

小電力無線ネットワークによる 地域ネットワーク接続実験

2000年6月16日

東北インターネット協議会TRIX研究会

曾根秀昭 (東北大学)

菅野浩徳 脇山俊一郎 樋地正浩 今野幸典

東北地域内インターネット相互接続実験 TRIX(Tohoku Regional Internet eXchange)

—地域内での円滑な通信の確保

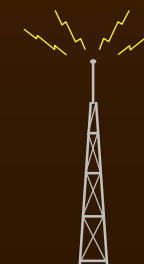
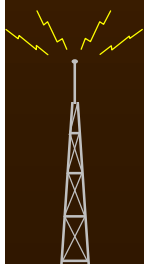
- ◆ 通信遅延の解消
- ◆ National IX不通時の地域内通信路の保全

—地域内でのネットワーク利用の促進

- ◆ 自治体や教育機関での利用
- ◆ 情報ビジネスの活性化
- ◆ ネットワークを利用した地域コミュニティ形成の支援

—技術開発・研究の推進

- ◆ 経路制御技術、トラフィック解析技術
- ◆ 運用技術の蓄積



TRIXの活動

-Phase I (1996.5 - 1997.4)

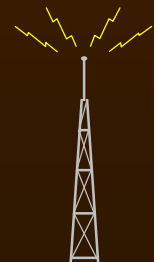
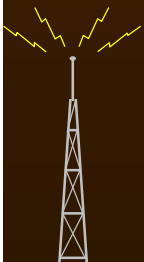
- ◆ 5月 TRIX研究会の発足検討、6月設置
- ◆ 12月 東北地域内相互接続ネットワーク(TRIX-IXP)構築

-Phase II (1997.4 - 1998.3)

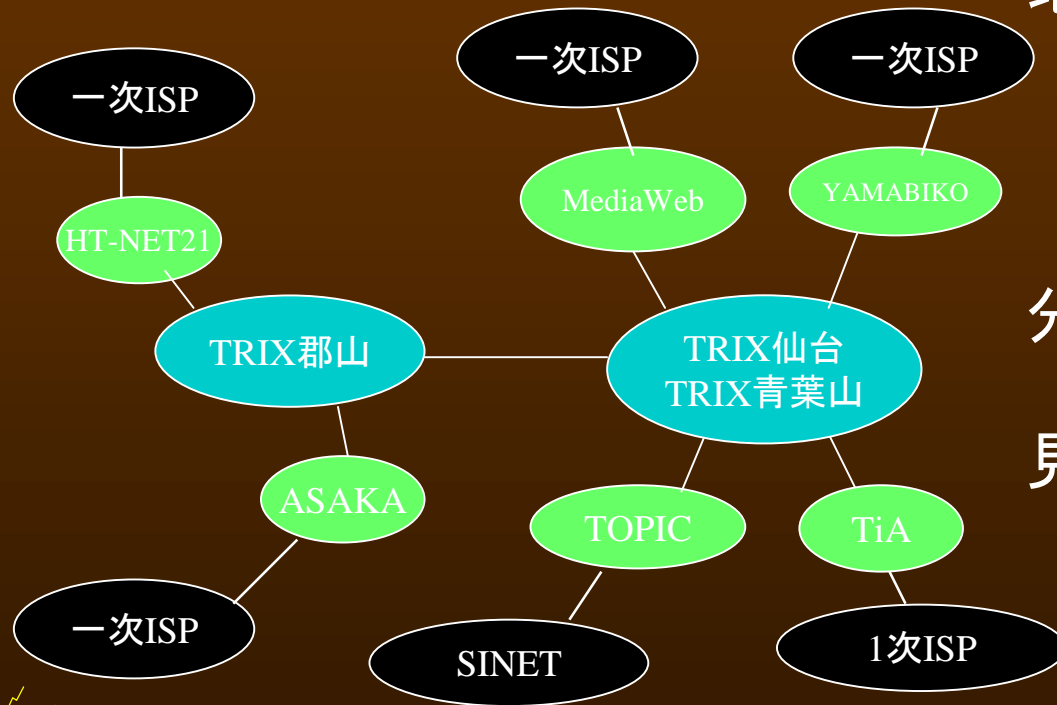
- ◆ 1月 キャッシュサーバ相互接続実験開始
- ◆ 郵政省IX研究会、地域IX関係者会議(山梨)

-Phase III (1998.4 - 1999.3)

- ◆ 5月 TRIX郡山開設
- ◆ 6月 オーディオ・ビデオストリーム配送実験開始
- ◆ 同 分散サーバ実験(七夕ホームページ)
- ◆ インターネット広域分散協調サーチロボット研究開発実験(DWR)協力
- ◆ 地域IX関係者会議(岡山)



TRIX-IXPの構成と特徴



2000.3現在

地域に閉じた通信網

各ISPのローカルな経路のみを交換
default routeはそれぞれの上位ISPへ

分散IX

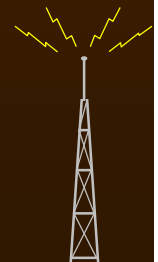
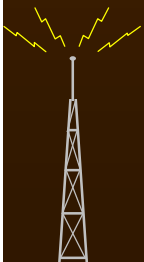
TRIX仙台、TRIX郡山

見えないIX

既存のネットワークへの影響が無い
万が一TRIXが停止しても、通信は継続

地域内情報の流通の促進

- ❖ 地域活性化への効果を期待
- ❖ 流通させる地域情報の整備が困難
 - 地域情報＝地域内で使う情報（≠地域PR）
 - 既存の情報の流用 + ライブ動画像 → 広帯域
 - ◆ 動画像カメラサーバの利用
- ❖ 流通させるネットワークが未整備
 - 幹線：地域IX, 地域ISP, CATVインターネット
 - 末端：PCなど情報機器の普及, 家庭内LAN
 - 中距離用の広帯域回線としての無線アクセス



小電力データ通信システムと地域通信網との 接続による動画伝送に関する調査研究会

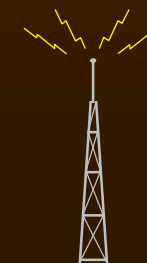
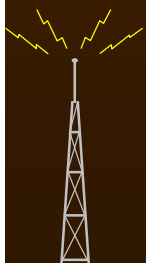
❖ 東北電気通信監理局のプロジェクト + α

❖ 背景

- 地域情報流通の促進の実験 (TRIX)
- 2.4GHz帯「小電力データ通信システム」
 - ◆ 無線局免許不要
 - ◆ コストパフォーマンス (両端一式で100万以下)
 - ◆ 11Mbit/s標準化 (IEEE802.11b)

