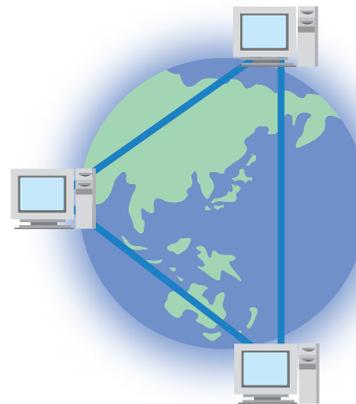


6

ENUMとIP電話



藤原 和典
(株)日本レジストリサービス
fujiwara@jprs.co.jp

米谷 嘉朗
(株)日本レジストリサービス
yone@jprs.co.jp

ENUMとIP電話

ENUMとは、電話番号とインターネットのサービスに対応させる機構である。電話番号をドメイン名に変換し、DNS (Domain Name System) を用いて、電話番号に対応するURI (Uniform Resource Identifier) を参照する。電話番号としては、国際電話で用いる E.164 番号を用いる。ENUMは、Telephone Number Mapping を意味する造語である。

日本では、個々の端末に電話番号を割り当て、従来の回線交換に近い形で実現したIP電話が普及しているが、諸外国ではIP電話を普及させるために、ENUMとSIPというインターネット標準プロトコルの組合せによるIP電話実装が有力視されている。ENUMを用いたIP電話を実装している組織・国の間では、ENUM DNS という共通データベースを用いるため、従来より容易に相互接続できる可能性がある。また、ENUMを用いるとさまざまな新しいサービスを考えることができる。

本稿では、ENUMの最大のアプリケーションと考えられるSIPやIP電話について簡単に説明し、ENUMの紹介とその可能性を述べる。また、ENUMの課題、およびENUMを使用したSIPによるIP電話を実現する場合の課題についてWIDEプロジェクト内で行われている議論、およびWIDEプロジェクトが発起人となって活動しているETJP、VoIP/SIP相互接続検証タスクフォースの活動を紹介する。

SIPとIP電話

SIP (Session Initiation Protocol) とは、IP電話やマルチメディア通信、電子会議システムなどの通信を制御するプロトコルで、1つあるいは複数の通信相手呼び出し、通信の詳細情報を通信相手に伝え、通信を完了する機能を持つ。電話での呼制御に対応する。

SIPでは、電子メールアドレスと同様なユーザ名@ドメイン名という形式のSIPアドレスを用いて通信相手を識別する。また、SIPアドレスの前にSIPプロトコルを示す"sip:"を前置し、SIP URIとして用いる。ドメイン名の部分がSIP通信を受け付けるSIPサーバをあらわす。ドメイン名からSIPサーバの検索方法はRFC 3263に定義されており、DNS検索により、IPアドレスやプロトコル、ポート番号などのSIPサーバへの接続情報を得る。また、SIPドメイン名ごとに管理主体が異なり、@の左側のユーザ名空間を独自に管理する。

SIP電話機などの端末をSIP UA (User Agent) と呼ぶ。SIP UAは、利用者からの要求に応じ、SIPサーバに対して発呼要求を送る機能と、SIPサーバからの呼要求を受け、電話利用者呼び出す機能、さらに通話機能を持つ。SIP UAは多くの場合、SIPサーバ(登録サーバ)に登録(Register)し、そのサーバの管理するSIPアドレスを得る。また、SIPサーバはSIPアドレスとSIP UAの対応を管理する。

