

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月20日現在

機関番号：32503

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700822

研究課題名（和文） AR型室内フィールドワークによる仮想化技術学習支援環境の構築

研究課題名（英文） An AR-based Study Support Environment on Network Virtualization

研究代表者

中川 泰宏（NAKAGAWA YASUHIRO）

千葉工業大学・情報科学部・情報ネットワーク学科・助教

研究者番号：60348365

研究成果の概要（和文）：

AR型フィールドワーク学習を行う室内で、タブレット等のフィールド端末を持つ学習者の位置を計測する室内型音響位置計測システム ALPS (Acoustic Local Positioning System) の設計・構築を行った。このシステムを利用することでフィールド端末に標準装備される音響装置と HTTP 通信のみによりフィールド内の位置情報を取得することができる。また、フィールドワーク学習の対象となる学習用 LAN 環境を学習トピックスに合わせて自動的に用意する支援システムの設計・構築も合わせて行った。このシステムでは、Web ブラウザ上の論理ネットワーク構成作図ツールを利用して、ネットワークの設計情報からフィールドワーク用の学習用 LAN を具現化することができる。現在、AR型学習プラットフォームも構築すると共に、ALPS とネットワーク構築支援システムのプラットフォームの統合を行い、利用評価に向けた準備を進めている。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we designed and constructed the Acoustic Local Positioning System (ALPS) that enables us to know a local position of the study room with tablet like devices. The system consists of a request proxy, a sound recorder and some calculators. The sound recorder has a multi channel audio interface connected to six to height microphones. One of the characteristics of this system is to provide local position of a room using only general sound device of a learner's device and http network communication. The other hand, we designed and constructed a study support system that is enable to switch and build LANs by network design information with web interface for AR fieldwork study on network virtualization. We are integrating these systems as one platform, and prepare to evaluate their availability and efficiency.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
22年度	1,200,000	360,000	1,560,000
23年度	800,000	240,000	1,040,000
24年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3770,000

研究分野：教育工学

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：教育工学，ネットワーク，AR

1. 研究開始当初の背景

これまで、ネットワーク技術者やネットワーク管理者を対象として、立岩らによる1台のコンピュータのスクリーン上にLAN構成を展開し、実際のLAN管理オペレーションが行える研究や、著者らによる柔軟なLAN構成による実践的な学習を行う提案が行われてきた。また、ネットワークプロトコル動作の理解を目的に、シミュレータベースの可視化学習支援の研究も国内外において多く行われている。これらの研究は、ネットワークの通信の基本的仕組みの理解を促進やより実践的な学習を指向するもので、近年の仮想化技術の複雑化に対する理解を促すものではなく、近年一般化されつつある仮想化技術を対象とした学習の必要性も高まっている。一方、近年セカイカメラや実空間透視ケータイに代表されるように情報と現実空間のマッピングを通してAR技術の一般化され始め、その実用性に注目を集めている。

2. 研究の目的

コンピュータネットワークでは、目に見える物理的な接続と実際には目に見えない論理的な接続が同時に存在する。この論理的な構成は、近年の仮想化技術の発展に伴い、より複雑になりつつある。そのため、物理・論理構成の関係を直感的に理解することがより難しくなっている。また、これらの学習を行う際、学習者の前提知識にもよるが、ネットワーク上を流れる情報が目に見えないことに加え、動的に変化することから、実践的な学習を通して理解に多くの時間を必要とする傾向がある。そのため、仮想化技術を利用したLANの学習において、物理構

成と論理構成の直接的なマッピングと動的な可視化が、より短期間で理解を深める要因の一つになると考えられる。

そこで本研究では、仮想化されたLANの学習において、学習者がフィールド端末と名付けられたタッチパネル式携帯端末の付属カメラからマーカを読み取って各装置の識別情報を取得し、また、空間位置測定用音響プローブから送信された空間位置情報を取得し、これらの情報を元に無線LANから静的・動的なネットワーク情報を受け取り、現実空間の情報映し出す(拡張現実AR: Augmented Reality)ことで、直感的な理解を促進する。このとき、演習室内に構築された複数の仮想化されたLAN構成を用意し、学習者がフィールド端末を使って自由に探索する。この室内フィールドワークを通してより深い理解を促す。

3. 研究の方法

本提案では、学習者がネットワークに対して物理・論理構成間の理解を容易にするために、実際のLANに必要な機器を利用して、学習用LAN環境上で仮想化されたネットワーク情報を、タッチパネル式移動端末を用いて可視化するフィールドワーク学習を行う。この環境は、図1のようにマルチプルVLAN対応スイッチを境に、左側の管理用ネットワークと、右側の複数のサブネットワークを含む学習用ネットワークから構成される。この二つのネットワークはマルチプルVLANと呼ばれる、上流ポート(インターネット側)は共通だが、その他の下流ポート間はお互いに通信できないセキュリティ上の仕組みを利用して、学習用LANの各サブネットワーク間が干