❖ 目的

- 電波を利用した地域の情報化の促進。
- さらなる利活用方策についての検討。

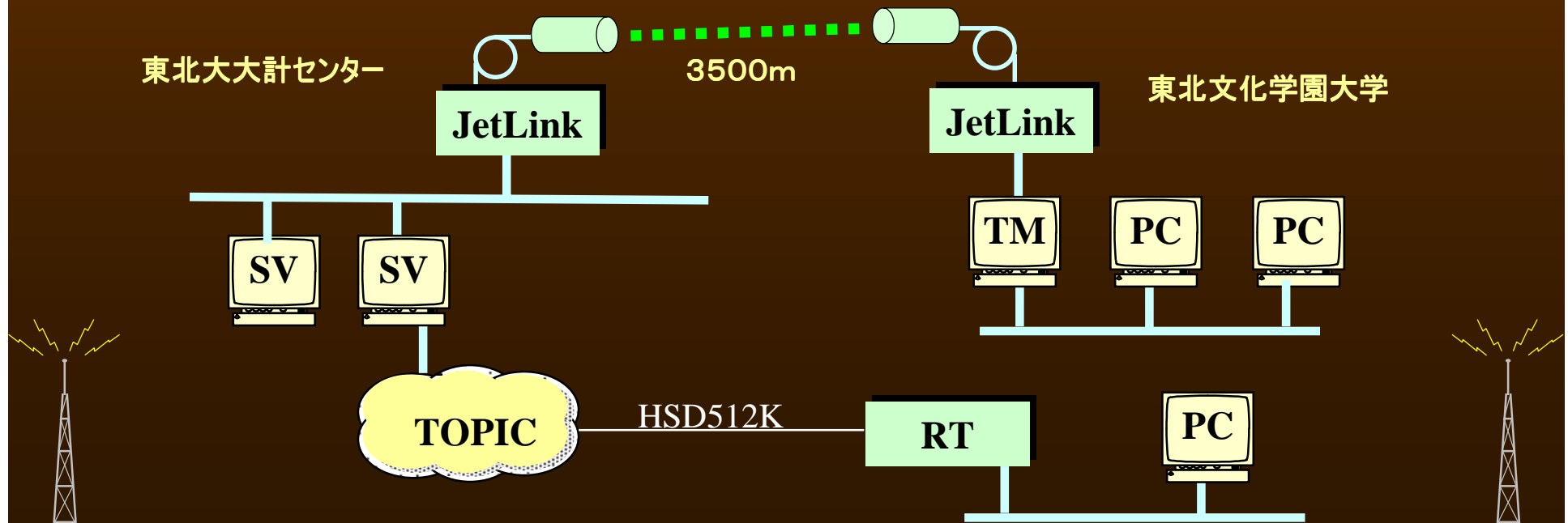


利用モデル



予備実験 (Phase 0)

- ◆ 東北大(大計4F)～東北文化学園大(3.5km)
 - ◆ 1999年9月28日(快晴)
- ◆ JETLINK (ALJ-2411LNK/Y)
 - ◆ 関西電機(米aironet社製)
 - ◆ 1, 2, 5.5, 11Mbps自動可変
 - ◆ 直接拡散方式



設置状況



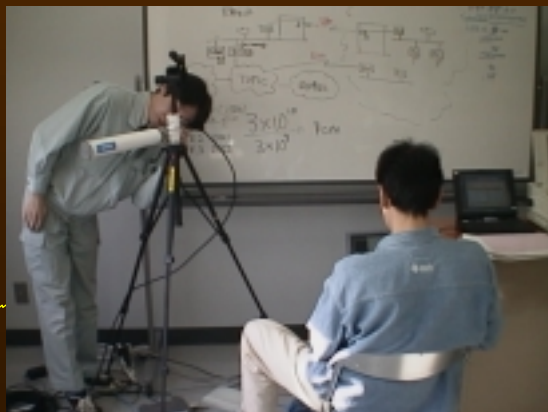
JETLINK



アンテナ(八木)



大計センターから国見方面



アンテナ調整風景



窓際の様子



測定機材

評価 (Phase0)

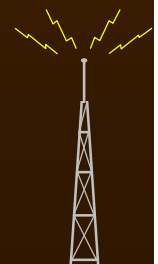
◆ 通信の到達可能性と速度

- 通信可能で, 実効通信速度は3.6~3.8Mbps程度
 - ◆ 無線リンクは5.5Mbps程度
- 遮蔽物(ガラス窓)による受信レベルの減衰
 - ◆ ブラインド(アルミ)による影響は, ほぼ無し

Strength	In	*****	
	Out	*****	窓開放
Strength	In	*****	
	Out	*****	窓閉鎖
Strength	In	*****	
	Out	*****	ブラインドも閉鎖

◆ 通信品質

- ビットエラーがあれば自動的に再送(ロス無し)
- アプリケーション動作確認



第1次実験 (Phase 1)

❖ カメラサーバによる動画伝送評価実験

◆ 1999年12月12日～12月31日

ー実験網の構築

◆ 無線機器, 動画カメラなどの設置

ー実負荷の試験

ー地域通信網との接続

◆ 東北地域内インターネット相互接続実験 TRIX

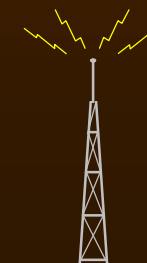
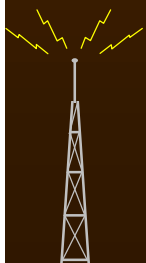
ー外部へアプリケーションゲートウェイで中継する実験

ーデータ採取及び評価

◆ 無線通信レート, スループット, BER, RTTなど

◆ 気象データ (降雪などの影響分析)

◆ 画像品質, カメラの操作性



実験機器

❖ 実験網の構築

– 無線機器

- ◆ JETLINK

– 動画像カメラサーバ

- ◆ アクシス AXIS2400 (Motion-JPEG/HTTP)
- ◆ 関西電機 LiveWatcher (独自プロトコル)
- ◆ キヤノン **Canon** VB100 (両方式)

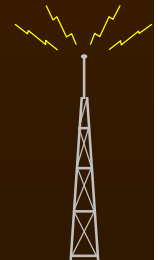
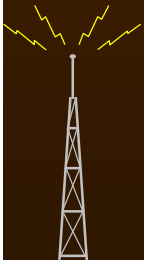
– カメラ: キヤノン **Canon** VC-C3 (全サーバに共通)

– 地域通信網との接続

- ◆ TRIX青葉山(東北大内に新設)

