

複数の大学を結ぶ新遠隔講義システムの設計と構築

櫻田武嗣^{†1} 三島和宏^{†1} 萩原洋一^{†1}

概要: 我々は 2009 年から全国の国立大学法人を結ぶ遠隔講義システムを構築し、運用を行ってきた。このシステムは自動化を行い利用者が手間をかけずに遠隔講義を開催できる仕組みにしたことで利用が増えた。しかし機器の老朽化による故障が増えてきた。これまでのシステムの問題に対処することを含め新しい遠隔講義システムを設計し、構築を行った。新しい遠隔講義システムはこれまでのシステム自動化だけでなく、モバイル環境と拠点（ルーム）の融合を目指したシステムとした。これらについて述べる。

キーワード: 遠隔講義システム, システム自動化, モバイル環境

Design and Construction of renewal remote lecture system connected many universities

TAKESHI SAKURADA^{†1} KAZUHIRO MISHIMA^{†1}
YOICHI HAGIWARA^{†1}

Abstract: We are building a remote lecture system connecting the national university corporations nationwide from 2009, it has been operational. The old system was to reduce the operation of the user by automation. Since the user of the burden has been reduced, use of the system has increased. However, previous systems have an increasing number of failures due to aging of equipment. Including the problem to solve the previous system, we have the design and construction of a new remote lecture system. The new distance learning system, not only the automation of the system, and the seamless use of the mobile environment and the room with the goal.

Keywords: Remote Lecture System, Automatic System Control, Mobile Environment

1. はじめに

日本の大学や研究機関では 1996 年度から開始された SCS (Space Collaboration System) [1]を利用して遠隔講義や遠隔での会議を行ってきた。この SCS は衛星通信を利用しており、SD (Standard Definition : アナログテレビ) 程度の品質で多くの拠点へ放送型の遠隔講義を実施していた。導入拠点数は全国で一時 90 拠点を越えるまでになった。SCS は双方向も可能であったが、双方向で通信できる拠点は 4 拠点程度であった。また衛星回線を確保するため、事前に申し込みが必要であった。少なくとも 1 週間前には予約をしておかなくてはならず (SCS の後期は最短 3 日程度となった)、急遽遠隔講義や会議をしたくでも利用できなかった。またシステムを利用した時間分だけ課金されるため、気軽に利用することが難しい状態であった。この SCS も機器の老朽化が進み、故障が多くなっていたが、すでに部品の手配等の問題で修理が困難であった。そこで我々は SCS に代わる遠隔講義システムを導入することを目指し、設計、構築を行い 2009 年から運用を行っている[2][3]。この遠隔講義システム (以下 2009 年システムと呼ぶ) は、各教室に置かれた機器を自動的に予約時間に合わせて制御し、遠隔講義が開催できる。2009 年システムは全国 18 校の国立大学

法人 (帯広畜産大学, 弘前大学, 岩手大学, 山形大学, 宇都宮大学, 茨城大学, 東京農工大学, 静岡大学, 岐阜大学, 鳥取大学, 島根大学, 愛媛大学, 香川大学, 高知大学, 山口大学, 佐賀大学, 鹿児島大学, 琉球大学) に導入した。2009 年システムはこれまで運用を続けてきたが、機器の老朽化による故障が発生し始め、メーカーの保守加入可能期間が終了することからシステム更新の必要がでてきた。本稿では、我々が構築してこれまで利用してきた遠隔講義システムとその運用について触れ、加えて新しい遠隔講義システムのデザインとその構築について述べる。

2. 2009 年システムの構築と運用

2.1 設計と構築

遠隔講義をするためにテレビ会議システムを購入し設置するだけの場合がある。各拠点に機器の操作に慣れている人が常にいれば良いが、テレビ会議システムの多くは設定項目が多岐にわたり、付属してくるリモコンにも多数のボタンついたものが多く、使いこなすのは難しい。またその機器を直前に使った人が設定を変更していると接続できなかったり、意図しない動作をしたりすることがあり、原因を探し出し元の設定に戻すのは機器操作に慣れていても難しい。機器操作が難しいという理由で、接続する拠