SIP URIを直接入力できるSIP UAが存在する一方で、数字のみ入力可能な電話型SIP UAが多く存在する。そ

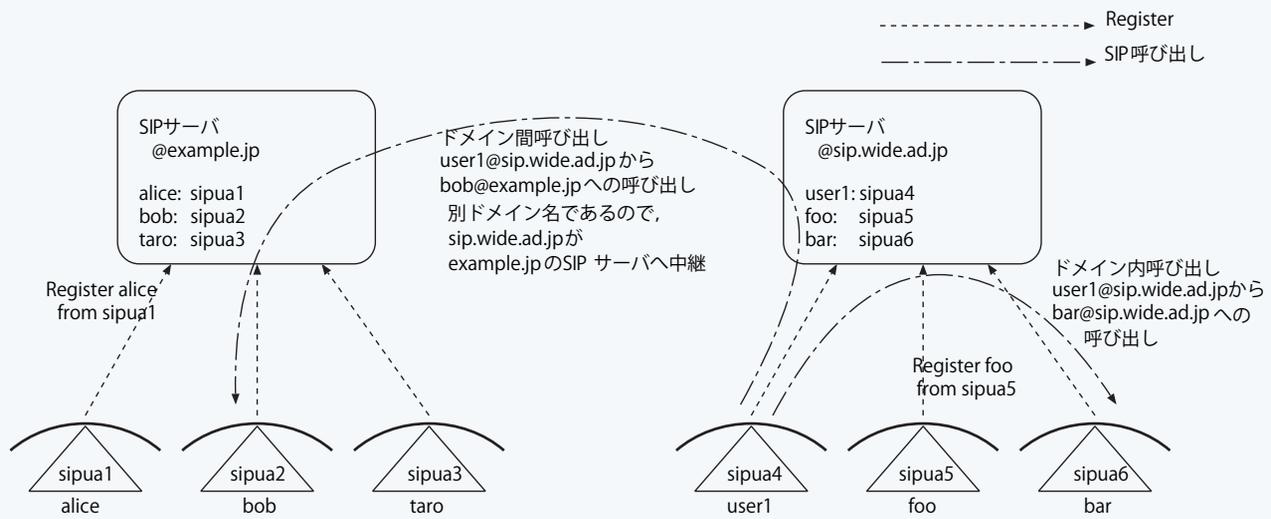


図-1 SIP URIによるIP電話網

のような SIP UA の場合は、"sip: 数字" あるいはその端末で標準設定されたドメイン名をつけ、SIP サーバに発呼要求を送る。

SIP URI を用いて通信相手を指定する IP 電話システムでは、電子メールと同様に組織やグループごとに SIP ドメインを構成する。SIP ドメイン間の通話の場合、SIP サーバでドメイン名解釈を行い、接続先 SIP サーバを得、SIP リクエストを送る。図-1 に接続概念を示す。

現在日本で普及している 050 番号を用いた IP 電話の場合、利用者にはユーザ名として電話番号を割り当て、ドメイン名部分を使用せず、電話番号の範囲により経路制御を行っている。また、SIP サーバ間の接続は、契約に基づく接続先に対してのみ許されている。結果として、利用者は SIP URI を使用することができない。

ENUM プロトコル

ENUM は IETF ENUM ワーキンググループで標準化され、2000 年 9 月に RFC 2916 が Proposed Standard として発行された。RFC 2916 では電話番号からドメイン名への変換方式が定義され、専用のドメイン名として e164.arpa が用意された。また、DNS へのサービス登録方法として、NAPTR リソースレコードを用い、E2U というサービスを用いることが決められた。2004 年 4 月に RFC 2916 の更新として、RFC 3761 が発行された。RFC 3761 では、RFC 2916 の曖昧さを減らすとともに、

ENUM で取り扱うサービスの IANA への登録方法が追加されている。

◆電話番号からドメイン名への変換

ENUM は、ITU-T の規定する E.164 番号とドメイン名の 1 対 1 対応を定めている。以下、03-1234-5678（注：日本では存在していない架空の番号）を例として変換方法を示す。

1. 先頭の 0 を取り、先頭に日本の国コードである +81 を付け、E.164 番号にする
+81-3-1234-5678 (E.164 番号)
2. 先頭の + を除く数字以外の文字(- など)を削除する。これを Application Unique String (AUS) という
+81312345678 (AUS)
3. 先頭の + を削除し、数字を逆順に並べ替える
87654321318
4. 数字の間に "." を挿入する
8.7.6.5.4.3.2.1.3.1.8
5. .e164.arpa を追加する
8.7.6.5.4.3.2.1.3.1.8.e164.arpa (ドメイン名)

◆DNS への URI 登録

ENUM ドメイン名に対し、NAPTR RR (リソースレコード) を用いて URI を登録する。NAPTR RR には多くの機能があるが、ENUM では機能の一部を利用しており、