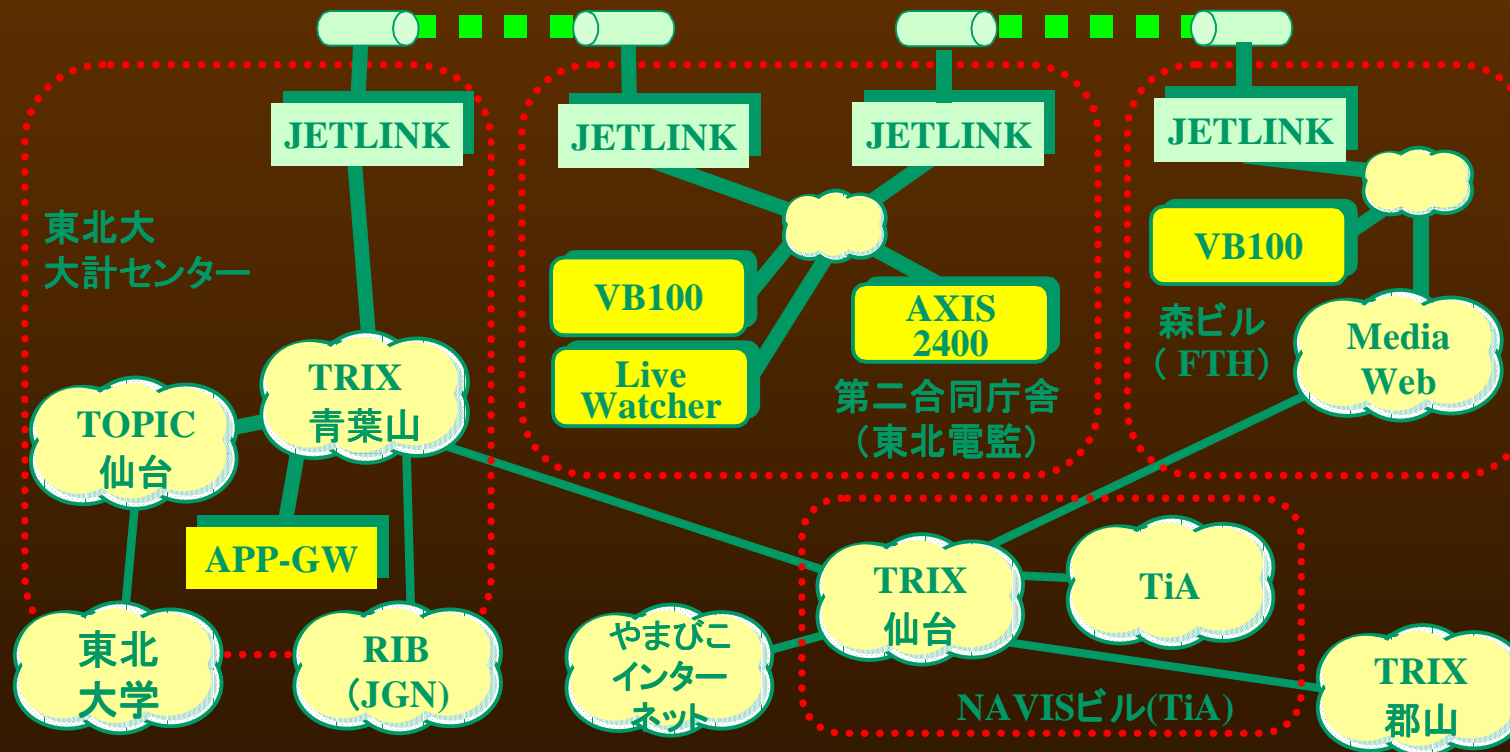
❖ コンテンツ

- ◆ 仙台光のページエントの中継
- ◆ 交差点の交通状況・天候状況
 - 定禅寺通り, 錦町, 仙台駅東口



Phase 1 ネットワーク構成

- ◆ 仙台第二合庁(東北電監・15階)～東北大(TRIX青葉山)(3.5km)
- ◆ 仙台第二合庁(〃)～仙台森ビル(FTH)(1km)



無線伝送区間の設置環境



設置状況



大計 to 第2合庁



第2合庁 to 大計



第2合庁 西



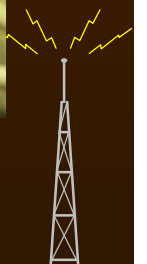
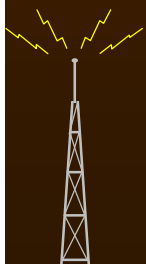
第2合庁 東



第2合庁 to 森ビル



大計 ウェザーモニタ



「光のページェント」の中継



—中継期間

◆ 12/12～12/31

—アクセス数

◆ 82回 (VB100)

—転送データ量

◆ 293,166 frame

◆ 3.6GB

—動画像配信への 利用の有効性を確 認

交通状況・天候状況



錦町交差点

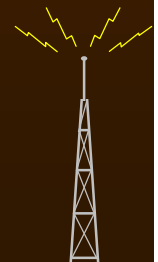
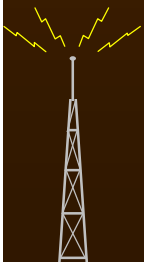


仙台駅東口

注：「道路交通情報提供事業者」(道交法)
日本道路交通情報センターだけが許される

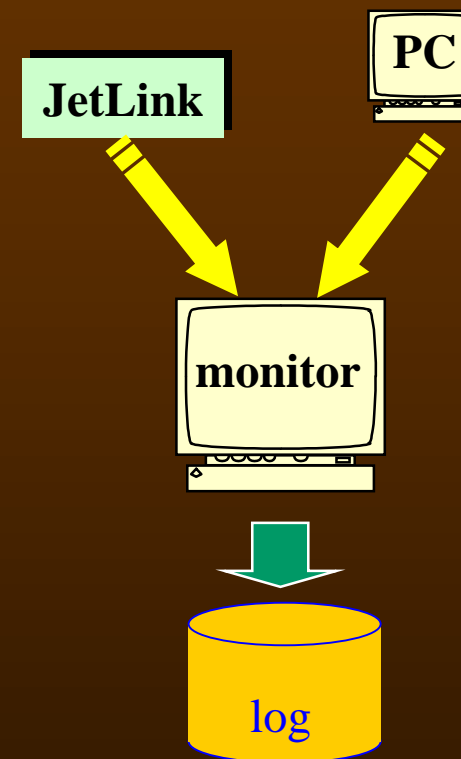


定禅寺通



トラヒック計測

- ❖ RTT (Round Trip Time)
 - by ping
- ❖ RF rate, RF error rate
 - by snmp
- ❖ Throughput
 - by snmp
 - by Netperf



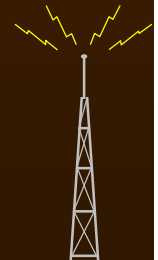
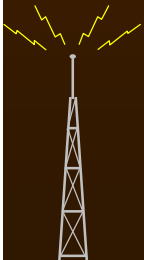
RTT by ping

❖ 4種類のパケット長によるデータ採取

–payload: 100,1400,1900,3000

```
ping -s 100 -c 3 192.47.183.55  
PING 192.47.183.55 (192.47.183.55): 100 data bytes  
108 bytes from 192.47.183.55: icmp_seq=0 ttl=255 time=65.594 ms  
108 bytes from 192.47.183.55: icmp_seq=1 ttl=255 time=6.983 ms  
108 bytes from 192.47.183.55: icmp_seq=2 ttl=255 time=15.708 ms
```

```
--- 192.47.183.55 ping statistics ---  
3 packets transmitted, 3 packets received, 0% packet loss  
round-trip min/avg/max/stddev = 6.983/29.428/65.594/25.820 ms
```



RF rate / RF error rate / Throughput

❖ 無線レート

-1 / 2 / 5.5 / 11Mbit/s

❖ 無線エラー率

-CRCエラーパケット数

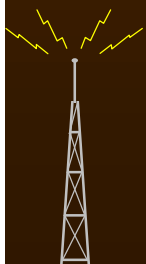
-リトライ回数

-ディレイ回数

❖ 無線リンク間のトラフィック

-受信・送信バイト数 (= 実トラフィック)

