

IPv6 ネットワークにおける複数の OSPF エリアからのトポロジ情報収集について

有田敏充[†] 飯田隆義[†] 吉田和幸^{††}

概要：ネットワークのトポロジ情報を把握することは、ネットワーク管理をする上で重要である。そこで我々は、IPv6(Internet Protocol version 6)ネットワークに関するトポロジ情報の収集とその表示を行うシステムを開発してきた。トポロジ情報として、OSPFv3(Open Shortest Path First version 3)のLSDB(Link State Database)を収集する。Zebraのospf6dを利用し、サーバがOSPFv3ルータとして振舞うことで、LSDBを収集することができる。従来のシステムでは、トポロジ情報の収集を行うサーバの所属するOSPFエリアの情報のみを収集しているため、他のエリアのトポロジ情報は集約された情報しか収集することができない。そこで本論文では、IPv6 ネットワークにおける複数のOSPFエリアのトポロジ情報を収集する手法について述べる。ospf6dをエリア数に応じて起動し、それぞれを異なるエリアに所属するルータとして設定する。これにより、1台のサーバで複数のOSPFエリアから成るネットワーク全体のトポロジ情報を得ることができる。

Collecting IPv6 Network Topology Information from plural OSPF areas

Toshimitsu Arita[†] Takayoshi Iida[†] Kazuyuki Yoshida^{††}

Abstract : It is important for network administrator to grasp network topology. Therefore we have designed and implemented a system which collects IPv6 (Internet Protocol version 6) network topology information and display it visually. As topology information, we collect LSDB (Link State Database) of OSPFv3 (Open Shortest Path First version 3). The server acts as OSPFv3 router by using ospf6d of Zebra, and collects LSDB. The old system can collect the information of only one OSPF area. Therefore I can collect only gathered information about the topology information of other areas. In this paper, we describe design and implementation of collecting IPv6 network topology information from all OSPF areas. We use ospf6d daemons for each OSPF area. As a result, we can support network whole consisting of all OSPF areas with one server.

[†] 大分大学大学院

^{††} 大分大学学術情報拠点情報基盤センター

1. はじめに

近年のネットワークの発達は我々にインターネット等多くの恩恵をもたらしている。それにともない、ネットワークの利用者は年々増加し、ネットワークは大規模で複雑なものになっている。そのために、一度ネットワークに障害が発生すると、その原因を突き止めて解決するまでに発生する被害が甚大なものになる。そのため、ネットワークを円滑に運用するために管理するネットワーク管理者が重要な役割を担っている。しかし、ネットワークの大規模化に比べてネットワーク管理者は増えておらず、ネットワーク管理者にかかる負担は増大している。

そこで、我々はネットワーク管理者の負担を軽減するため、IPv6(Internet Protocol version 6)ネットワークのトポロジ情報を収集し、視覚的に表示するシステムを開発し運用してきた[1][2]。本システムでは、OSPFv3 (Open Shortest Path First version 3)を導入したルータが持つIPv6ネットワークのトポロジ情報を収集する。従来システムでは、トポロジ情報の収集を行うマシンの所属するOSPFエリア内の情報しか収集できない。そのため、より広いエリアのトポロジ情報を収集するための手法の検討が必要となる。本研究では、IPv6 ネットワークにおけるトポロジ情報収集システムの改良を行う。

2. IPv6 ネットワーク

2.1 IPv6

IPv6 は、IPv4 で生じたアドレス空間の枯渇等の問題を解決するために開発され、128bit のアドレス幅で、 3.4×10^{38} という膨大なアドレス空間を持っている。

IPv6 アドレスは複数の部分に分かれて管理される(図1)。先頭ビットはユニキャストアドレスやマルチキャストアドレス等、IPv6 アドレスのタイプを識別する役割があり、アドレスフォーマットプレフィックスと呼ばれる。アドレスフォーマットプレフィックスとアドレス部のビット数はIPv6 アドレスのタイプによって異なる。以下に例を挙げる。