用途・プロトコル	ENUMサービス名	RFC	DNSに登録するURI例
IP電話 (SIP)	sip	3764	sip:info@example.jp
IP電話 (SIPS)	sips	3764	sips:info@example.jp
IP電話 (H.323)	h323	3762	h323:info@example.jp
存在確認 (プレゼンス)	pres	3953	pres:userA@example.jp
Web閲覧	web:http	4002	http://www.wide.ad.jp
Web閲覧 (安全な)	web:https	4002	https://www.wide.ad.jp
ファイル転送	ft:ftp	4002	ftp://sh.wide.ad.jp/
電子メール	email:mailto	RFC化待ち	mailto:info@example.jp
電話網を使うFAX	fax:tel	RFC化待ち	tel:+81312345678
ショートメッセージ	sms:tel	RFC化待ち	tel:+81312345678
ショートメッセージ	sms:mailto	RFC化待ち	mailto:message@example.jp
インターネットFAX	ifax:mailto	RFC化待ち	mailto:fax@example.jp

表-1 ENUMで取り扱うサービス

以下のように記述する。

```
IN NAPTR 100 preference "U"
"E2U+enumservice" regexp .
(紙面では2行だが、実際には1行)
```

preference は、複数の NAPTR RR の優先度を指定するパラメータであり、値が小さいものを優先する。符合なし 16 ビット整数である。

enumservice フィールドには、この NAPTR RR が適用される ENUM サービスを指定する。

regexp フィールドには AUS からの置換規則を書く。"!パターン!置換文字列!" の形式で指定する。パターンは POSIX の拡張正規表現であり、拡張正規表現中の "(" にマッチした文字列を、置換文字列中の \1 ~ \9 で参照できる。決まった URI を書く場合は、すべての文字列を意味するパターン "^.*\$" を用い、"!^.*\$!URI!" とする。

◆ ENUM で取り扱うサービス

表-1 に示す通信サービスについて、ENUM への登録方法が提案・合意されている。IETF ENUM ワーキンググループでは新たなサービスについて議論が行われている。

◆ ENUM 登録の例

さきほどの架空の番号を用いて登録例を示す。AUS は +81312345678 とする。

```
8.7.6.5.4.3.2.1.3.1.8.e164.arpa.
IN NAPTR 100 10 "u" "E2U+sip"
"!^+813(.*)$!sip:\1@tokyo.sipisp.jp!" .
(紙面では3行だが、実際には1行)
```

この場合、+81312345678 に対する ENUM 検索結果は、sip:12345678@tokyo.sipisp.jp になる。拡張正規表現の括弧内に 12345678 がマッチし、置換文字列で \1 として参照している。

```
8.7.6.5.4.3.2.1.3.1.8.e164.arpa.
IN NAPTR 100 10 "u" "E2U+sip"
"!^.*$!sip:info@example.jp!" .
(紙面では3行だが、実際には1行)
```

```
IN NAPTR 100 10 "u" "E2U+email:mailto"
"!^.*$!mailto:info@example.jp!" .
(紙面では2行だが、実際には1行)
```

という DNS 登録があった場合、+81312345678 に対する ENUM 検索結果は、sip:info@example.jp と mailto:info@example.jp となる。

同じ番号でも、SIP にのみ対応している ENUM クライアントから参照した場合、*enumservice* が sip であるエントリを採用し、sip:info@example.jp を結果とする。

◆ ENUM の利用方法

JPNIC ENUM 研究グループでは、ENUM を利用方法により、大きくオペレータ ENUM とユーザ ENUM の 2 つに分類した。

事業者が網の実現のために用いるものをオペレータ ENUM と呼ぶ。IP 電話事業者が ENUM を用いて電話の経路制御を行う場合や、事業者間のナンバーポータビリティを実現するため共有データベースとして用いる場合が考えられている。

一方、ユーザ ENUM は、電話番号を割り当てられたユーザが希望するサービス (URI) を ENUM DNS に登録する方式である。1 つの電話番号に対し、電話と電子メールアドレスや Web URI など、複数のサービスを登録し、ENUM クライアントによりサービスを選択する。IETF など一般的に検討されている ENUM はユーザ ENUM である。