^{†1} 東京農工大学総合情報メディアセンター
Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

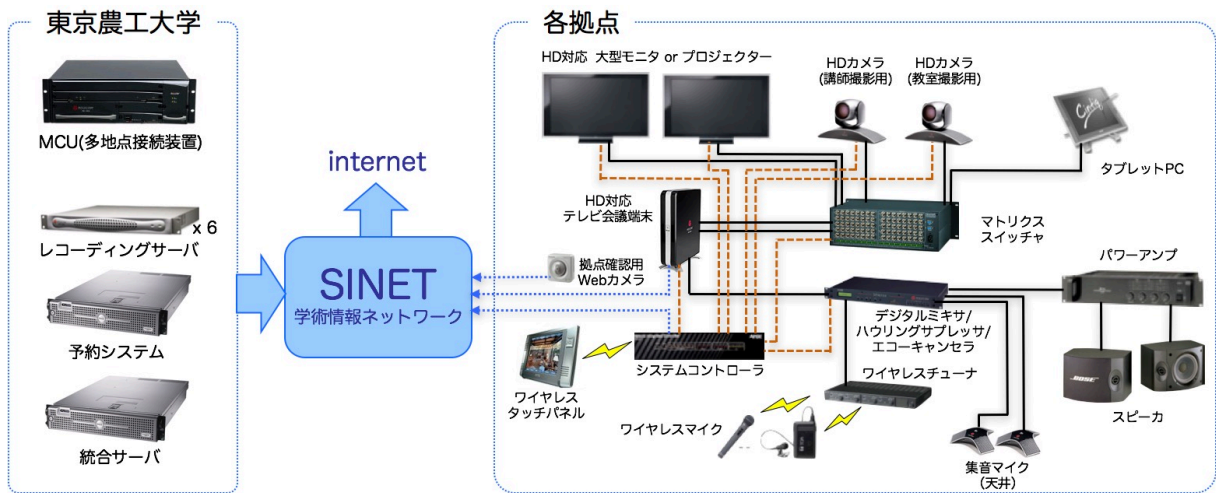


図 2 システム構成 (2009 年)

Figure 1 Overview of a system(in 2009).

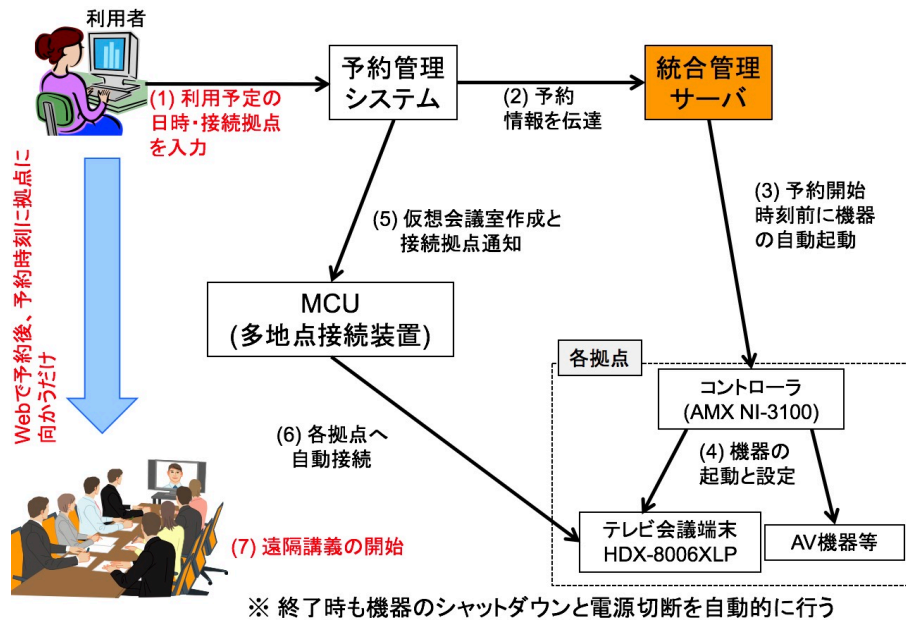


図 1 システムの制御の流れ (2009 年)

Figure 2 System control flow (in 2009).