-Netperfによる帯域計測

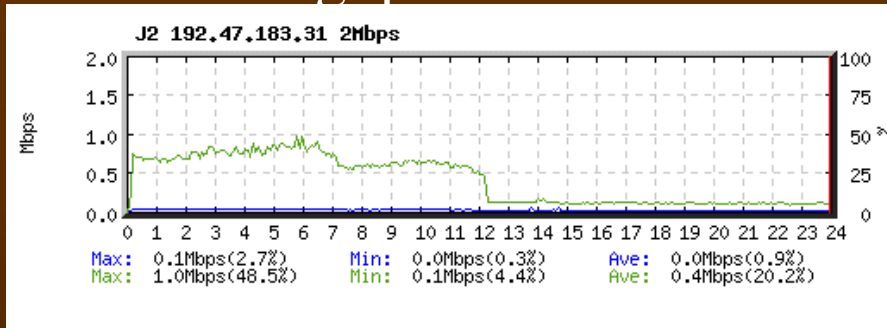


トラフィック計測例

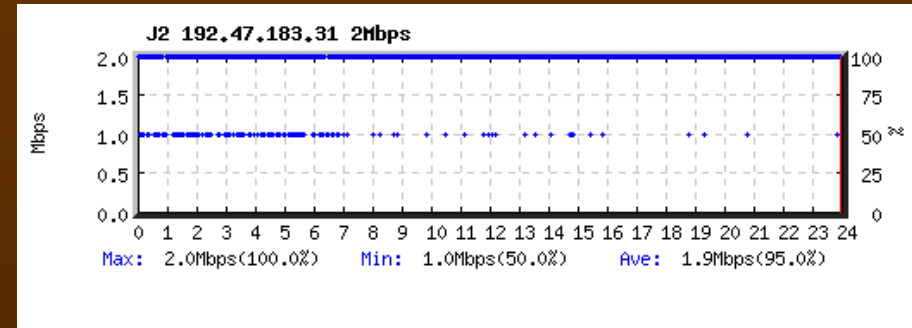
2000.1.19

大計～電監

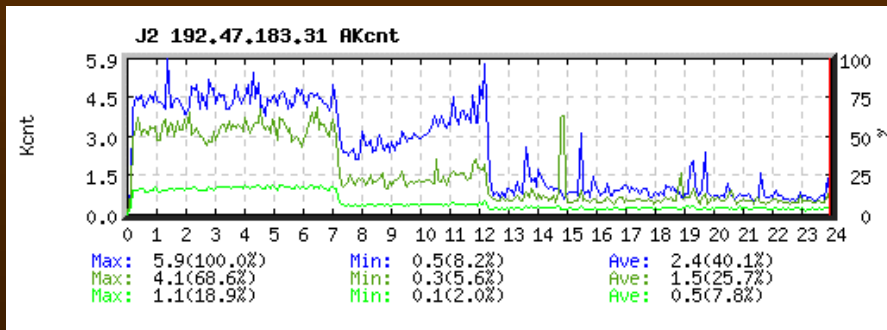
RF throughput



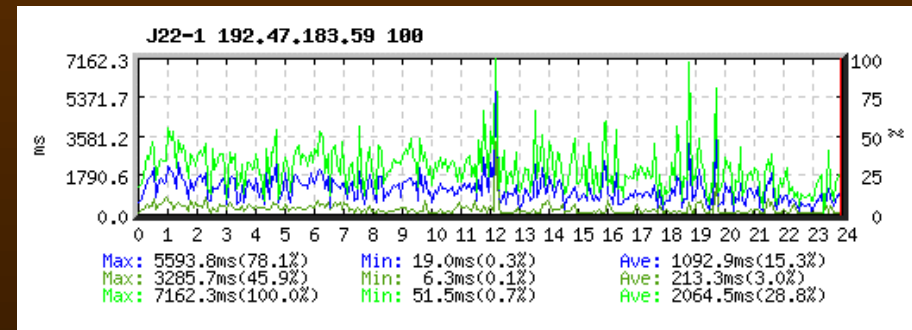
RF rate



RF error rate



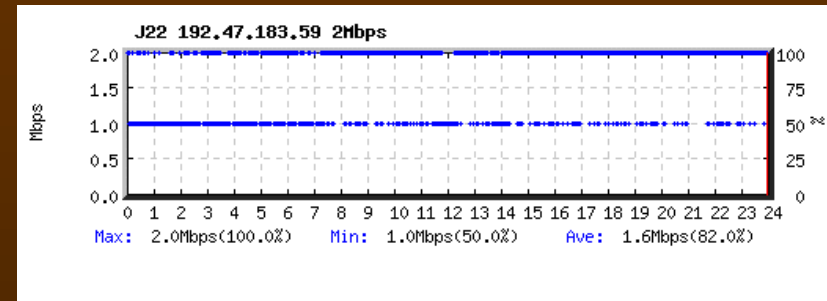
RTT



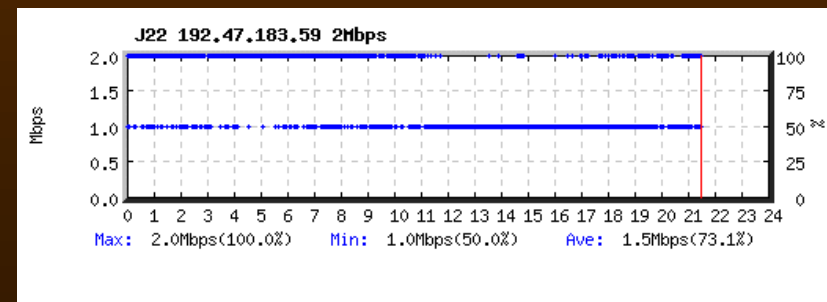
- ◆ 12時付近にCRCエラーの多発
 - RTTの悪化
 - 伝送データが減少(カメラ表示のアプリケーションが停止)

Throughput by Netperf

- ◆ 1/19 14:50頃(晴れ)
 - ・大計～電監間: 1.03Mbps
 - ・電監～FTH間: 0.57Mbps



- ◆ 2/25 14:00頃(曇り時々小雪)
 - ・大計～電監間: 0.63Mbps
 - ・電監～FTH間: 0.49Mbps



- ◆ 降雪の影響がある？

気象データ記録

◆ (途中から計測開始)

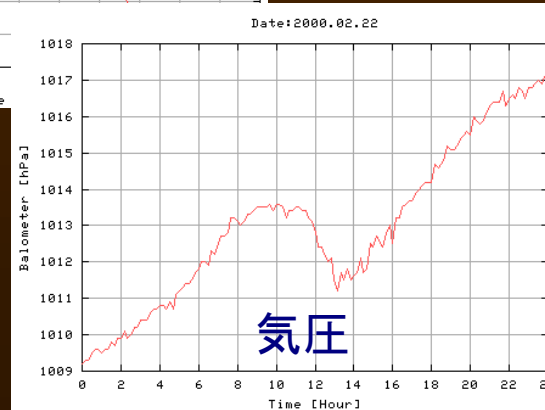
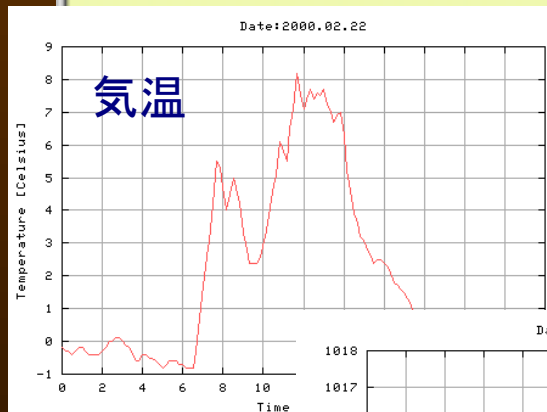
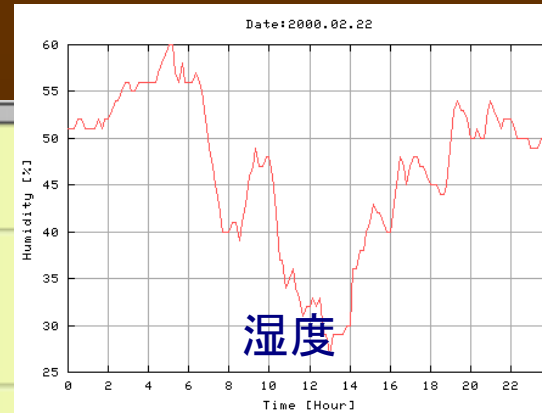
気象データのグラフ表示