以下、ユーザ ENUM の場合の利用方法・モデルを説明する。

◆ ENUM アプリケーションの動作

ENUM アプリケーションは、電話番号を入力すると ENUM を検索し、その結果得られた URI に接続する。

- 入力待ち画面 [ユーザが E.164 番号である AUS を入力]
- ENUM 処理
 1. AUS からドメイン名へ変換し、DNS 検索
 2. DNS 応答のうち、ENUM アプリケーションが対応しているサービスと NAPTR の *enumservice* が一致するものを選択
 3. regexp を評価
 4. 優先順に並べかえ
- 最も優先されるものを選択、あるいは検索結果を表示し、ユーザによる選択を行う
- アプリケーション呼び出し

SIP サーバに ENUM 検索機能を組み込む場合、ENUM 検索が必要な電話番号や URI への発信であれば、電話番号や URI から AUS を作成し、ENUM 検索を行い、最も優先される URI へ接続を行うようにする。

◆ ENUM による SIP 電話網

図-1 の SIP URI による SIP 網が存在するときに、ENUM を用いると、E.164 番号を用いて SIP UA への接続を行うことができる。ここでは、SIP サーバが ENUM 解決を行い、得られた URI へ接続するものとする。

図-2 に、ENUM と SIP により構成した E.164 番号による IP 電話網の概念図を示す。ENUM DNS に E.164 番号から SIP URI への対応表を記録しておく。ここでは SIP UA sipua4 が sip:user1@sip.wide.ad.jp という SIP URI を持ち、いくつかの番号に発信する場合の動作を説明する。

user1 が +81312340003 に発信すると、sipua4 は SIP サーバ sip.wide.ad.jp に対し、その発呼要求を依頼する。sip.wide.ad.jp は、sip:+81312340003 という URI を解釈し、ENUM 検索を行い、接続先の URI として sip:bob@example.jp を得る。SIP サーバ sip.wide.ad.jp は他ドメインの SIP サーバであることを認識し、example.jp の SIP サーバのアドレスを解決し、example.jp の SIP サーバに sip:bob@example.jp への発呼要求を送る。example.jp の SIP サーバは bob@example.jp の UA が sipua2 であることを知っているため、その発呼要求を sipua2 に送る。結果として、sip:bob@example.jp への呼び出しができる。また、+81312340004 への発呼について図-2 に示した。

なお、SIP UA が ENUM 検索を行うとした場合は、発呼側 SIP UA で SIP URI を得て、SIP サーバへその URI への発呼要求を送ることとなる。

このような ENUM による SIP IP 電話が成立する前提として、ENUM DNS は誰からも検索できるため、ENUM DNS に登録された受け側の SIP URI は誰からでも、すなわち任意の SIP ドメインから接続できる必要がある。つまり、複数ドメイン名間の相互接続が前提となる。

◆ ENUM による通信サービス

ENUM による IP 電話が実現すると、1 つの E.164 番号に対し、ENUM DNS の登録内容を変更することで、別の機器に着信させることができる。つまり、移動するたびに、ENUM DNS の登録内容をその場に存在する SIP UA の SIP URI に更新することで、追いかけて電話のようなサービスを行うことが可能である。

◆ ENUM を用いた多機能情報端末

ENUM を用いると、多くのプロトコル・多くの機能をそなえた多機能情報端末を実現することができる。現在の携帯電話には、電話と Web ブラウザ、電子メールの機能が統合されている。一般家庭では、FAX と電話の