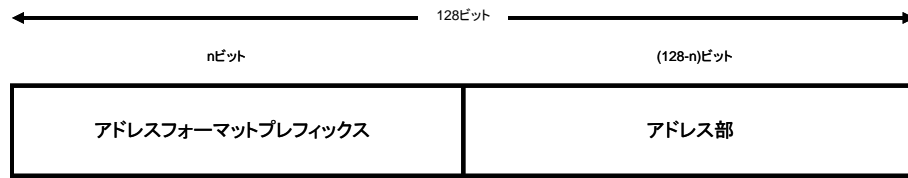


図 1 IPv6 アドレス構造

■ グローバルユニキャストアドレス

ユニキャストアドレスの一種であり、ネットワーク機器にはこのアドレスが割り当てられる。グローバルユニキャストアドレスのアドレス構造は図 2 のようになる。アドレスフォーマットプレフィックスは先頭の 3 ビットで表し、「001」である。次の 45bit はサイトに割り当てられたアドレス範囲を識別するグローバルルーティングプレフィックスである。次の 16bit はサイト内のリンクを識別するサブネット ID であり、リンクには複数のサブネット ID を付与することができる。残りの 64bit は、各ユーザの PC や端末に対応するインタフェース ID である。この部分は MAC アドレスから自動的に生成することもできる。

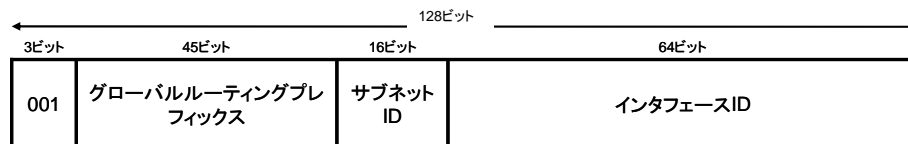


図 2 グローバルユニキャストアドレスのアドレス構造

■ マルチキャストアドレス

複数のノードに割り当てられるアドレスであり、マルチキャストアドレスを宛先とするパケットは、同一アドレスを持つすべてのインタフェースに届く。マルチキャストア

ドレスのアドレス構造は図 3 のようになっている。アドレスフォーマットプレフィックスは先頭の 8 ビットで表し、「11111111」である。次の 4 ビットはフラグフィールドである。フラグフィールドの上位 3 ビットは予備として予約されているため、0 で固定である。4 ビット目は T (transient) であり、このマルチキャストアドレスが well-known であるかどうかを表す。well-known の場合、T フラグは 0 である。次の 4 ビットはマルチキャストの適用範囲を示すスコープフィールドである。残りの 112 ビットはマルチキャストグループを識別するグループ ID フィールドである。

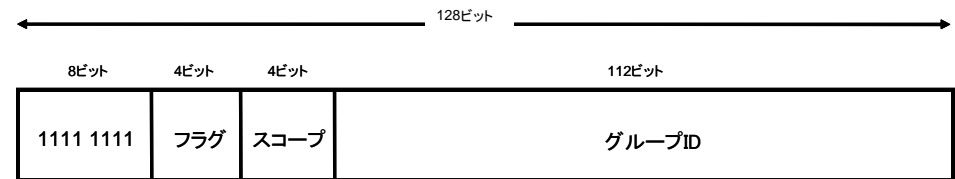


図 3 マルチキャストアドレスのアドレス構造

2.2 経路制御プロトコル

2.2.1 OSPF (Open Shortest Path First)

OSPF はネットワーク上で経路制御を行うために用いられるルーティングプロトコルの一種である。

OSPF では各ルータがリンクの状態を交換し、エリア内のすべてのルータのリンク状態を集めて LSDB (Link State Database)を作成する。その LSDB から各ルータが SPF(shortest path first)アルゴリズムを用いて自身をルートとする最短パスツリーを作成し、この最短パスツリーから経路表を作成する。

また、IPv6 ネットワークのために OSPF version3 が開発された。

2.2.2 OSPFv3 (OSPF version3 for IPv6 network)

OSPFv3 は IPv4 ネットワークで用いられてきた OSPFv2 をベースにして作成され、IPv6 に適用するために様々な変更が加えられている。

(1) 代表ルータ

各ルータは自分が持っている情報をリンク上に存在するすべてのルータに送る必要がある。一つのリンク上に N 台のルータが存在するとき、互いにリンク状態を交換すると、計算量は $O(N^2)$ となる。OSPF は負荷軽減のために代表ルータ DR(Designated Router) を選出する。また、信頼性を向上するためもう一つ代表ルータ BDR(Backup Designated Router) も同時に選出する。同一リンク内のルータは DR と BDR にリンク状態を送信する。DR となったルータは同一リンク内での情報すべてを取りまとめ各ルータに送り返す。BDR は DR が機能を継続できなくなったときに DR となって機能を引き継ぐ。