観測地: 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学大型計算機センター屋上

2000年2月7日以降のデータを提供しています

年月日: (2000.02.07のように入力して下さい)

データ: 気温 湿度 気圧 積算降水量 風速 風向



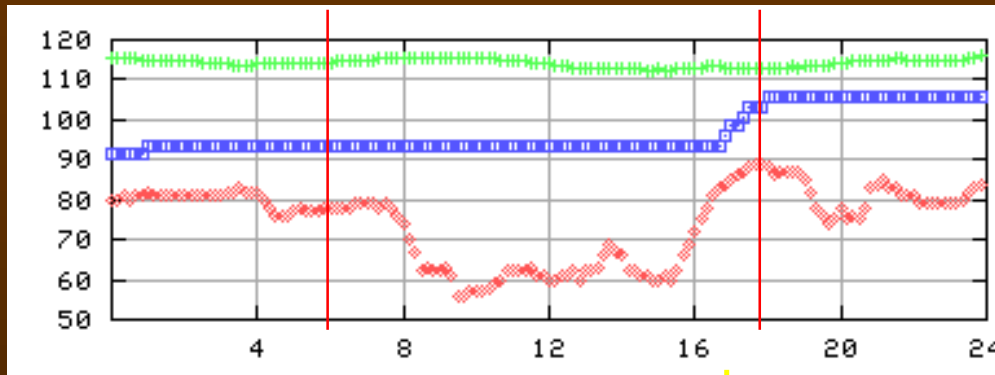
KOTOUDAI-KOUEN. (from Tohoku Bureau of T)

2000/02/25 (Fri) [Past]

00:00	00:30	01:00	01:30	02:00	02:30
04:00	04:30	05:00	05:30	06:00	06:30
08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30
12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30

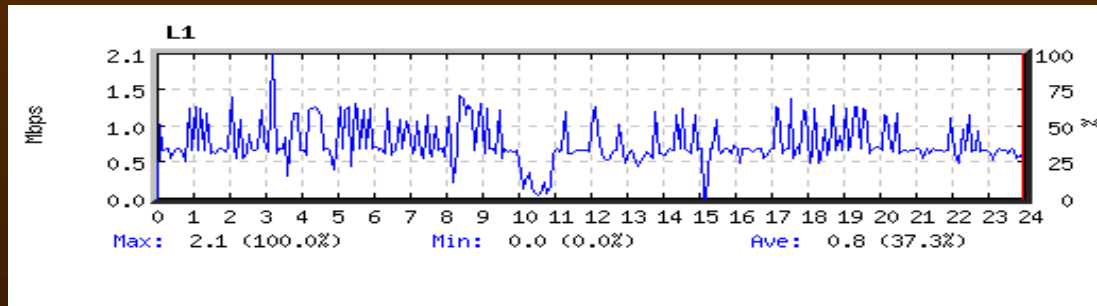
気象状況とスループットの計測例

2000/2/27



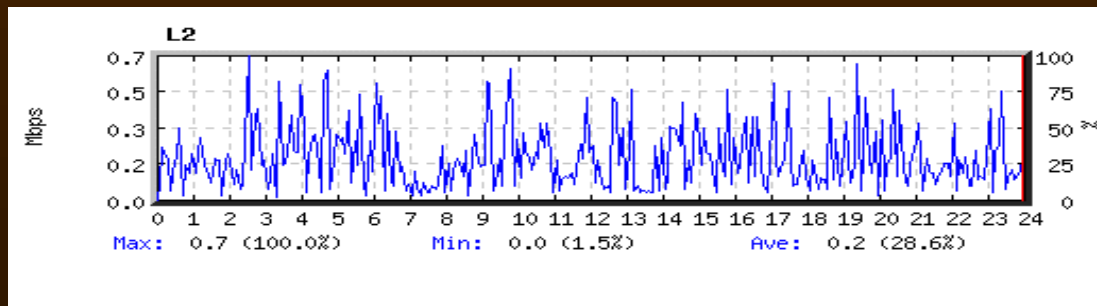
- ← 気圧
- ← 積算降水量
- ← 湿度

大計側気象モニタ



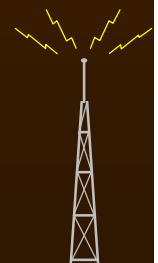
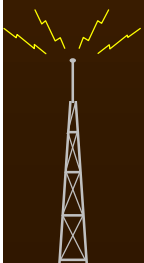
- ← スループット

大計、東北文化学園大間



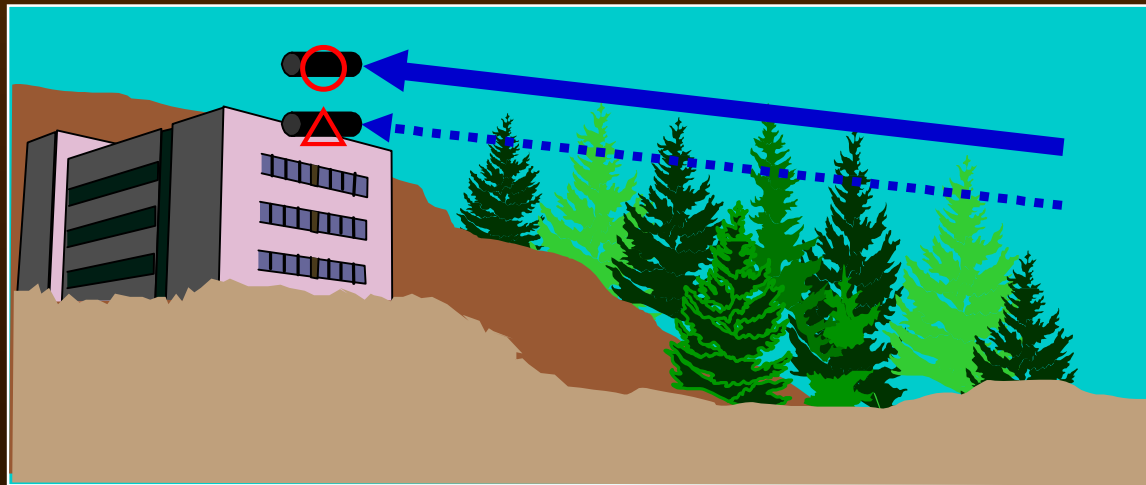
- ← スループット

大計、第2合同庁舎間



アンテナ間の遮蔽物

- ❖ アンテナが見とおせること
 - 大計側を50cm→170cmマストへ変更
 - ◆ 強い直進性
 - 遮蔽物による妨害
 - ◆ 立ち木, 家並み, 地下鉄の通過, 電柱
- ❖ 降雪による減衰の影響は少ない
 - アンテナへの着雪・着水によるロス？



