

IPv6 ネットワークにおける地域コンテンツの DVTS 通信実験

Regional Contents Delivery using DV Transport on the JGN IPv6 Network

永井 明[†], 和田 武^{††}, 板倉隆夫^{†††}, 下園幸一^{††††}, 松田勝敬[†], 植竹大輔^{†††††}
Akira NAGAI[†], Takeshi WADA^{††}, Takao ITAKURA^{†††},
Koichi SHIMOZONO^{††††}, Masahiro MATSUDA[†], and Daisuke UETAKE^{†††††}

[†] 宇都宮大学総合情報処理センター

Advanced Media Network Center of the Utsunomiya University
7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585 Japan

^{††} 愛媛大学総合情報メディアセンター

Center for Information Technology, Ehime University
3 Bunkyo, Matsuyama, Ehime 790-8577 Japan

^{†††} 鹿児島大学水産学部資源利用科学講座

Faculty of Fisheries, Kagoshima University
4-50-20 Shimoarata, Kagoshima-city, Kagoshima 890-0056 Japan

^{††††} 鹿児島大学法文学部経済情報学科

Faculty of Law, Economics and Humanities, Kagoshima University
1-21-30 Kohrimoto, Kagoshima-city, Kagoshima 890-0065 Japan

^{†††††} 栃木県産業技術センター (宇都宮大学総合情報処理センター受託研究員)

Industrial Technology Center of Tochigi Prefecture
367-1 Karinuma, Utsunomiya, Tochigi 321-3224 Japan

概要

広帯域ネットワーク上で高品位な教育コンテンツを協調制作する方式検討及びその遠隔教育での応用を図る共同研究(JGN-G14016)の一環として,本州,四国,九州の三大学を双方向で結ぶ DVTS (Digital Video Transport System) 環境を,通信・放送機構研究開発用ギガビットネットワークによる IP version 6 (IPv6) ネットワーク上に構築し,そのシステム上で,高精細な地域コンテンツを 2 日間にわたり配信する実験を通じ,音声映像伝送品質の確認及びネットワーク技術の検証を実施した.本紙では,その実験におけるネットワーク環境,システム構成,各種設定,及び通信の状況について報告する.

キーワード

DVTS, IPv6, JGN, TAO

1. まえがき

次世代インターネット技術である IP version 6 (IPv6) は,研究開発が進み,基本的部分の標準化がほぼ完成され[1][2],実用化の段階にある.通信・放送機構(TAO)は,同機構が運用する研究開発用ギガビットネットワーク (JGN: Japan Gigabit Network) [3][4] において,2001 年 10 月

IPv6 サービスの試験運用を開始し,2002 年 4 月から IPv6 サービスの本格運用を開始した[5].JGN IPv6 ネットワークは,基本的には JGN の ATM ネットワークを利用して構築されている.また,JGN IPv6 ネットワークは,IPv4 ネットワークを介さない IPv6 対応機器のみによるネイティブな IPv6 ネットワークとして構成されている[6][7].2002 年 8 月現在,JGN IPv6 対応で整備されたサイトは 57 箇所あり,今回の実験は,