OSPFv3 では、これらは IPv6 のマルチキャストを利用することで実現している。マルチキャストで用いられる宛先アドレスは、 $FF02::5$ 、 $FF02::6$ の 2 つである。 $FF02::5$ は ALLSPFRouters と呼ばれ、OSPFv3 が稼動する全てのルータがこのアドレスを受信する。 $FF02::6$ は ALLDRouters と呼ばれ、DR、BDR となったルータのみがこのアドレスを受信する。

(2) エリア ID, ルータ ID

OSPFv3 でも、エリア ID やルータ ID などのパラメータは OSPFv2 と同じく 32bit である。これにより、32bit のエリア ID やルータ ID は、IPv6 アドレス形式(16 進表記)ではなく、IPv4 のアドレス表現形式(10 進表記)で表記する。

(3) リンクとサブネットの分離

IPv4 では、1 つのインタフェースに 1 つの IP アドレスのみ設定したが、IPv6 では 1 つのインタフェースに複数の IPv6 アドレスを設定できる。そのため、OSPFv3 ではサブネットとリンクが明確に分離された。

(4) リンクローカルアドレス

IPv6 では各インタフェースに必ずリンクローカルユニキャストアドレスが割り当てられる。また、IPv6 にはリンクローカルだけで利用可能なリンクローカルマルチキャストアドレスが定義されている。OSPFv3 はこれらのアドレスを積極的に利用する。OSPFv3 は LSDB の交換にリンクローカルマルチキャストアドレスを用いる。また、経路表のネクストホップにはリンクローカルユニキャストアドレスが用いられる。

2.2.3 LSDB (Link State Database)

OSPFv3 のリンクステートデータベースは、リンクステート広告(LSA: Link State Advertisement)という情報の集合で成り立っている。LSA は、情報の種類によって Router-LSA、Network-LSA、Inter-Area-Prefix-LSA、Inter-Area-Router-LSA、AS-External-LSA、Group-membership-LSA、Type-7-LSA、Link-LSA、Intra-Area-Prefix-LSA の 9 つに分けられる。

同期が完了したリンクステートデータベースをもとに、OSPFv3 ルータは最短経路を計算する。ルータのインタフェースが利用不能になったり、コストが変わったり、パケットの転送状況に関係する変化が発生すると、OSPFv3 ルータは差分の LSA を他のルータに広告する。各 OSPFv3 ルータはリンクステートデータベースの変化に応じて再び経路計算を行うことで、ルーティングテーブルの更新を行う。