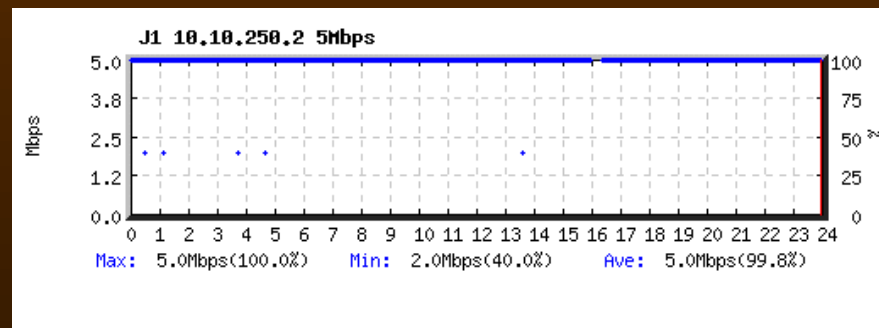
特定の蛍光灯による妨害

- 非常口表示灯の近傍で通信不能
- 受信レベル表示が低下 (AGCの影響?)



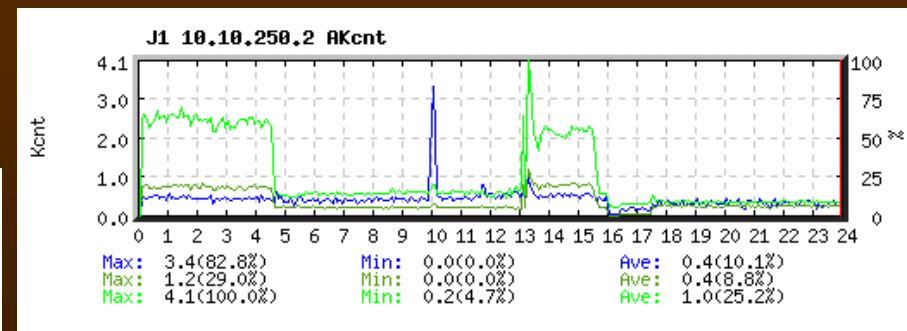
自動フォールバックの副作用とか

- ◆「エラー発生 → レート落とす → エラー解消 → レート上げる」の繰り返し
- ◆ レート切り替えが頻繁に発生し、RTTが悪化
- ◆ エラーも多発して、自動回復のために、RTTが悪化
- ◆ TCP通信では回復は？

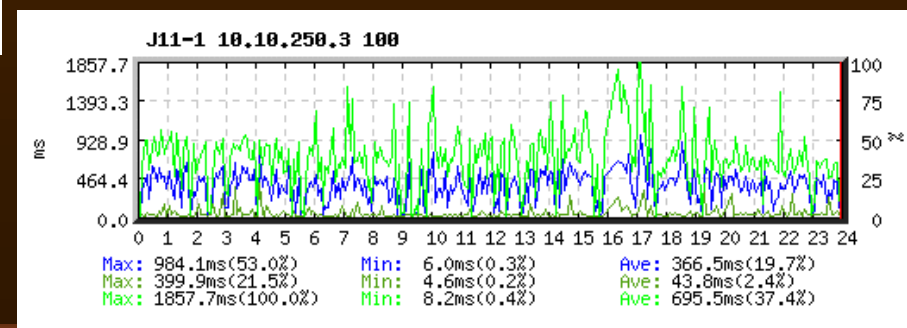


RFリンクレート

RTT(ping100)

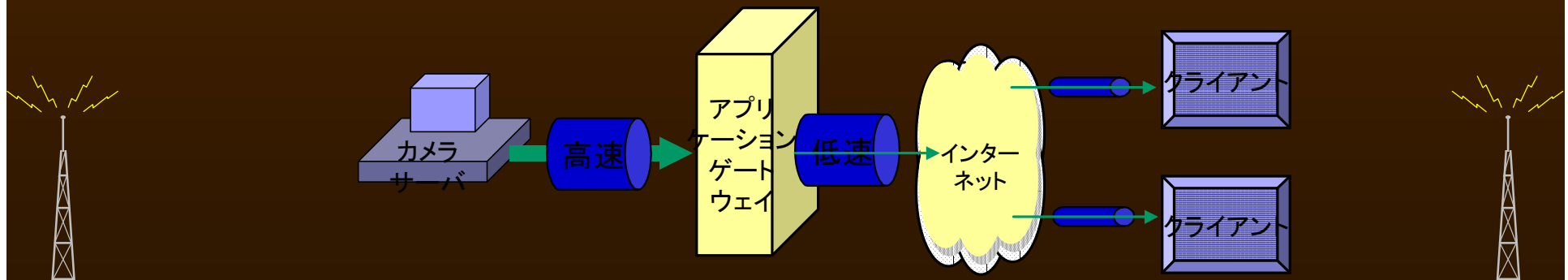


RFリンクエラーカウンタ



アプリケーションゲートウェイの影響

- ◆ TRIX内では良好に動画像を配信
- ❖ アプリケーションゲートウェイ(中継サーバ)
 - private網内のサーバと外部を中継(delegate)
 - ◆ 80/TCP以外を使う方式は中継が困難
 - ◆ URLの書き換えが困難なこともある
 - スローモーション及び間欠表示, 応答遅延
 - ◆ delegateでバッファリングが起きる問題
 - ◆ 上流(カメラ側)より下流(クライアント側)が低速
 - クライアント側のproxy/FWでも起こる可能性



第2次実験 (Phase2)

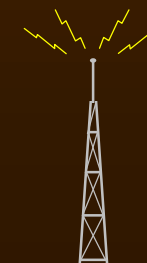
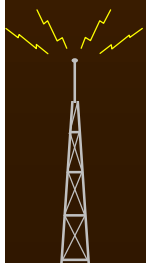
❖ 実験項目

ーケーブルテレビIPネットワークとの接続

- ◆ 無線機器, 動画カメラサーバなどの追加設置
 - ーVoice over IP サーバも (連絡用)
- ◆ IP網からケーブルテレビ放送への動画像の配信
 - ーRealVideo, MPEG2で伝送し, NTSCで番組配信
- ◆ アクセスラインとしての無線利用
 - ー固定局対移動局