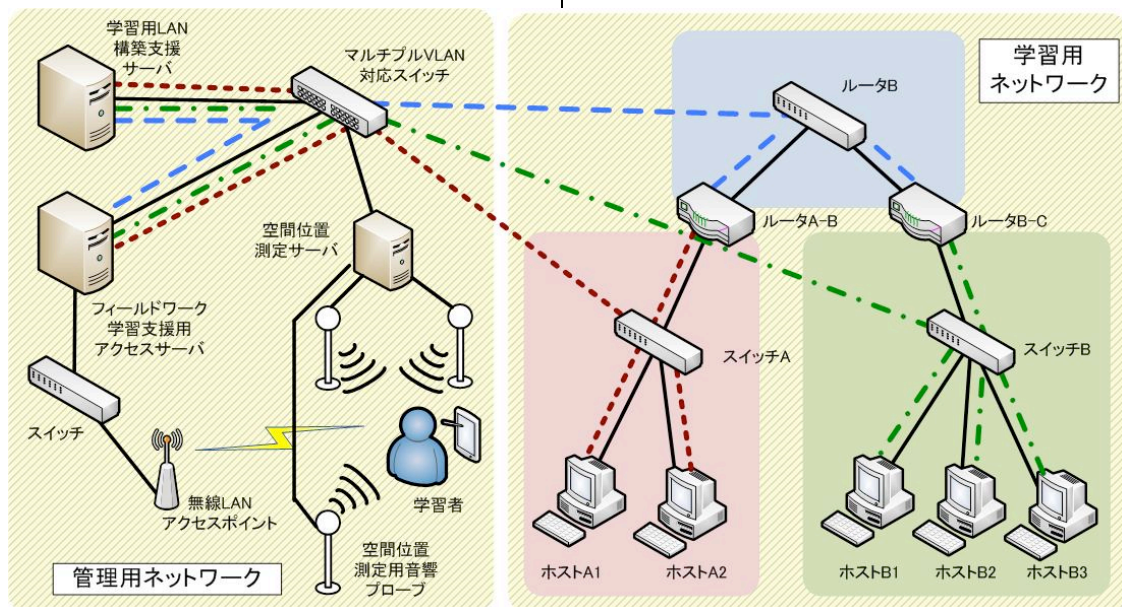


図1. AR型室内フィールドワークによる仮想化技術学習支援環境

涉しないよう接続する。これらネットワークとは別に、学習者は一般的な音響デバイス（マイク入力、音声出力）やカメラが装備されたタッチパネル付携帯型端末（フィールド端末）を持つ。この学習者は、この端末を通して、学習用 LAN の各機器の情報にアクセス・可視化し、学習を行う。この情報のアクセスは、学習用 LAN の構成機器に識別子として貼り付けられたマーカーを読み取り、フィールドワーク学習支援用アクセスサーバから情報を取得することで行われる。また、空間位置測定用音響プロブからの信号をフィールド端末の音響デバイスでデジタル化して空間座標を求めることで、ドメインなどの複数のネットワーク装置の持つ情報を実際の空間情報にマッピングする。また、可視化するコンテンツは物理・論理構成以外にも通信の理解を促進するためのルーティングや VLAN など、中継・管理技術のトピックスについても検討を行っている。管理用ネットワークは、フィールドワーク学習支援用アクセスサーバと学習用 LAN 構築支援サーバと無線 LAN アクセスポイントを主に構成される。このアクセスサーバは学習用 LAN 情報の収集・加工・保存を行い、可視化情報を無線 LAN 経由で学習者に提供する。構築支援サーバはマルチプル VLAN 対応スイッチ経由で各機器の設定変更を行い、論理構成の変更などを通じての学習トピックスに合わせた環境を構築する。

4. 研究成果

フィールドワーク学習を行う空間の位置計測を容易にするため、フィールド端末に付属する音響デバイス（マイク入力、音声出力）を用いて測定を行うシステムの検討・開発を行った。本研究で設計・構築した室内型音響