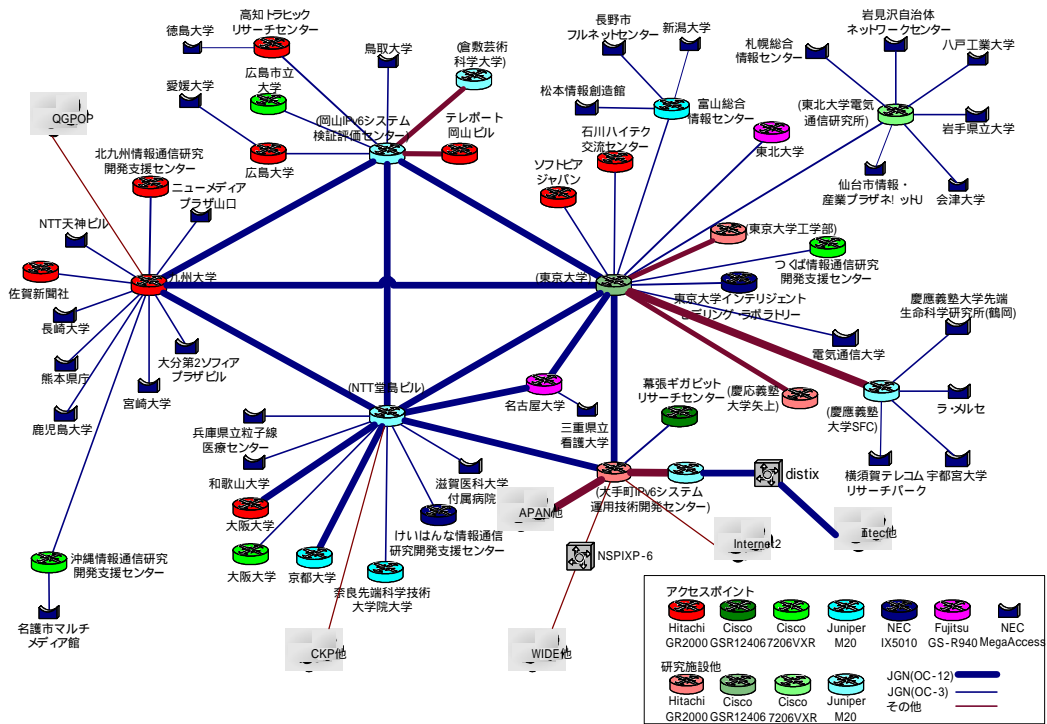


図 1 JGN IPv6 ネットワークの構成 (TAO 資料より)
 Fig. 1 JGN IPv6 network topology. (from TAO document)

そのアクセスポイントの中の “関東-9”, “四国-4”, 及び “九州-9” を結ぶ . 実験の経路は, 4 箇所ある コアサイト(東京大学, テレポート岡山, 堂島, 及び九州大学) のうち 3 箇所を含む広域なものである (図 1) .

宇都宮, 鹿児島, 愛媛の 3 大学では, 高品質な教育コンテンツのネットワーク協調制作及び遠隔教育実験システムの構築に関する研究開発を, JGN を活用して推進している (JGN-G14016) . 今回の実験は, その研究の一環として実施するもので, 大学間の IPv6 ネットワーク通信環境の構築, 高品質通信方式としての DVTS (Digital Video Transport System) 環境の実装, 高品質コンテンツの配信実験による技術的検証を行うことを主たる目的とする .

本実験では, 鹿沼商工会議所(栃木県鹿沼市)有志の協力が得られ, 地域コンテンツとして, 県指定無形民族文化財である(後の平成 15 年 2 月に国重要無形民族文化財に指定された[8][9]) 「鹿沼今宮神社祭の屋台行事」(鹿沼秋祭り, 平成 14 年 10 月 12-13 日実施) を選定することができた . 鹿沼ケーブルテレビ局との連携により, 業務用放送機器から伝送された祭り現場の高精細映像を同局舎においてリアルタイムで DVTS パケットへ変換し, 宇都宮大学総合情報処理センターを経由して JGN IPv6 ネットワークへ乗せる構成を検討した . 本実験は, TAO JGN イベントとして申請して実施した(イベント番号 104) [10] . 総合情報処

理センターを介し, JGN と地域活動との連携が図られることに加え, 地域 CATV 局と大学との次世代通信方式による技術的連携を推進する効果も期待される .

鹿沼今宮神社祭の屋台行事では, 日光宮大工の影響のもとに近世後期以降に成立したといわれる華麗な彫刻を施した囃子屋台が多数巡行する . 祭りでは, 氏子各町の屋台の今見や神社への繰り込みと繰り出しが行われ, 交差点などでは他町の屋台とお囃子を競い合うブツケも行われる .

その華麗な彫刻や伝統的なお囃子を高い品質で伝送するために, 大学を結ぶ DVTS 通信環境を構築する . DVTS は DV 動画をインターネット上で送受信するためのアプリケーションであり, WIDE プロジェクトにより 1998 年より開発が進められている[11][12] . IEEE1394 (iLink) インタフェースを有する DV カメラの普及, パーソナルコンピュータのオペレーティングシステムの IEEE1394 インタフェース対応などにより, DVTS は実用的なシステムとなり, さらに利活用が進むと考えられる .

2. 実験環境の概要

遠隔 3 地域の大学を結ぶ DVTS 環境として, 今回の実験では, 次の要件 A~F を満たすネットワーク及びシステムを構成する .