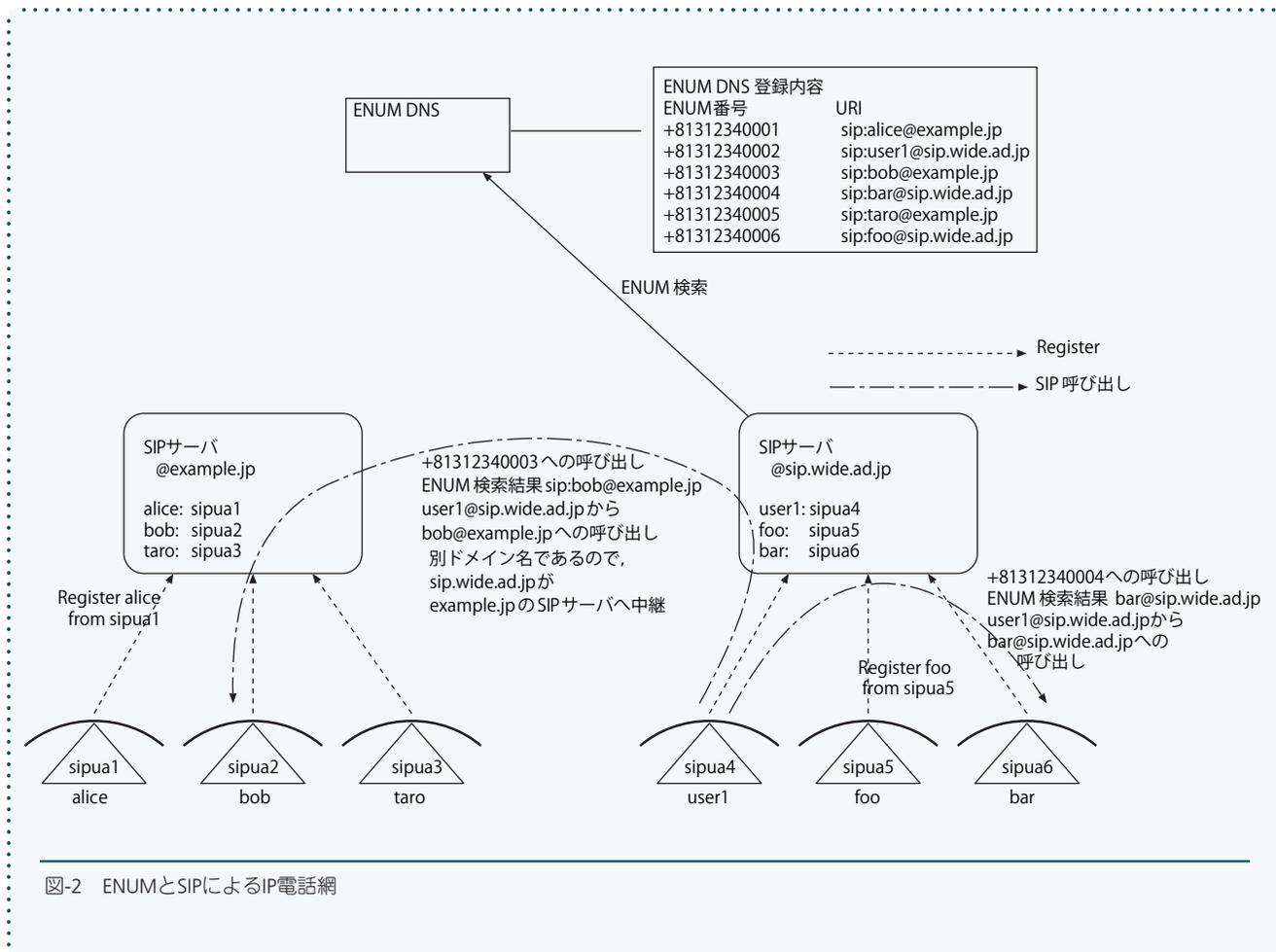


図-2 ENUMとSIPによるIP電話網

機能を持つ端末が多い。また、PC は電子メール・Web ブラウザに加えて IP 電話機能を持つことが可能である。つまり、複数の機能を持つ端末は容易に実現可能である。

ここでは、SIP 電話と電子メール機能を持つ端末があると考え、着信を受けたいユーザは各自の電話番号の ENUM DNS に SIP URI と電子メールアドレスを登録しておく。この場合に、発信ユーザが SIP と電子メールに対応した ENUM アプリケーションに電話番号を入力し、ENUM 検索を行うと、SIP と電子メールの選択肢を得ることができる。音声での通話をしたい場合、SIP により電話をかけ、相手が不在の場合には電子メールを送ることが可能となる。