点が固定化され、利用が増えないという例がある。

また多数の拠点を接続するには MCU (Multipoint Control Unit) が必要であり、柔軟に接続拠点を変えたり、複数の講義や会議を並行で開催したりする場合には MCU 内に仮想会議室の作成を行わなくてはならない。

遠隔講義を開催するには、テレビ会議システムや MCU だけでなく、各拠点にはプロジェクタやマイクなどといった映像、音響機器があるのでそれらの操作も行わなくてはならない。

そこで我々は利用を簡単にするため、MCU だけでなく拠点の機器も自動制御するシステムを構築した。システムの構成を図 1 に示す。各拠点内にシステムコントローラを設置し、拠点内の機器をコントロールする。統合サーバは予約管理システムから予約情報を受け取り、各拠点内のコ

ントローラへ指令を出す。利用と制御の流れを図 2 に示す。利用者は Web ブラウザから接続したい拠点と時間を指定しておくだけの作業となる。後は予約時刻に拠点に行くだけでよく、遠隔講義が開始できるように機器の設定と接続がされた状態となっている。予約時刻終了時も機器が自動終了するため、利用者は特に機器制御をしなくてもよい。

大規模な教室が多いため、各拠点内でもマイクとアンプによる自己拡声を行う。このため、テレビ会議システム内蔵の音響システムでは拡声用のマイクの音が回り込む等の問題が発生する。これに対処するため、別途エコーや這うリング対策の機器を入れ、制御している。

各拠点にはプロジェクタや大型モニターが設置されているが、これを遠隔講義や遠隔会議を行っていない場合にローカルで利用したいという要望が多かったため、各拠点のタ

タッチパネルを操作することで利用できるようにした。

2.2 運用と課題

2009年システムは2008年末から構築を行い、2009年2月から運用を開始した。運用開始後の問題として、特に東日本大震災の後からは節電の影響もあり、長期休みには建物のブレーカーごと落とす運用の大学があり、長期休み明けにブレーカーを戻すのを忘れて自動起動しないなどの自動で起動しない拠点がいくつかあった。これらに対応するため、システムをタッチパネルから手動で立ち上げた後に予約問い合わせを行い、本来参加すべき遠隔講義に自動接続する仕組みを加えた。これはシステムがハングアップして再起動を行わなくてはならなかった際の再接続をする際にも利用できる。これらのようなプログラムの小規模な改修で対処できる問題については対処を行っていった。

システムを自動化したことにより、利用が年々増え、平均すると1日あたり2コマの遠隔講義（または遠隔会議）が開催されている。多くは3~4拠点を結んだ遠隔講義である。各連合農学研究科内を接続した利用が多い。また本システムを設置した全国18の国立大学法人を結んだ数日間の集中講義をこの2009年システムを利用して遠隔で結んで春期、秋期に毎年開催している。この2009年システムに接続する形で拠点の増強が行われ、稼働拠点が40拠点を越えるようになった。

これまで順調に運用をしてきたが課題がでてきた。導入を決めた時には各社のテスト機を借りてシステム設計等を行っていた状態であり、まだHD（High Definition）対応は一般的ではなかった。将来的な利用を考え他社互換性のあるHD対応のテレビ会議システムを核とした。そのため一般的なSD、HD品質のテレビ会議システムと接続が可能である。講師や学生を撮影するカメラ映像はHD品質30fpsで送出可能であるが、コンテンツ（PC上のスライド）映像はXGAで5fps程度でしか送出できなかった。このためPC上でカーソル等と動かして説明したり、動画を流したりする際にコマ落ちしてしまった。この対処として各拠点のタッチパネルを操作し、カメラ映像としてPC映像をテレビ会議システムに入力する仕掛けを作り込んだが、操作を忘れてしまうことが多く、最初から動画を流すと決めている時以外は利用されることが少なかった。このため映像の切り替え無しでコンテンツ映像をスムーズに伝送することが必要とされていた。またコンテンツ映像はXGAまでの解像度しか対応していなかった。このため最近のPCでより高解像度に対応できるものでも解像度を落として接続する必要があり、特に写真や表を解説したい利用者から高解像度への対応の要望があり課題であった。さらにテレビ会議端末のコンテンツ映像の入力はアナログRGBまたは、コンポーネント入力だけであり、現在主流となりつつあるHDMI入力に対応できない問題があった。