- A. 鹿沼秋祭りは2002年10月12-13日に実施される。
- B. 祭りの映像を鹿児島大学と愛媛大学へ配信する。
- C. 祭り会場の映像信号を宇都宮大学総合情報処理センターへ届ける必要がある。但し、祭り会場の映像は、鹿沼ケーブルテレビ局までは局システムにより中継される。
- D. ケーブルテレビ局が処理する映像信号はNTSC方式である。
- E. 宇都宮-鹿児島間、及び宇都宮-愛媛間では、双方向のDVTS通信を行う。
- F. JGNを介する通信はネイティブなIPv6とする。

2.1 ネットワークの構成

図2に実験ネットワークシステムを示す。まず、祭り会場からの生中継は地域CATV局の局舎内まで伝送される既存システムがあり、それを利用する。次にCATV局舎から宇都宮大学総合情報処理センターまでの通信回線を確保しなければならない。複数の市のCATV局網を接続し、総合情報処理センターまでケーブルテレビの映像信号を届ける構成を検討したが、事業者間サービスエリアにオーバーラップが存在せず、エリア間の最近接部分でも5km以上の通信経路が必要となったことから、この方式を断念した。さらに、地域Ethernetサービスを検討し、その上でIPv6通信を構成しようと調査したところ、事業者のEthernetサービス設備がまだ実装されていない状況で、結局、ATM専用サービスを利用する以外になく、40Mbpsのキャリアサービスを使用した。今回その両端に設置した装置はIPv6非対応であるため、CATV局舎-宇都宮大学総合情報処理センター間の通信はDVTS over IPv4にて行わざるを得ない。

宇都宮-鹿児島間と宇都宮-愛媛間にてDVTS双方向通信を行う。今回の実験でのDVTS利用においては、ストリームあたり35Mbps程度の容量を見込めばよい。宇都宮では、対向のふたつの大学との通信で、上り・下りストリーム各70Mbps程度の容量を必要とする。各大学ともJGNとはOC-3で接続されており、また、利用できるポートは100BASE-TXであり、そしてJGNは全二重の網構成であるため、経路上で他の広帯域実験が同時に行われない限り、通信は円滑に行えると考えられる。

宇都宮から鹿児島、愛媛へは、祭り中継映像と

宇都宮大学総合情報処理センター内の映像を、場面により切り換えて送信する。宇都宮大学総合情報処理センターでは、20人程度を収容できる会場を準備し、祭り現場、鹿児島会場、愛媛会場からの3面の映像を常時プロジェクターで投影する。

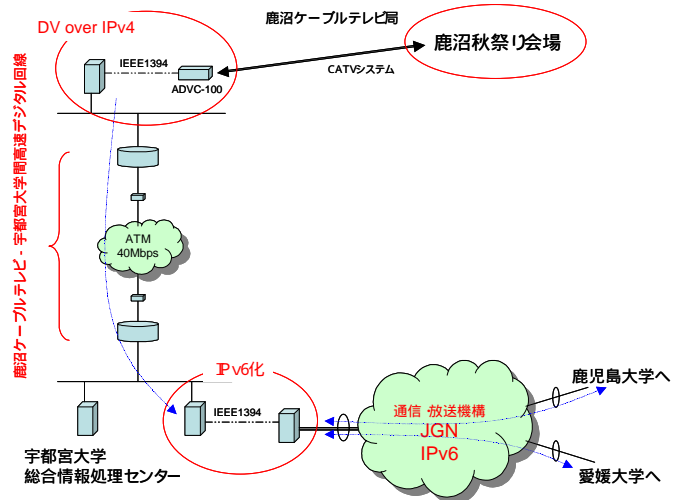


図2 実験ネットワークシステム

Fig.2 Diagram of the experimental network system.