WIDEプロジェクトでの活動

WIDE プロジェクトでは、ENUM に関する関心の高まりを受け、ENUM ワーキンググループを組織し、WIDE 内で ENUM・SIP の実験環境を構築し、運用実験を行っている。そのなかで、筆者らは ENUM 登録システムを試作し、WIDE メンバが自由に ENUM 登録を行えるようにした。さらに SIP サーバを運用し、実験に使える SIP

アカウントを割り当てている。また、現在入手できるいくつかの SIP 実装について、相互接続性や ENUM 検索の確認を行っている。

ENUM や、ENUM を用いた IP 電話には、以下に示す課題がある。

- プロトコルについての課題
NAPTR RR の自由度が高すぎ、相互接続性の問題があることが分かったため、インターネットドラフトを執筆し、IETF に提案している。
- ENUM 登録データ網羅的検索問題
ENUM 登録データは DNS で公開される。また、E.164 番号体系は公開されているため、可能な番号に対し、網羅的検索を行うと、番号に対応する URI のリストが容易に得られる。URI のリストには SIP URI や電子メールアドレスなどが含まれるため、迷惑メールの情報源となったり、プライバシー問題を引き起こす可能性がある。
- 迷惑 SIP 呼び出し
ENUM と複数の SIP 網を組み合わせた IP 電話網の場合、ENUM の利用者には制限がないため、どのようなユー

ザからの SIP 呼び出しも受ける必要があるが、その場合、電子メールと同様な迷惑 SIP 呼び出しが起きやすくなる。SIP プロトコル自体には、発信者 URI の詐称を禁止する機能がない。また、電子署名が普及すれば、SIP URI に対する証明書を用い、SIPS (Secure SIP) プロトコルにより、通信相手を確認することができるが、まだ現実的ではない。そこで、SIP セキュリティ問題の解決をはかるための研究を行っている。

● 位置情報の抽象化とモビリティ

ENUM では、URI を E.164 番号に抽象化する。また、SIP 階層でも、SIP URI と SIP UA の対応づけを行い、SIP UA を SIP URI に抽象化している。さらに、Mobile IP を用いると、IP アドレスの移動を抽象化できる。これら 3 つの階層での呼び出し情報の抽象化により、各階層で、移動しても同じ識別子で通信相手特定することが可能である。この中のどの要素を組み合わせ、移動に対して透過的なシステムを作成するか検討する価値がある。

WIDE プロジェクト ENUM ワーキンググループでは以上の課題について解決法を模索し、提案していく予定である。また、WIDE プロジェクトでは、より広い範囲で ENUM 運用実験を行うために ETJP に参加している。さらに、現在の IP 電話で問題となっている相互接続性の検証のために、VoIP/SIP 相互接続検証タスクフォースに参加している。

◆ ETJP

日本国内における ENUM トライアル実施のため、JPNIC、JPRS、WIDE プロジェクトの三者が発起人となり、2003 年 9 月に ENUM トライアルジャパン (ENUM Trial Japan : ETJP) を設立した。2005 年 5 月末現在で、WIDE プロジェクトを含む 46 会員が参加している。

図-3 に ETJP と諸団体の関係と ETJP の枠組みを示す。

ETJP は、ENUM の基盤サービス、その上の通信アプリケーション、通信サービスまでを含めた、基本機能の技術的検証、実用性の技術的検証、サービス化に向けた技術的課題の整理と検討、および、諸外国の ENUM トライアルと連携し、国際レベルの技術的検証を行う場を提供し、この場を用い、各会員が ENUM をベースとする通信アプリケーション、通信サービスの技術ノウハウを蓄積することを目的とする。

また、ETJP は全体として 1 つの成果を求めるのではなく、個々の会員が自由に技術実験を行う。すなわち、各会員もしくは複数会員からなるグループが、各自の技術を持ち寄り、実験を独自に企画し、実行する。以下に、現在