3. ネットワークトポロジ情報表示システム

ネットワークトポロジ表示システムは、トポロジ情報を収集する収集部と、ネットワークトポロジの表示を行う表示部とからなる。

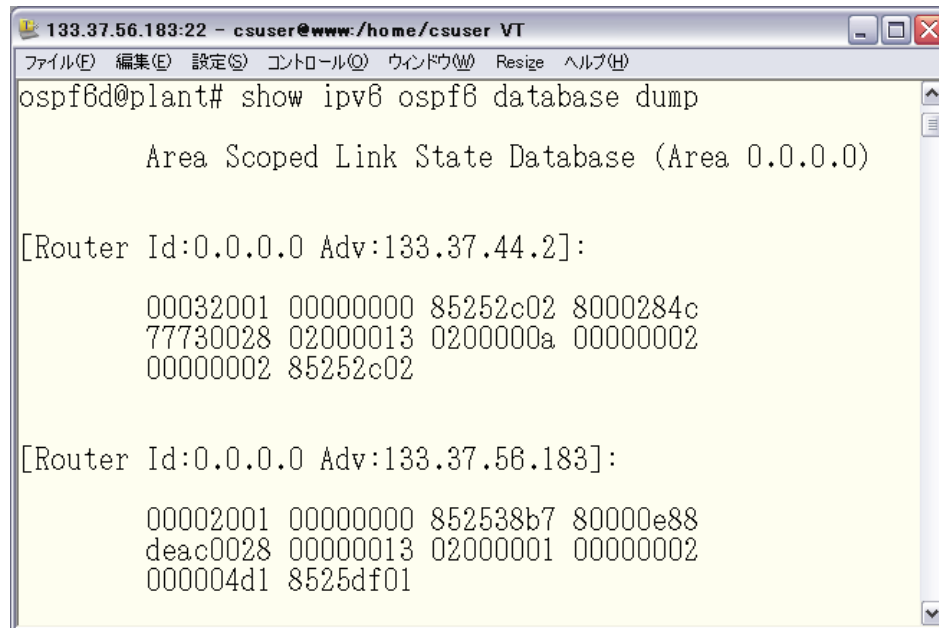
3.1 収集部

IPv6 ネットワークのトポロジ情報を収集するために、OSPFv3 の LSDB (Link State Database) を収集する。LSDB 中に含まれる LSA を解析することでネットワークのトポロジ情報を得ることができる。

OSPFv3 の LSDB を収集するために、オープンソースのルータソフトウェアである Zebra[3]を導入する。Zebra の OSPFv3 デーモン(ospf6d)を実行することで、LSDB の収集を行うサーバ自身が OSPFv3 ルータとなり、他のルータとの LSDB 情報交換に加わることで LSDB を保持することになる。ospf6d が保持する LSDB は、telnet を用いて ospf6d に問い合わせることで収集できる (図 4)。

ospf6d から収集した LSDB は 16 進数のデータである。このデータを解析し、トポロジ情報を抽出する。トポロジ情報の抽出が終わると、情報を視覚的に表示するためのフォーマットに編集する (図 5)。このデータには、それぞれ広告元のルータ (ルータ ID)、ルータに接続しているネットワーク (アドレスプレフィックス)、各接続に対応したメトリックが記述されている。

また、収集部ではトポロジ情報の自動収集機能を実装している。本機能は、日付変更時と管理対象ネットワークの構成に変化があった場合に LSDB の収集を行い、トポロジ情報の抽出を行う。管理対象ネットワークの構成変化については、OSPF の LSU (Link State Update) パケットを利用し、LSU パケットを受信したときに LSDB の収集を行う。LSU パケットはネットワークトポロジに変化がない場合でもデフォルトで 30 分に一度送信される。そのため、収集した情報を過去のデータと比較し、構成に変化がなかった場合はデータを破棄する。このようにすることで、ユーザは管理対象ネットワークの構成に変化があった時間を知ることができ、同一構成のトポロジデータを参照する手間を軽減することができる。



```
133.37.56.183:22 - csuser@www:/home/csuser VT
ファイル(F) 編集(E) 設定(S) コントロール(C) ウィンドウ(W) Resize ヘルプ(H)
ospf6d@plant# show ipv6 ospf6 database dump

Area Scoped Link State Database (Area 0.0.0.0)

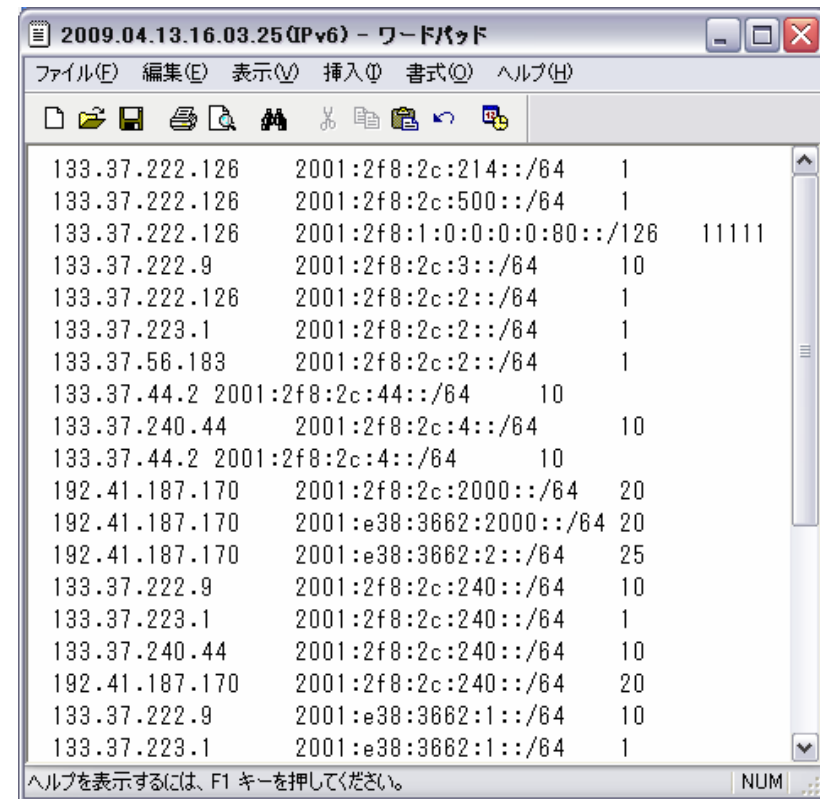
[Router Id:0.0.0.0 Adv:133.37.44.2]:

00032001 00000000 85252c02 8000284c
77730028 02000013 0200000a 00000002
00000002 85252c02

[Router Id:0.0.0.0 Adv:133.37.56.183]:

00002001 00000000 852538b7 80000e88
deac0028 00000013 02000001 00000002
000004d1 8525df01
```