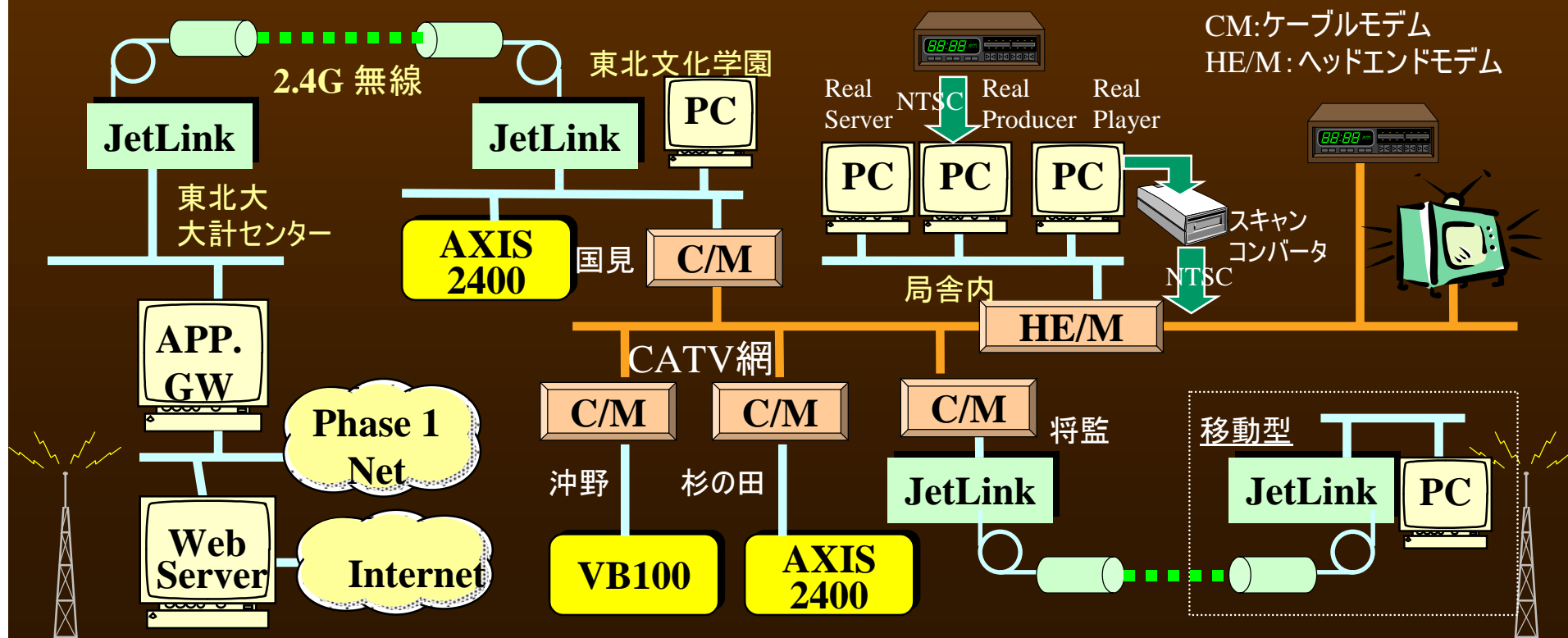
ーデータ採取及び評価

- ◆ 無線通信レート, スループット, BER, RTTなど
- ◆ 画像品質
- ◆ 可般性, 到達範囲, 必要機材, 利便性など



Phase 2 ネットワーク構成

- ◆ CATVのIPネットワークと相互接続
- ◆ 東北文化学園大でCATVと無線網を接続
- ◆ Private網をアプリケーションレベルで相互接続



設置状況



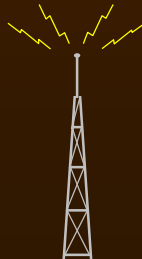
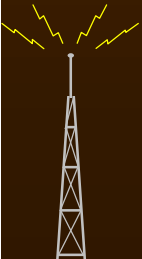
東北大学大型計算機センター側



東北文化学園大学側



杉の田交差点のカメラサーバ等



カメラサーバによる動画伝送

- ◆ 幹線道路沿いに動画カメラサーバの追加設置
 - CATVのIPネットワークを用いて接続
 - 滑らかな動きで、交通状況のモニタリングに十分な品質



沖野カメラの映像



杉の田交差点カメラの映像

無線アクセスポイントの設置

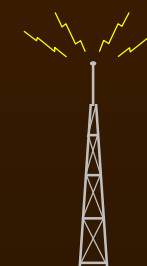
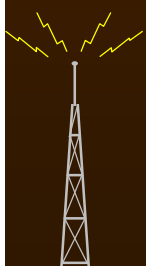
❖ 固定局対移動局の小電力データ通信実験

- ◆ 高台に無線システムを設置し，無線APとして使用

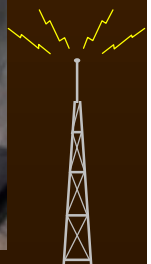
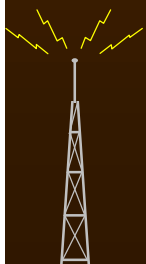
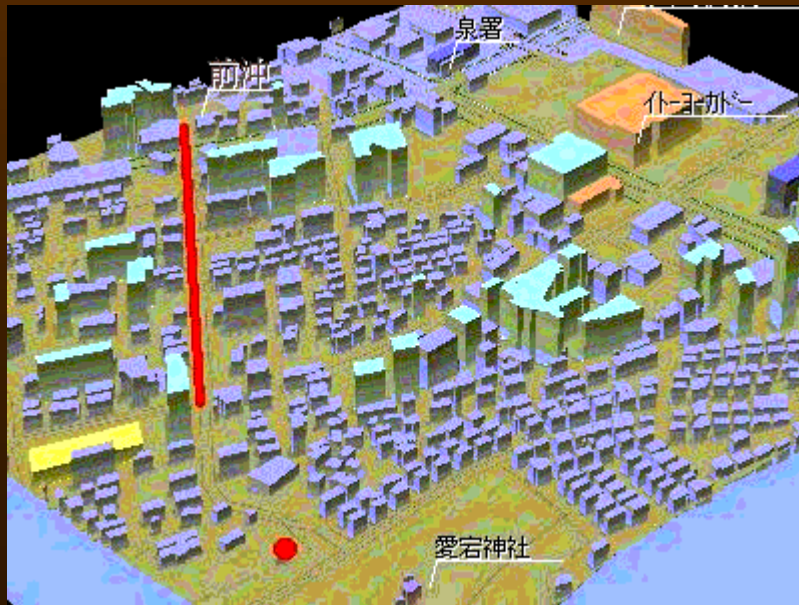
- CATVのIPネットワークへの接続の確認