また出張先等からの講義や長期の学外実習中に講義を受

けるためにモバイル環境から接続できないかといった要望が上がっていた。

設計、構築当初、長期利用を目指し、5年程度の利用を想定していた。実際には7年運用することとなり、テレビ会議端末だけでなくMCUも機器メーカーの保守を継続加入できない状況となることが分かった。5年を経過した頃から機器の老朽化に伴う故障も増えてきていたこともあり、新しいシステムへの更新が求められていた。

3. 新システムの設計と構築

3.1 新システムの設計方針

前述のように2009年システムの課題がでてきたこともあり、我々はシステムの更新を行うこととした。しかしながら2009年システムとその後増設した拠点をすべて一度に更新することは予算的に厳しい。そこで2009年の最初に導入した23拠点を入れ替えることとした。2009年システムと同様で5年後でも十分利用可能な陳腐化しにくいシステムの導入を目標とした。

現行システムの問題点を考慮し、新システムの要件を次に示す。

(1) システムの自動化

現行システムと同様にWebブラウザを利用して予約サーバ上で予約を入れるだけで、各拠点の映像、音響機器を含めたシステムの起動、遠隔講義への参加を自動的に行う仕組みを新システムでも取り入れる。遠隔講義ではないローカルでのプロジェクトやマイク、アンプ等の利用は各拠点内のタッチパネルから簡易な操作で引き続き利用可能とする。タッチパネルはこれまで無線LANを使用したワイヤレス式であったが、バッテリーの劣化が激しかったため、有線式とした。これまでの利用で各拠点内のどの場所でタッチパネルを利用することが多いかが分かっていたため、PoE（Power over Ethernet）対応のタッチパネルとし、その場所で使えるようにする。またLANケーブル1本で済むため、配線を簡単に延ばせるので、タッチパネルの操作場所を変えることもできる。これまで他の無線LANの影響を受けてタッチパネルの反応が悪くなっていたこともあったが、有線式にすることでこの点は解消できる。

(2) 高品位映像・音声の送受信

これまで主画面はHD対応、22kHzステレオに対応してはいたが、新システムでは映像品質を良くし、主映像、コンテンツ映像ともにフルHD（1080p/30fps）を利用可能とする。これにより画面を切り替えなくてもアニメーションや動画が入ったコンテンツを送出可能とする。デジタル入力としてHDMI入力にも対応させる。

(3) 大規模教室への対応

大規模教室での利用を想定すると、教室内での自己拡声による音声ループ（ハウリング、エコー）が発生する。テレビ会議ユニットだけではこれらを抑制できないため、

2009年システムと同様にハウリング、エコーサプレッサ等の機器を導入し、音声の作り込みをする。

(4) モバイル環境の融合

モバイル環境から遠隔会議を行うシステムは多く存在するが専用システムであることが多く、一般的に部屋に設置するテレビ会議ユニットとは接続できないか、互換性が無い製品が多い。先に述べたように受講生の多くは各大学の教室におり、講師がモバイルからこれらの教室に対して遠隔講義を行いたいため、モバイル環境と一般的なテレビ会議環境の融合を実現する。モバイル環境はできるだけ端末に依存しないものを利用する。

3.2 新システムの構築

前述の設計方針に基づき新システムの構築を行った。次に実際の構築にあたり検討した点等を述べる。

まずモバイルへの対応についてであるが、ノート PC やタブレット等のモバイル環境に H.323 クライアントソフトウェアをインストールする方法が考えられるが、ファイアウォールの設定を行わなければ接続できないことがある点、MCU のリソースを拠点と同じだけ消費してしまう点などからそのままの形で各大学に展開するのは難しい。そこで新システムではモバイル向けに Web ブラウザ等から簡易に利用できる Cisco WebEx を使い、この WebEx と拠点システムを接続するために CMR Hybrid を利用する。当初すべて MCU もクラウドサービスで提供される CMR Cloud の利用を検討していたが、予約システムとの連携が取れないことから、MCU を用意して WebEx と連携する CMR Hybrid を利用する形とした。

2009年システムでは MCU の故障に備え、各拠点のテレビ会議端末に小型 MCU を内蔵させ、MCU の修理が間に合わなかった際にはそれらを手動でカスケード接続して遠隔講義を行う仕組みとしていた。しかしながら各拠点に小型 MCU を内蔵させると保守料もその分増加するため、今回のシステムではそれを取りやめた。MCU の故障時にはこの代わりとして、他の同様の取り組みを行っている大学と MCU のリソースを一時的に相互で貸し出す取り組みを以前から始めており、それを利用することとした。