位置計測システム ALPS (Acoustic Local Positioning System) は図 2 のようにフィールド端末の付属スピーカから発せられた音声信号を元に、HTTP 通信経由で位置情報を端末へ返す。ところで、音声信号の発信点には、フィールド端末の代わりに、室内に別途複数のスピーカを設置して端末側は音声信号を受信する方法も考えられる。しかし、本研究では両者の方式間で計算量に大きな違いが見られないこと、また位置計測にリアルタイム性を必要とすることから、ポータブル端末に比べ計算能力が高いデスクトップ側で信号処理を行えるよう、室内に複数のマイクを設置する形式を採用している。ここで、位置計測のための信号処理には多くの計算能力が必要とされることから、複数ユーザへの対応を行うために位置情報を分散して計算する仕組みももうけている。具体的には、フィールド端末と窓口として情報のやり取りをする ALPS Server を設け、フィールド端末から位置情報要求を複数の Job Operator と呼ばれるコンピュータに仕事を再配分することで、位置情報の計算を分散する。また、Job Operator が共通の音声情報を持つことができるよう録音専用マシン Recorder を用意し、UDP マルチキャストにて Job Operator へサンプリングデータを一括同報配信している。また、フィールド端末の発信音波の違いを識別するために、本研究では、各端末に異なる PN (Pseudo Noise) 信号 (M 系列) を発信信号として割り当てている。信号処理の流れについては、まず、フィールドワーク学習を行う部屋の中に 4~8 本のマイクを設置し、端末から送信された PN 信号を、48~200kHz の周波数でサンプリングする。この計測データとオリジナルの PN 信号間で相互相関関数を求め、この情報を元に音波の到達時間から端

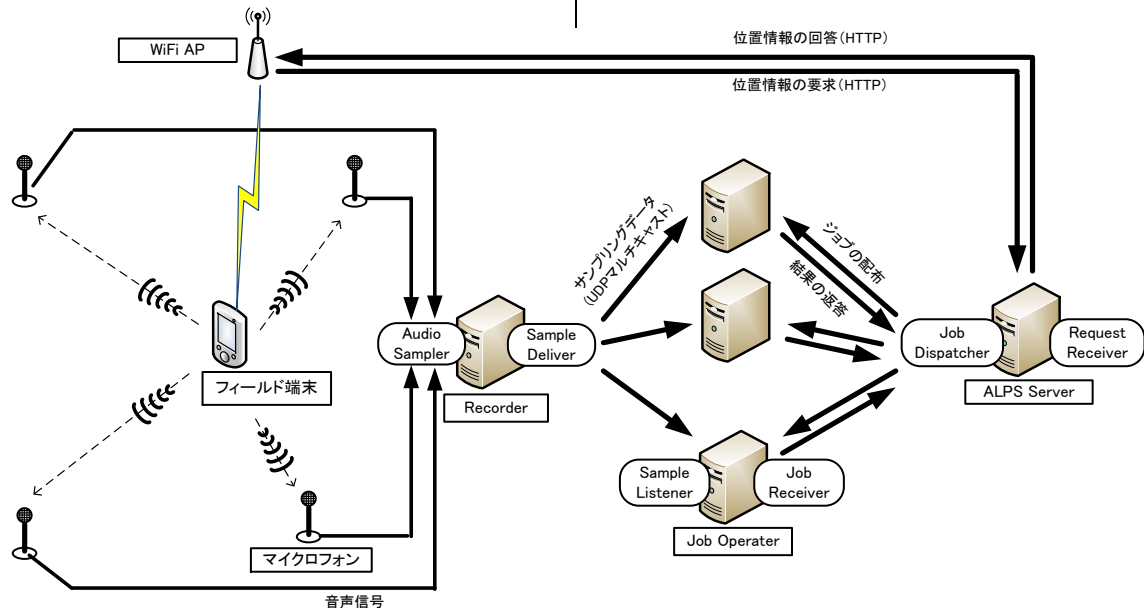


図 2. 室内型音響位置計測システム ALPS (Acoustic Local Positioning System) の構成

末・マイク間の距離を計算する。その際、送受信機間の時刻の誤差やハードウェア処理系の遅延により距離情報にはバイアスが付与される。一方で、空気の揺らぎや雑音による誤差も存在する。そこで、GPS の位置計測にも利用されるニュートン・ラプソン法による近似計算と最小二乗法によって、これらバイアス、誤差成分を除去して位置情報を推定する。現在実用に向けた精度向上の取り組みを行っている。

仮想化技術の学習の舞台となる LAN の環境を作るためには、複数の機材とそれらの結線が必要である。そのため、学習トピックスごとに効果的な LAN 構成を用意することは容易ではない。そこで、本研究では、学習用 LAN 環境を学習トピックスによって自動的に構築する支援システムの設計・構築も行った。