- ◆ 周囲の鉄塔，柵，丘，建物の影響が顕著

- ◆ アンテナ同士が直接に見とおせることが必要

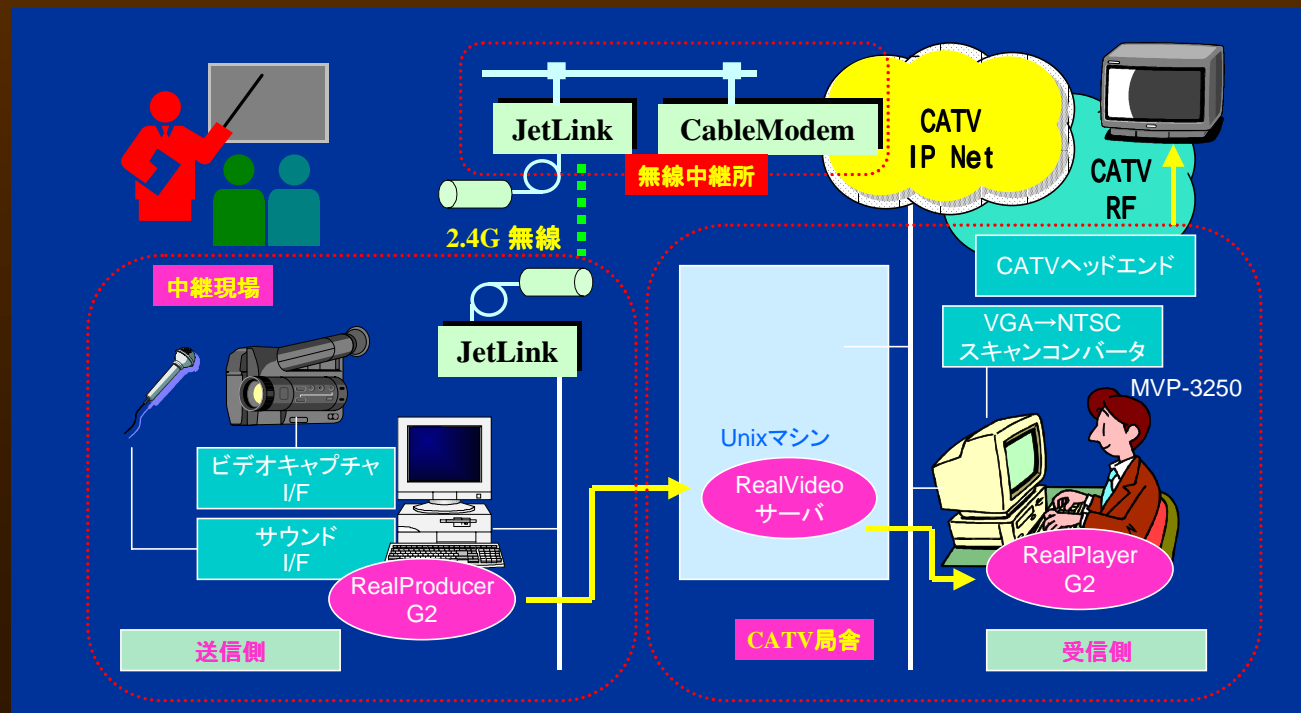


移動局設備



移動ライブ中継

- ◆ 移動体からの広帯域ネットワークアクセス
- 動画音声伝送の臨時回線 (イベント, 災害)
- ◆ ライブ動画・音声伝送用にRealVideo
 - ◆ RealProducer G2, RealVideo G2 Basic Server



CATV放送への動画像の配信

-RealVideoを局舎内でNTSCに変換

- ◆220kb/s (Audio 32k, Video 15f/s)

- ◆スキャンコンバータ(◎朋栄MVP-3250)

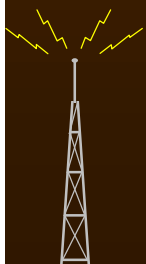
-CATVの試験チャンネルに番組送出

-簡便なシステムながら放送素材になり得る

- ◆移動ライブ中継の
機動性

-伝送品質は安定

- ◆動きが少なく, 遅延
が許されれば最適

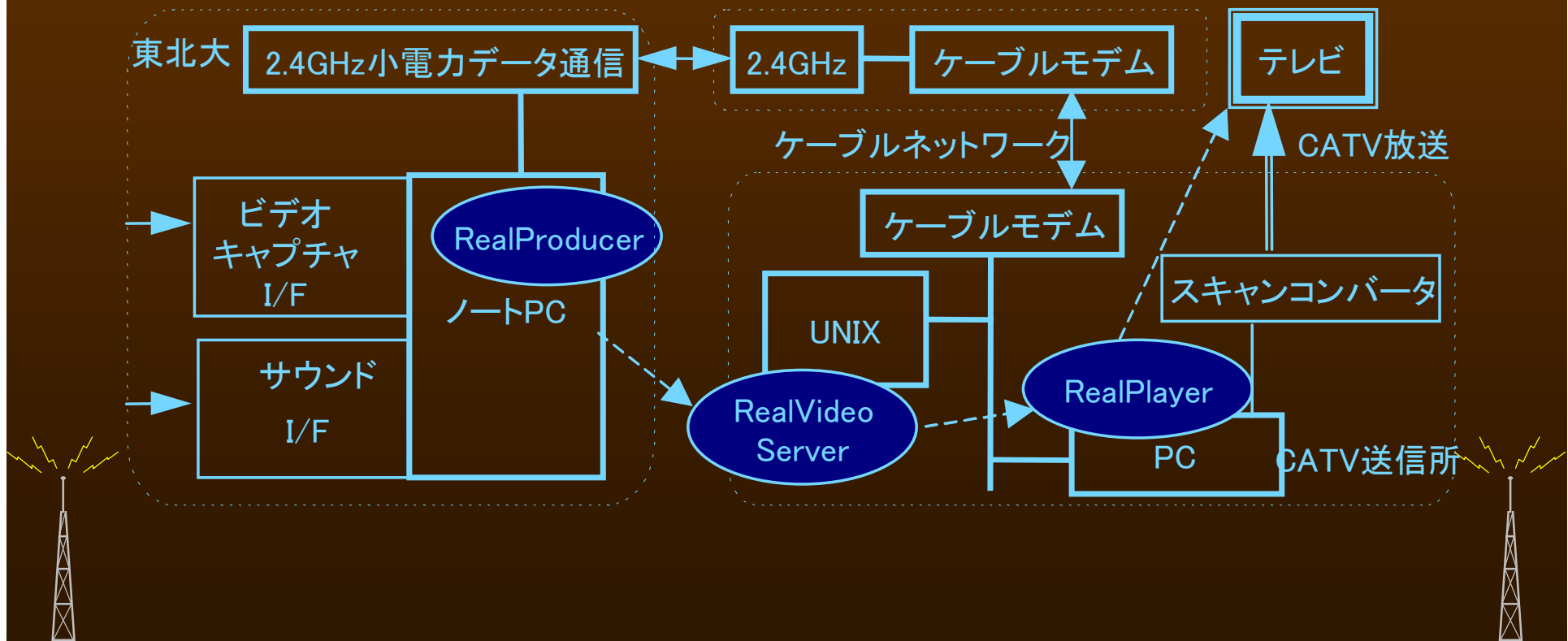


講演会中継

-3/25 堺屋太一講演会中継実験

◆JGNを使い, DV/ATMで全国同時中継 (RIBBなど)

-TRIXでは, 無線とCATVで, CATV放送へ配信



関連URL

- ❖ TRIX

<http://www.tia.ad.jp/trix/>

- ❖ 電波利用動画伝送実験

<http://web.tia.ad.jp/phase2/>

- ❖ フェーズ1 実験成果概要

<http://web.tia.ad.jp/phase2/phase1.html>

- ❖ 東北電監調査研究会報告書概要

[http://v-sendai.comminet.or.jp/~denkan/hodo/
PressText/h1204-06/120508chi.html](http://v-sendai.comminet.or.jp/~denkan/hodo/PressText/h1204-06/120508chi.html)