2.2 システムの構成

祭り現場からの中継を局舎で受信し、そのNTSC信号をCanopus社製ADVC-100を用いてDV信号に変換する。IEEE1394インタフェース及びケーブルを介し、信号はDVTSを実装したPC (Pentium4-1.8GHz, 512MB-PC2100, Intel EtherExpress Pro/100, I/O Data 1394-PCI3, RedHat 7.3 Linux)へ送られ、DV over IPv4へ変換し、ATM専用回線により宇都宮大学総合情報処理センターへ送信する。回線の両端には、Cisco社製7200シリーズのルータを設置した。

宇都宮大学総合情報処理センターでは、DV over IPv4の信号を受信し、IEEE1394で結ばれた2台のPC (Celeron-1.7GHz, 512MB-PC2100, Intel EtherExpress Pro/100, I/O Data 1394-PCI3, RedHat 7.3 Linux)により映像をDV over IPv6へ変換し、JGNを介して鹿児島、愛媛へ送信する。1台のPCでDV/v4-v6変換を行うことを検討したが、適切な方法がなく、本構成が最も簡易と判断した。JGNに近い1台では、予めエンコードした映像ファイルを保存しておき、祭りの生中継と切り替えて送信するVOD (Video on Demand)の試験を行う。

鹿児島大学においては、受信したDVTS映像を

Composite 信号へも出力し，それを Real Network ストリームへ変換し，さらにキャンパスネットワークへ再配信する．

鹿児島大学と愛媛大学からの DVTS 映像を宇都宮大学会場で受信し，投影するため，また，宇都宮会場の状況を鹿児島，愛媛へ送信するために，IPv6 に対応させた 2 台の PC (Intel Pentium4 1.6GHz, 384MB, Windows XP Professional) を設置し，また，必要に応じ祭り中継ストリームを切り替え，宇都宮会場の映像を鹿児島，愛媛へ送信するために，2 台の DV カメラ (SONY DCR-TRV900) を設置した．

祭りのスケジュールに合わせるため，JGN 側の設定準備及び試験は，一ヶ月以上前から開始し，また，ケーブルテレビ局と総合情報処理センターを接続する通信回線については最短の利用を計画し，設定条件を事前準備した上で当日の早朝から実装を行うこととした．

3. 実験結果

3.1 ストリームトラフィック

鹿沼ケーブルテレビ局から宇都宮大学総合情報処理センターへ流入するストリームトラフィックを MRTG により記録した(図 3)．この記録は，ATM 専用回線のセンター側ルータのインタフェースで計測したもので，12 日(土)，13 日(日)ともに，数回の調整時間を除き，安定して約 30Mbps のストリームデータが届いていることがわかる．

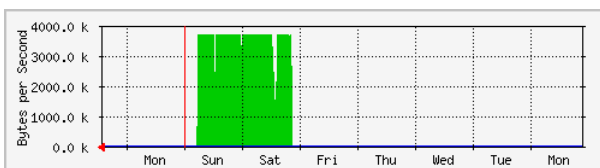


図3 ケーブルテレビ局からのDVストリームトラフィック (10月12日(土) - 13日(日))
Fig.3 DV stream traffic from the CATV station (Oct.12 Sat. - Oct.13 Sun.).

図 4 に関東 9 アクセスポイント(宇都宮)から JGN へ向けた ATM セルのトラフィックを TAO Champion 統計情報システムにて計測した結果を示す．上が 12 日，下が 13 日の 24 時間のデータで，毎時 0, 15, 30, 45 分から 15 分間に流れたセル数を表す．宇都宮のアクセスポイント(関東 9)から，約 70Mbps のデータ流がほぼ安定して送信されていることがわかる．

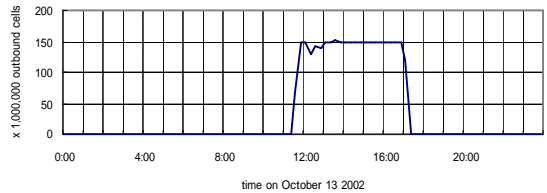
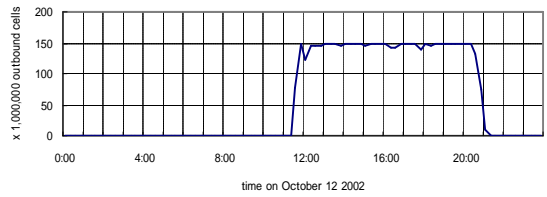


