーバの実装には C 言語を用いた．

追加したコードは 574 行となった．そのうち 79 行が既存のファイル<sup>\*1</sup> への追加，残り 495 行が新規に作成したファイルである．既存のファイルへの追加は server/dhcp.c の dhcp\_reply 関数，find\_lease 関数，server/dhcpd.c の main 関数，server/ddns.c の ddns\_updates 関数の合計 4 つの関数への追加である．また，これは，ISC DHCP のソースコード約 4 万行<sup>\*2</sup> に対して追加部分は約 0.2% である．

ソケット方式では外部プログラムとやりとりする情報について，送受信の際のシリアルイズ/デシリアルイズの都合上，現時点では API 仕様の部分的な実装となっているため，実際にはもう少しコードの追加が必要である．

## 5. 性能評価

本章では外部プログラムを実装し，ISC DHCP と拡張可能 DHCP サーバ，及びソケット方式，動的ライブラリ方式の外部プログラムを比較し，評価を行う．外部プログラムの実装には C 言語を用いた．

### 5.1 評価環境

DHCP サーバ及びソケット方式における外部プログラムの実行には Ubuntu 9.10，ISC DHCP 4.1.1rc1 を，DHCP クライアントには Mate MY30Y/E-H の PXE ブート機能を使用した (表 1)．

\*1 server/dhcp.c，server/dhcpd.c，server/ddns.c

\*2 server ディレクトリ以下の拡張子.c のファイルの行数

## 5.2 外部プログラムの実装

以下に挙げる機能を有するプログラムを記述し、オーバーヘッドの計測を実施した。

### dummy 割り当てポリシーを変更しない

- find-lease-hook  
特別な処理を行わない  
応答 [ 継続 ]
- ddns-update-hook  
特別な処理を行わない  
応答 [ 継続 ]
- dhcp-reply-hook  
特別な処理を行わない

### port-fixed クライアントの接続したスイッチのポート固定の割り当てポリシー

- find-lease-hook  
クライアントの接続したスイッチのポートに紐付けられた設定があればそれを使用する  
応答 設定が見つかった場合 [ 完了 ]  
その他の場合 [ 継続 ]
- ddns-update-hook  
特別な処理を行わない  
応答 [ 継続 ]
- dhcp-reply-hook  
特別な処理を行わない

find-lease-hook, ddns-updates-hook とともに [ 継続 ] 応答を行い, dhcp-reply-hook において特に処理を行わない外部プログラム (dummy) を実装した。また, クライアントの接続したポートをあらかじめ記録されたファイルから決定し, ポート固定の IP アドレスをリリースする外部プログラム (port-fixed) の実装を行った。

## 5.3 評価方法

PXE が設定された 22 台のマシンを WoL(Wake on LAN) を用いて同時に起動し, サーバが DHCP パケットを受信した時刻, 送信した時刻を ISC DHCP サーバとソケット方式, 動的ライブラリ方式の拡張 DHCP サーバそれぞれについて, 10 回ずつ記録した。時刻の測定には DHCP サーバがパケットを受信した後, パケットを送信した後それぞれで

表 2 DHCP の要求にかかる時間

サーバ	(1)[ミリ秒]	(2)[ミリ秒]	(3)[ミリ秒]	(4)[ミリ秒]
ISC DHCP	997	120	1	33
ソケット方式 (dummy)	999	78	5	36
動的ライブラリ方式 (dummy)	997	90	5	34

- (1): DHCPDISCOVER を受信してから, DHCPOFFER を送信するまでの時間の最大値
- (2): DHCPREQUEST を受信してから, DHCPACK を送信するまでの時間の最大値
- (3): DHCPDISCOVER を受信してから, DHCPOFFER を送信するまでの時間の最小値
- (4): DHCPREQUEST を受信してから, DHCPACK を送信するまでの時間の最小値

gettimeofday 関数を使用した。測定した時刻を元に各要求にかかる時間の最大値, 最小値を比較した (表 2)。外部プログラムには dummy, port-fixed を使用した。