図 4 LSDB 情報の出力



```
2009.04.13.16.03.25(IPv6) - ワードパッド
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ヘルプ(H)
133.37.222.126 2001:2f8:2c:214::/64 1
133.37.222.126 2001:2f8:2c:500::/64 1
133.37.222.126 2001:2f8:1:0:0:0:0:80::/126 11111
133.37.222.9 2001:2f8:2c:3::/64 10
133.37.222.126 2001:2f8:2c:2::/64 1
133.37.223.1 2001:2f8:2c:2::/64 1
133.37.56.183 2001:2f8:2c:2::/64 1
133.37.44.2 2001:2f8:2c:44::/64 10
133.37.240.44 2001:2f8:2c:4::/64 10
133.37.44.2 2001:2f8:2c:4::/64 10
192.41.187.170 2001:2f8:2c:2000::/64 20
192.41.187.170 2001:e38:3662:2000::/64 20
192.41.187.170 2001:e38:3662:2::/64 25
133.37.222.9 2001:2f8:2c:240::/64 10
133.37.223.1 2001:2f8:2c:240::/64 1
133.37.240.44 2001:2f8:2c:240::/64 10
192.41.187.170 2001:2f8:2c:240::/64 20
133.37.222.9 2001:e38:3662:1::/64 10
133.37.223.1 2001:e38:3662:1::/64 1
ヘルプを表示するには、F1 キーを押してください。 NUM
```

図 5 トポロジ情報の解析結果

3.2 表示部

表示部はトポロジ情報表示プログラムと収集部が収集抽出したトポロジ情報のデータベースとから成り立っている。このプログラムは、Java のアプレットとして実装されており、インターネットが利用できる環境であれば、ネットワーク管理者はどこからでもネットワークの構成を確認することができる。また、視認性を高めるために各種機能が

実装されている[4][5][6][7]. 図5のデータを用いたIPv6 ネットワークトポロジの表示例を図6に示す.