図 4 JGN traffic (関東 9 JGN)
Fig. 4 JGN traffic from Kanto-9 to JGN

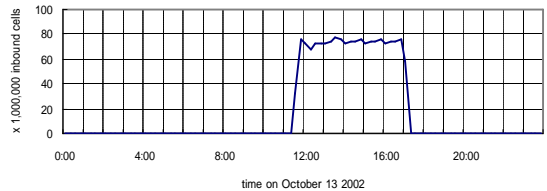
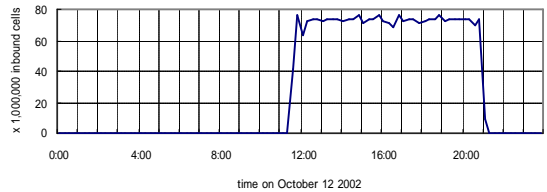


図 5 JGN traffic (JGN 四国 4)
Fig. 5 JGN traffic from JGN to Shikoku-4

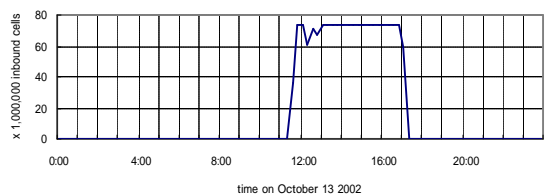
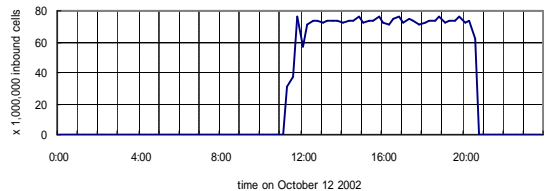


図 6 JGN traffic (JGN 九州 9)
Fig. 6 JGN traffic from JGN to Kyushu-9

JGNから四国4(愛媛)及び九州9(鹿児島)へ向けて流れるトラフィック記録をそれぞれ図5、図6に示す。約35Mbpsのデータ流が宇都宮からそれぞれの大学へ安定して送り届けられていると考えられる。

なお、通信・放送機構がアクセスポイントに設置したIPv6 Switchでは、DVTSのように相手側の応答がないアプリケーションによる通信を持続する場合、ある時間後に相手側のアドレス情報(ARP table)が消失してしまうとの指摘を受け、実験中は、宇都宮 愛媛間、宇都宮 鹿児島間の機器でpingを交換し続けた。

3.2 音声データの遅延

宇都宮大会場において、ケーブルテレビ局から送信されるDV over IPv4をモニタしたところ、映像と音声に数百ミリ秒程度の時間的ずれが認められた。特に太鼓を打つ映像とその音の遅延は、容易に一般視聴者が感じる程度のものであった。この遅延は、ケーブルテレビ局が一般家庭に配信するシステムでは認められなかったため、DVTSエンコードの仕組み内の問題と考えられる。本実験の後に、dvtsの配布版で、Canopus Encoderを使用する場合のconfigureオプションが実装されたことが判り[13]、従って、機器とソフトウェア間の調整で解決できると考えられるが未確認である。

3.3 パケット損失

宇都宮会場では、愛媛、鹿児島からの映像をWindows XPを使用したDVTS環境で受信した。この系において、PC上のDVTSアプリケーションに組み込まれたパケット統計機能により監視していたところ、不定期に数～数十%のパケット損失が観測された。パケット損失が発生すると、映像、音声ともに乱れ、フレームが飛び、ジジッという雑音が混入した。この現象は、頻度の高い時は、一時間に数～十数回発生し、数分間持続した後、収束する。通信経路の問題とは考えにくく、PC内での処理で発生していると推察されるが、継続して調査を進めている。

4. まとめ

本研究では、JGN IPv6ネットワークを活用し、高品質なDistance Learningの有効な方式とし

て考えられるDVTSを用いた双方向の通信実験を行った。いくつかの検討すべき課題が残されているが、基本的に本方式は実用的なレベルにあることを確認できた。

また、実験の準備、推進には、産官学から40名以上が積極参加し、メーリングリストでは多くのメッセージが交換され、様々なノウハウの蓄積、共有が図られるなど良い機会を与えるものであった。ネットワークを介し、十分な準備を行えたこともあり、地域ケーブルテレビ局と大学との連携、DVTS映像のRealストリームへの再配信、生中継VODの切り替えなども順調に進行した。

今回の実験において各会場で簡単なアンケート調査を実施した。26名の一般参加者から回答を得たが、その全員が映像品質に関し、「非常に良い」または「良い」と答えた。一方、音響に関する評価は高くなく、会場の構造、音響設備の仕様、雑音、遅延の問題など改善すべき点が指摘された。