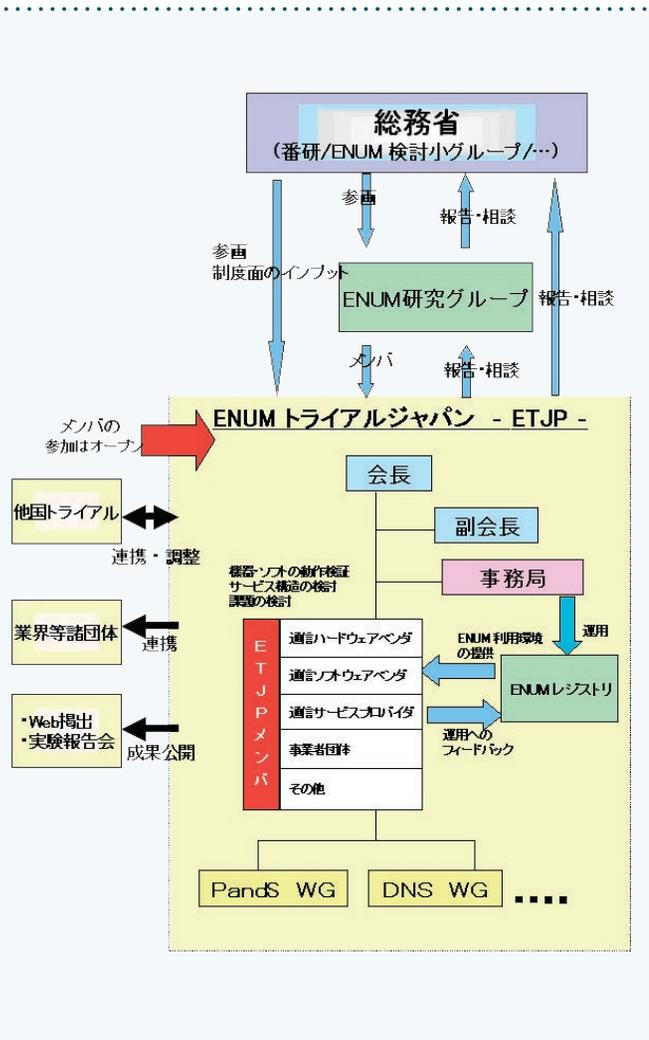


図-3 ETJP と諸団体の関係と ETJP の枠組み

までの主な活動項目・実績をあげる。

- ETJP 用 ENUM DNS の運用
- ETJP 用 ENUM 登録システムの運用
- ENUM を参照する端末 (VoIP ルータ等), SIP サーバ, アプリケーションの試作とデモンストレーション
- ENUM と RFID の組合せによる 1 ナンバーコールシステム (利用者が所持する RFID リーダで端末の RFID タグを読み、利用者の ENUM 番号に端末の SIP アドレスを動的に登録することで、1 つの ENUM 番号に対する着信端末を動的に変更するシステム) の試作とデモンストレーション (追いかけて電話の実装)
- 台湾, オーストリア, 韓国の ENUM トライアル組織との交流
- ETJP DNS WG による ENUM DNS のモデル化とパフォーマンス評価