全拠点を入れ替えられればよいが前述のように予算が限られているので、2009年システムに準拠したシステムと新システムが混在することとなる。そのため機器を入れ替えない 2009年システムに準拠した拠点は、制御プログラムを書き換えて新システムの予約システムと MCU に接続できるようにする。

予約システムは Cisco 製の TMS (TelePresence Management Suite) が販売されているが、これは単純に WebEx と MCU の接続管理しかできず、各拠点の機器の制御や MCU の画面制御が出来ない。またこれまでの予約システムでは、複数の組織が利用する形となるため、事前予約可能な期間のレベル分けをしていたが、これにも TMS は対応できない。

このため今回は新たに予約システムを開発することとした。予約システムは 2009年システムとほぼ同様とし、システム的には事前予約可能な期間をユーザ毎に設定できるようにし、運用にて事前予約可能期間の長さを数段階にレベル分けをする形とした。また、予約システムでは新たに WebEx の連携ができるようにする。

各拠点のシステムは 2009年とほぼ同じであるが、フル HD 対応、HDMI 入力に対応させるためテレビ会議システムに Cisco SX80 を使用することとした。これまで予約時刻になると MCU 内に仮想会議室を作成し、MCU 側から各拠点に向けてコールし、遠隔講義を接続していた。年々 H.323 のサービスサーチや攻撃と思われるコールが増えており、拠点でコールを受けて自動処理する仕組みをとり続けることが難しくなってきた。このため新システムからは予約時刻に各拠点側のテレビ会議システムから MCU に向けてコールする形として、コールを自動で受け取らないように設計を変更した。また、各拠点から自動的に MCU に向けてコールする際には MCU 接続後に DTMF 信号を送出可能とし、仮想会議室に pin コードが設定されていても自動で接続できるようにした。

システム構成図を図 3、システム連携フローを図 4 に示す。ユーザは 2009年システムと同様に予約サーバに Web ブラウザでアクセスし、予約を行う。統合管理サーバは予約サーバ内の予約情報を読み取り、予約時間前に各拠点の機器を立ち上げ、設定を行うと共に、TMS に対して MCU 内に仮想会議室を作成するように指令を出す。予約時間になると仮想会議室に対して各拠点のテレビ会議システムからコールを行い、遠隔講義を開始する。予約終了時には自動で仮想会議室を閉じ、各拠点のコールを切断した後、各拠点の機器を立ち下げる。これにより 2009年システムと同等の手間で遠隔講義を開催可能とした。

3.3 新システムの稼働開始と問題点

新システムを実際に稼働させ始めた。利用者からはコンテンツ映像が綺麗に配信されるようになったとの意見が寄せられた。

しかしながら新システムを構築して稼働させるといくつかの問題点がでてきた。TMS を利用しなくても WebEx と MCU を連携できず、連携させる場合には MCU の会議室番号を固定しておかなくてはならない。このため会議室番号が既知となり、MCU に対して特定の会議室番号をコールする攻撃が行われる可能性が非常に高い。既にメーカーに問い合わせを行い、改善の要望を出しているが、すぐに修正される見込みが無いため攻撃を受けにくくする方法を考え出さなくてはならない。