## 6. 考 察

### 6.1 実行時間

表 2 より, 外部プログラムに dummy を用いる拡張可能 DHCP サーバはソケット方式, 動的ライブラリ方式とも, ISC DHCP サーバと比較して DHCPDISCOVER を受信してから DHCPOFFER を送信するまでにかかる時間の最大値の増加は 0.3% 以下であった。一般的な DHCP クライアントは DHCPDISCOVER を送信してから, 4 秒前後 DHCPOFFER を待つので, 拡張可能 DHCP サーバは数十台規模のネットワークに導入可能であると予想する。

また, DHCPREQUEST を受信してから DHCPACK を送信するまでの時間が, ISC DHCP より動的ライブラリ方式, ソケット方式双方の拡張可能 DHCP サーバの方が最大値が小さくなった。拡張可能 DHCP サーバでは, ISC DHCP より実行時間は長くなると予想されるので, 測定方法に問題があった可能性がある。

### 6.2 拡張の容易性

拡張可能 DHCP サーバは変更せずにそれぞれの外部プログラムのみ新たに実装することで割り当てポリシーの変更を実現できた。また, 割り当てポリシーの変更が必要でない場合は既存の割り当てポリシーを使用できた。

ISC DHCP 4.0.2, 4.1.1 では server/dhcpd.c, server/dhcp.c, server/ddns.c の改造した部分へ大きな変更は入っていないので本システムのパッチは変更すること無く適用できる。ISC DHCP への改造が小規模である事で, 今後のバージョンアップへの追従が容易であることが期待できる。

## 7. ま と め

本稿では、ISC DHCP に比較的規模の小さい変更を加えることで、割り当てポリシーの変更が可能な外部呼び出し機能を実装した。また、そのオーバーヘッドを計測し、評価した結果、本方式によるポリシー委譲方式は改造規模、API オーバーヘッドについて、問題の無いレベルと判断できる。

今後の課題として、

- クライアントが実際に接続されたスイッチのポートに紐付いた割り当てポリシーの実装
- ソケット方式の完全な実装およびその評価
- 実運用とその評価

などがあげられる。

## 参 考 文 献

- 1) Dynamic Host Configuration Protocol, RFC 2131
- 2) DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions, RFC 2132
- 3) DOMAIN NAMES - CONCEPTS AND FACILITIES, RFC 1034
- 4) DOMAIN NAMES - IMPLEMENTATION AND SPECIFICATION, RFC 1035
- 5) 榎田 秀夫, 中西 通雄: “セキュリティレベルに応じた構内情報コンセントシステムの更生法と運用例”, 情報教育シンポジウム, Vol.2002, No.12, pp.31-36 (2002.08.21-23).
- 6) 榎田 秀夫, 鈴木 未央, 中西 通雄: “PPPoE を用いた認証付き情報コンセントの実装と評価”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO), Vol.2001, No.7, pp.379-384 (2001.06.28).
- 7) 石橋 勇人, 阪本 晃, 山井 成良, 安倍 広多, 松浦 敏雄: “利用者ごとのアクセス制御を実現する情報コンセント不正利用防止方式”, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.1, pp.79-88 (2001.1)
- 8) 丸山 伸, 浅野 善夫, 辻 斉, 藤井 康雄, 中村 純一: “既存の DHCP 端末で利用できる利用者にも管理者にも安全な情報コンセントシステムの構築”, 情報処理学会研究報告 (99-DSM-14), pp.131-136 (1999.7)
- 9) A Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 1157/STD 0015
- 10) Internet Systems Consortium, ISC DHCP, <http://www.isc.org/sw/dhcp>
- 11) 榎田 秀夫, 木村 洋介, 大下 福仁, 齋藤 明紀, 増澤 利光: “FDB を用いた接続ポート固有の IP アドレスリースが可能な DHCP サーバの設計と実装”, 情報処理学会研究報告 (2005-DSM-37), pp.41-46 (2005.5)
- 12) Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE), RFC 2136

- 13) 藤川 賢治, 岡部 寿男, 小山 洋一: “DHCP/DNS/HTTP の連系による家電機器の自動設定及び閲覧システムの施策”, 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理 (2000-DPS 100-13) pp.57-60 (2000.11)
- 14) “DHCP with LDAP support”, <http://skalyanasundaram.wordpress.com/dhcp/dhcp-with-ldap-support/>, 2010.01.28