一般参加者からは、「実験活動に協力できることがあれば是非参加したい」、「地元での協力が必要であれば協力してゆきたい、さらなる応用を試みてゆければ有難い」などの声も寄せられ、地域連携推進に寄与し得るプロジェクト展開が期待される。また、鹿児島、愛媛では、本実験により、離れた地域にあるこの重要無形民族文化財を初めて知ることができた視聴者が多く、遠隔地域連携の役割も果たした実験プロジェクトであった。

今回の実験方式では、100Mbps全二重の高速通信環境が整備されていれば、各会場にPCとDVカメラを準備することにより、3地点での高品質な映像通信を行うことができる。H.323、H.320方式による一般的に高価な遠隔会議システムを用いずに、容易かつ非常に低いコストで高品質な通信を行うことが可能である。しかし、本システムは、生中継と録画映像の切り換え、多地点の画面制御、多カメラの切り換え、配信内容や配信先のプログラム制御、などを簡単な操作で行う方法がまだ実装されておらず、利用面での改善が期待される。

この方式は、ギガビット環境を有するキャンパスネットワーク上では、より多くの映像源を結び活用が考えられる。今後の課題として取り組みたい。

謝辞 本実験の推進にあたり、鹿沼商工会議所の高内創氏、入江史朗氏をはじめとする有志の皆様、鹿沼ケーブルテレビ局や鹿沼秋祭り関係者の皆様には多大な協力を頂き、感謝致します。また、実

験の円滑な実施に向けて様々な技術的協力を頂いた、通信・放送機構小竹正高氏、中村一彦氏、えひめ産業振興財団武田直樹氏、愛媛大学工学研究科上田和章氏、岩谷寛樹氏、金澤和典氏、鹿児島大学升屋正人助教授、萬藤史朗氏に感謝致します。

本実験が、これから続く、本州、四国、九州を結んだ一連の広域広帯域通信実験の契機となった意義は大きく、関係諸氏全員へ深く感謝致します。

[12] Akimichi Ogawa, Katsushi Kobayashi, Kazunori Sugiura, Osamu Nakamura, and Jun Murai, "Design and Implementation of DV based video over RTP", Packet Video Workshop, 2000.

[13] DVTS Home Page, <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/usage/install-j.html>, Aug. 19 2003 access.

参考文献

[1] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification," IETF RFC2460, Dec. 1998.

[2] A. Conta and S. Deering, "Internet Control Message Protocol (ICMPv6)," IETF RFC2463, Dec. 1998.

[3] 斎藤忠夫, "JGN (Japan Gigabit Network) の概要," IPSJ Mag., Vol.43, no.11, pp.1151-1157, Nov. 2002.

[4] TAO Home Page, "Japan Gigabit Network," <http://www.jgn.tao.go.jp/>, Aug.19 2003 access.

[5] TAO Home Page, "沿革及び主な業績," <http://www.jgn.tao.go.jp/03-about/enkaku.html>, Aug.19 2003 access.

[6] 小林和真, 勝野聡, 中村一彦, 美甘幸路, 林久善, 町澤朗彦, 北辻佳憲, 江崎浩, "JGN IPv6 ネットワーク," 信学論 (B), vol.J85-B, no.8, pp.1156-1163, Aug. 2002.

[7] 小林和真, 勝野聡, 美甘幸路, 江崎浩, "JGN IPv6 ネットワーク," IPSJ Mag., Vol.43, no.11, pp.1165-1170, Nov. 2002.

[8] 文部科学省 Home Page, 第20回文化審議会文化財分科会議事要旨, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/bunka/gijiroku/002/03022101.htm, Aug. 19 2003 access.

[9] 栃木県 Home Page, 栃木県文化財速報, <http://www.pref.tochigi.jp/bunkazai/shiteisokuhou/H13~/kunisitei/kunisitei150117.htm>, Aug. 19 2003 access.

[10] TAO Home Page, JGN イベントリスト, http://www.jgn.tao.go.jp/06-act/06-3/list_event.html, Aug. 19 2003 access.

[11] DVTS コンソーシアム Home Page, <http://www.dvts.jp/dvts.html>, Aug. 19 2003 access.