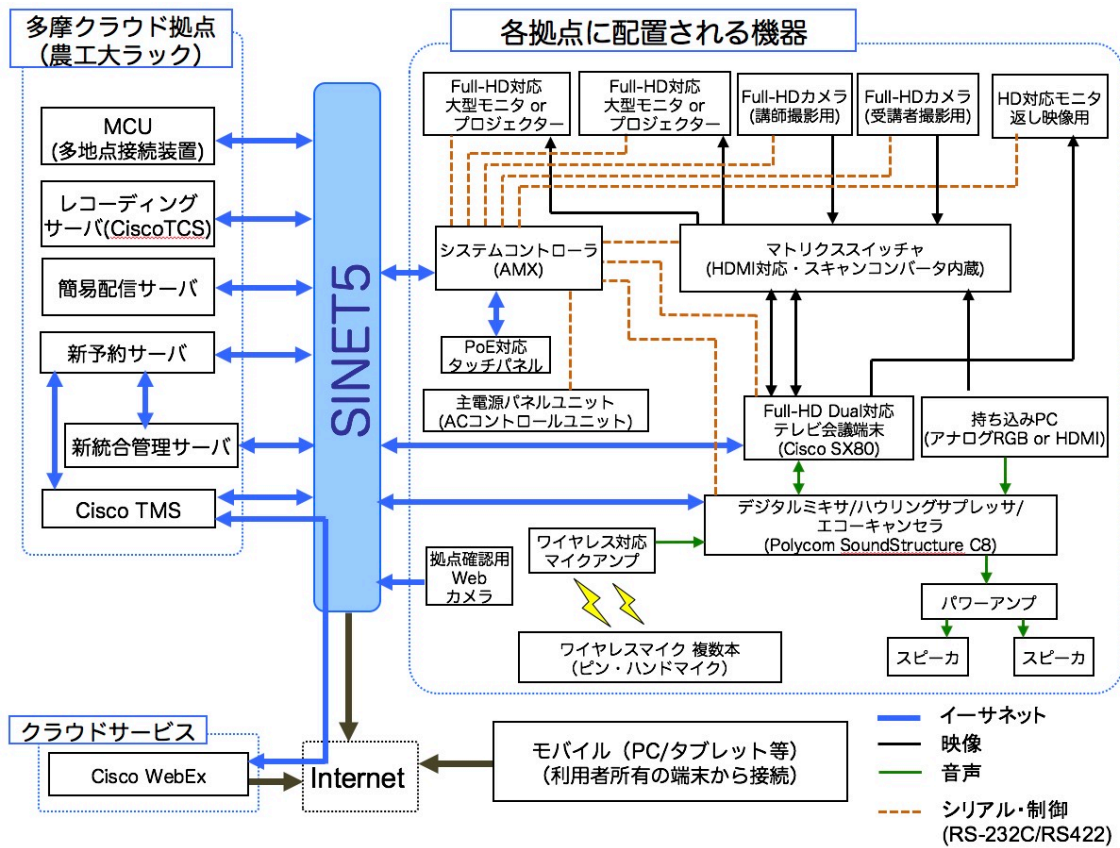


図 3 システム構成図

Figure 3 Overview of system

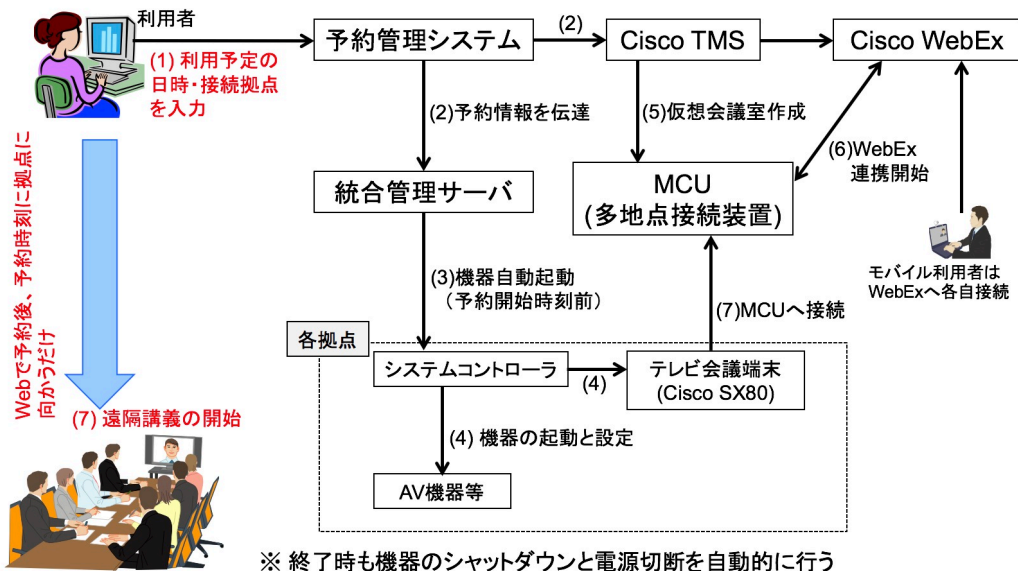


図 4 システム利用の流れ

Figure 4 A flow of the system use.