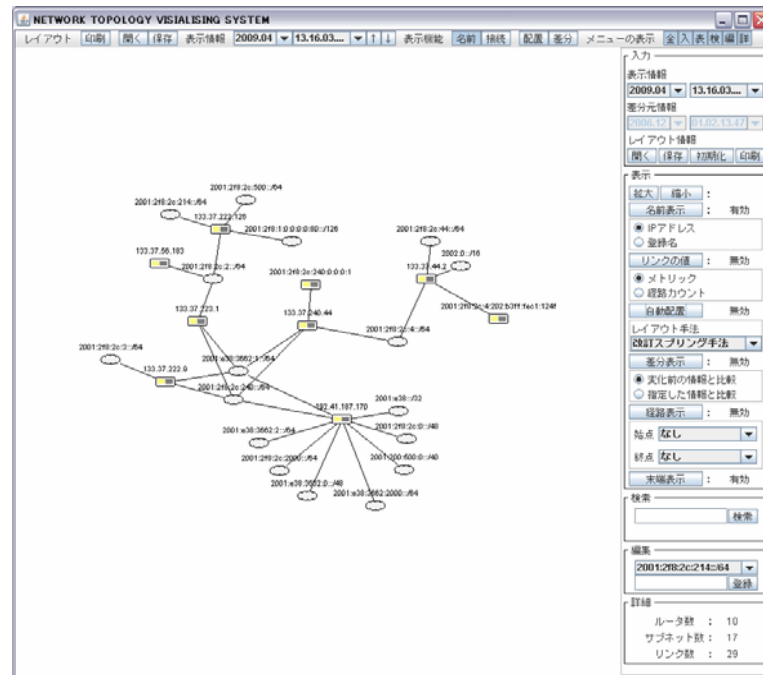


図6 トポロジ情報の表示例

3.3 従来システムの問題点

OSPF には各ルータの負担を軽減するため、ネットワークを「エリア」に分割する仕組みがある。各ルータは自分が所属するエリアの詳細な経路情報を持ち、他のエリアについてはエリア境界ルータが経路集約を行う。ネットワークをエリアに分割することで、各ルータが持つLSDBのサイズや経路情報の交換に要するネットワークトラフィックを軽減することができるというメリットがある。

従来のシステムでは、トポロジ情報の収集を行うサーバの所属するOSPF エリアの情報のみを収集している、そのため、他のOSPF エリアについては集約されたネットワークアドレスしか収集することができず、そのエリア内のトポロジ情報を知ることができない。

本システムでマルチエリアのOSPF ネットワーク全体をサポートするためには、各エリアに所属するルータに問い合わせ、すべてのOSPF エリアのルータが持つLSDBを収集する必要がある。

4. 複数のOSPF エリアのトポロジ情報収集について

LAN 全体のトポロジ情報を収集するため、OSPF のバーチャルリンクを利用する。バーチャルリンクにより、すべてのOSPF エリアからのLSDBの収集は、以下の手順で行う。

- ① 各OSPF エリアに対して1つずつZebra ospf6dをそのエリアに所属するルータとして設定し、バーチャルリンクを用いてトポロジ情報の収集を行いたいエリアのエリア境界ルータと接続する。
- ② 上で設定したそれぞれのospf6dに対して、従来システムと同様の方法でトポロジ情報を収集する。
- ③ 収集した情報を統合し、表示部へ渡す。

これにより、トポロジ情報収集を行うマシンはすべてのOSPF エリアのトポロジ情報を得ることができる。

5. おわりに

本論文では、OSPFv3を用いて経路制御しているIPv6 ネットワークにおけるトポロジ情報収集の改良について述べた。マルチエリアのOSPF ネットワークのトポロジ情報を収集するため、OSPF エリア数に応じてospf6dを利用する。ospf6dをそれぞれ異なるエリアに所属するルータとして設定することで、サーバの所属するエリア以外の詳細なトポロジ情報を収集でき、従来システムをマルチエリアのOSPF ネットワークに対応さ

せることができる.

参考文献

- 1) 釜崎正吾, 平川龍, 河野優, 吉田和幸 : OSPF を用いたネットワーク構成情報監視システム, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2005)シンポジウム論文集, pp.753-756, 2005.7
- 2) 加未徹, 兒玉清幸, 有田敏充, 吉田和幸 : IPv6 ネットワークトポロジ表示システムについて, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2007)シンポジウム論文集, pp. 1748-1753, 2007
- 3) GNU Zebra : <http://www.zebra.org/>
- 4) 平川龍, 中谷真人, 山路晃徳, 吉田和幸 : ネットワーク構成情報表示システムの自動配置アルゴリズムについて, 情報処理学会分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2004 年度論文集, p57-62, 2004
- 5) 平川龍, 釜崎正吾, 河野優, 吉田和幸 : ネットワーク構成情報表示システムのための経路表示機能について, 2005 年度電気関係学会九州支部論文集 10-1P-04, 2005
- 6) 兒玉清幸, 釜崎正吾, 吉田和幸 : ネットワーク構成情報表示システムのための自動配置アルゴリズムの評価, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2007)シンポジウム論文集, pp 1754-1761, 2007
- 7) 飯田隆義, 兒玉清幸, 有田敏充, 藤田俊輔, 吉田和幸 : ネットワーク構成情報表示システムのための自動配置アルゴリズムの改良と評価, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2008)シンポジウム論文集, pp. 1198-1205, 2008