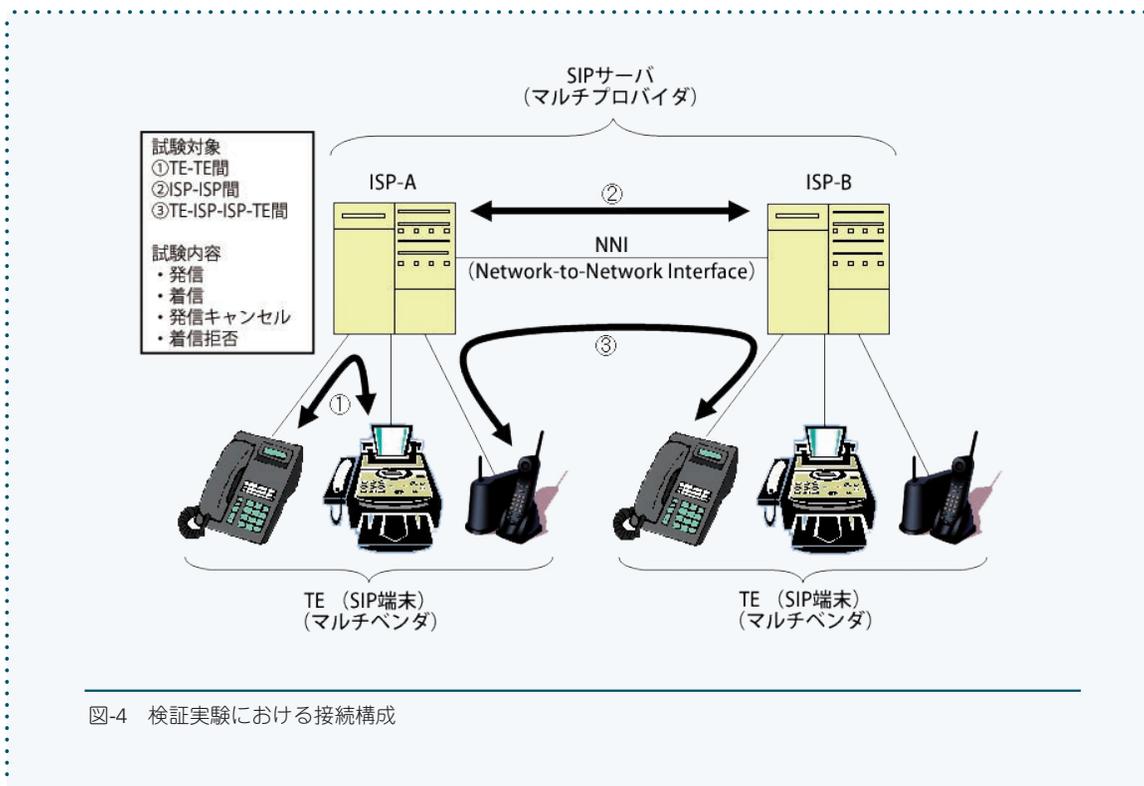


図-4 検証実験における接続構成

- ETJP Privacy and Security WG による，ETJP におけるプライバシーに関する注意喚起および ETJP システムセキュリティ要件の整理
- ETJP 報告書（第一次，第二次）の発行

ETJP は，設立当初は 1 年間の活動を予定していたが，ENUM 技術の急速な展開や日本国内の状況の変化などを考慮し，2004 年 9 月の総会において，設置期間を 1 年間延長し 2005 年 9 月末までとすることが決定された。

ETJP の詳細および報告書は ETJP Web サイト (<http://etjp.jp/>) から入手可能である。

VoIP/SIP 相互接続検証タスクフォース

SIP を用いた VoIP システムの本格普及に際して不可欠となる，ベンダ間およびプロバイダ間の相互接続性の検証のため，JPNIC や WIDE プロジェクトを含む 36 組織が発起人となり，2004 年 12 月に VoIP/SIP 相互接続検証タスクフォースを設立した。2005 年 5 月末現在で，WIDE プロジェクトを含む 38 会員が参加している。

VoIP/SIP 相互接続性検証タスクフォースは，SIP を用いた VoIP システム（マルチベンダ，マルチプロバイダ）間での相互接続性の確認，その確認と評価のための環境整備，それらを達成するためのグローバルな協力体制の確立とビジネス活動への貢献を目的とする。また，ENUM システム等の高度機能も適宜活動の範囲内に含め

ることとしている。以下に，これまでの主な活動項目・実績をあげる。

- 異なる事業者（マルチベンダ，マルチプロバイダ）間での SIP 相互接続性検証試験を日本で初めて実施し，TE (Terminal Equipment) -ISP 間，ISP-ISP 間，TE-ISP-ISP-TE 間の相互接続性を検証。図-4 に実証実験における接続構成を示す。

今後，事業者間相互接続の実現に向け，さらに参加事業者を増やしての相互接続性検証を行い，問題点の調査と改善を通じた相互接続における障壁の軽減を目標とした活動を継続していく。また，海外との相互接続試験のための協力体制構築も推進していく。

VoIP/SIP 相互接続検証タスクフォースの詳細は Web サイト (<http://vstf.jgn2.jp/>) から入手可能である。

(平成17年6月28日受付)