MCU のリソースの計算を行う際に、これまでコンテンツ送信をしているか、していないかに関わらず 1 拠点あたり一定数のリソースを消費していたが、新システムの MCU ではコンテンツの送信に 1 リソースを消費する。このためコンテンツを送信する、しないで MCU のリソース

の消費が変化するため、事前にコンテンツ送信を使うかが分からない状態で MCU のリソースをぎりぎりまで予約して使うことは難しい。このため予約システム側では MCU のリソース管理に少し余裕を持たざるを得ない。

SX80 でコンテンツを送信するとコンテンツが MCU ま

では到達しているが、その先に送出されない事象が多く発生している。回避方法としては他のどこかの拠点でコンテンツ送信を一度行い、もう一度コンテンツ送信を試すことでコンテンツが各拠点に配信されるようになる。メーカーに問い合わせはいるが現時点でも解決できていない。この解決が遅れている理由として、MCU 側のログ出力の貧弱さにある。Polycom の MCU ではログが詳細に出力できるが、Cisco の MCU ではログが Polycom に比べ圧倒的に少なく、どの時点でエラーが発生しているかを後から追うことが非常に難しい。コンテンツが送信できないで困っている時は回避方法を試し、遠隔講義続行を優先することになるため、事象発生時にトラブルシューティングを長時間にわたって行うことは難しく、解決が困難な状態である。

また MCU 故障した場合には、これまでは MCU からコールしていたので、別の MCU からコールすれば良いだけであったが、今回は MCU に対して各拠点からコールする形であるため、MCU が故障した際には、本来の MCU へのコールを止め、別の MCU へコールすることが必要である。本来の MCU の代わりにどの MCU を使えるかはその時点でしか分からないため、自動的にコール先を変更することは難しく、現時点では手作業にならざるを得ない。幸いまだ MCU の故障は無いが、故障した際の手順を整備しておく必要がある。

一部の拠点で本システムの上流のネットワークで Firewall 等のセキュリティ対策がほとんどされていないところがある。拠点側の各機器で攻撃に対してリジェクト処理を行ってはいるが、攻撃の通信が多すぎるとその処理に CPU 性能を取られ、タッチパネル等の操作が遅くなるなどの影響が出ている。各拠点に対して上流のネットワークのセキュリティ対策を強めるよう依頼はしているが、組織が異なるため強く対策を求めるのが難しいのが現状である。

拠点によってテレビ会議端末付属カメラの映像が緑がかってしまう現象が発生した。部屋が暗いと発生することが多く、カメラのブライトネス設定を Auto から手動に設定することで回避できることまでは確認しているが、Auto にしないと部屋の明るさに追従できないことからこれもメーカーに問い合わせを行っている。

またテレビ会議システムで雑音が入る問題があったが、これまでの Polycom 製のテレビ会議端末に比べ、Cisco 製のテレビ会議端末からの音声出力レベルが低いため、テレビ会議端末側で音声出力レベルを上げてしまうとノイズがのってしまうという問題であった。これはテレビ会議端末の出力を一度 Polycom Sound Structure に入力し、この機器で音声レベルを上げることで雑音を減らすことができた。

4. おわりに

本稿では複数の大学を結ぶ遠隔講義システムの更新に伴う設計と構築について述べた。2009 年システムで実現した

自動化を新システムでも取り入れ、ユーザの手間を減らす工夫を行った。新システムでは映像の高品質化やモバイル環境と拠点をシームレスにつなぐことができるようになった。しかしながら新システムで導入した機器の不具合により完全なものとはなっていない。この点を改善し、より使い勝手の良いシステムにしていく予定である。今後モバイル環境も融合したことでさらなる利用を期待したい。

参考文献

- [1]近藤喜美夫：衛星による大学間コラボレーションシステム (SCS) の開発と評価, メディア教育開発センター, NIME 研究報告第 18 号, ISSN 1880-2192 (2006) .
- [2]萩原洋一, 櫻田武嗣, 川島幸之助:"全国 18 国立大学高精細遠隔講義システムの設計構築と課題," 学術情報処理研究,ISSN 1343-2915, pp.40-48 (2009) .
- [3]櫻田武嗣, 萩原洋一:"自動化した大学間高精細遠隔講義システムの構築と 5 年間の運用での課題," 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.6, No.1, pp.61-69 (2015) .