ところで、LAN (Local Area Network) は、組織・団体・個人の管理するネットワークの単位であり、WAN (Wide Area Network) への接続単位である。構成要素の点から LAN を見ると、図 3 のようにサブドメイン (ないしサブネットワーク) と呼ばれるネットワークの最小単位が集まることで構成され、このサブドメインはホストと呼ばれる通信機能を持つコンピュータから構成される。ここでホストはアプリケーションプログラムの実行環境として、通信サービスの利用/提供の中心となる。次に接続の観点からは、サブドメイン同士の接続はルータ等のレイヤー 3 中継機で接続され、ホストはスイッチ等のレイヤー 2 中継機で接続される。これらのことから、LAN の学習内容は (1) ホスト管理学習 (2) サブドメイン管理学習 (ホスト間接続) (3) LAN 管理学習 (サブドメイン間接続) (4) WAN 接続学習 (LAN 間接続) の 4 つに大きく分けられる。

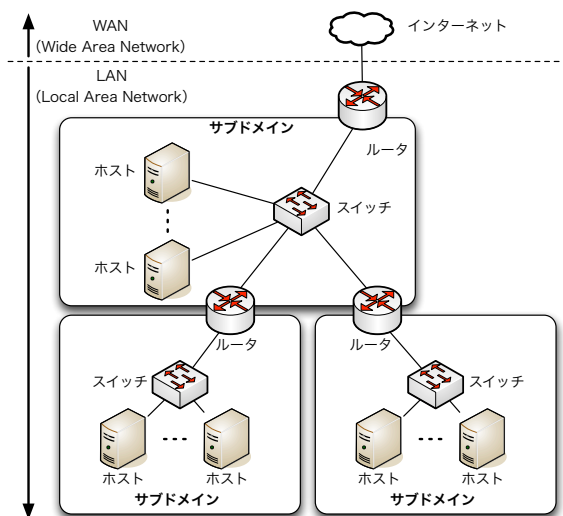


図 3. LAN の構成要素

本研究では、学習用 LAN 環境の構築にあたり、通常の AR 型フィールドワーク学習後の LAN 管理学習も視野に、学習者が (a) 自習のために自宅からアクセスできること (b) 学習する題材により LAN 構成を動的に変更できること (c) 学習内容を IPv4/IPv6 において学習可能であることの 3 点を視野に学習支援環境を設計した。(a) の実現にあたっては、学習者の活用の有無が自宅環境やその環境を整える学習者のスキルに依存しないよう配慮し、学習用 LAN の実行環境をクラウド型にして、演習室や自宅等から共通のインタフェースでアクセスできるようにした。また、学習者の利用環境の差異を吸収するため、アクセス環境には Web ブラウザを用いた。(b) の実現にあたっては、複数の LAN が同時に起動でき、かつ動的な切り替えが容易となるよう起動/終了時間が短く、要求するコンピュータ資源の少ない軽量 Linux を利用した。また、学習者が複数の LAN を使い分けやすくなるようファイルマネージャ風の管理インタフェースで LAN を選択できるようにした。(c) の実現にあたっては、ホスト管理から WAN 接続の学習に至るまでを対象とした。また、LAN の設計学習については、GUI ベースの LAN 設計ツールを開発し、また設計内容から自動的に LAN を構築することで動作の検証が行えるようにした。この機能は、講師が学習者に提供する LAN の準備を容易にする狙いもあり、この LAN を自動的に構築する機能により学習用 LAN の準備に伴う講師の負担を軽減する。

LAN 自動構築にあたっては、運用にあたり構築時間が負担にならないよう極力短くなるようディスクサイズが 10MB 程度である Micro Core Linux を用いた。本研究で設計・構築したクラウド型 LAN 管理学習支援環境のシステム構成を図 4 に示す。図中、丸かどの四角い領域のうち、左側が学習者用ネットワーク、右側二つがクラウド型 LAN 管理学習支援環境ネットワークとなっている。後者のうち左側の領域がインターネットからアクセス可能なグローバルネットワーク、右側の領域がバックグラウンドで動作するプライベートネットワークとなっている。本システムを利用した学習は、クライアント PC 上の Web ブラウザをクライアントとしてアプリケーションサーバへアクセスすることにより行われる。また、学習用 LAN に属するルータ、ホストは仮想計算機 (以降 VM) として VM サーバ上で実行される。ここで VM 環境には Xen を利用している。VM の表示画面はテキスト情報としてソケット通信で提供される。学習者の Web ブラウザからこの VM への接続は Java Applet のソケット通信を利用して行われる。ただし、Java Applet はプログラムをダウンロードした Web サーバとのみソケット通信が行えるため、ダウンロード元であるア

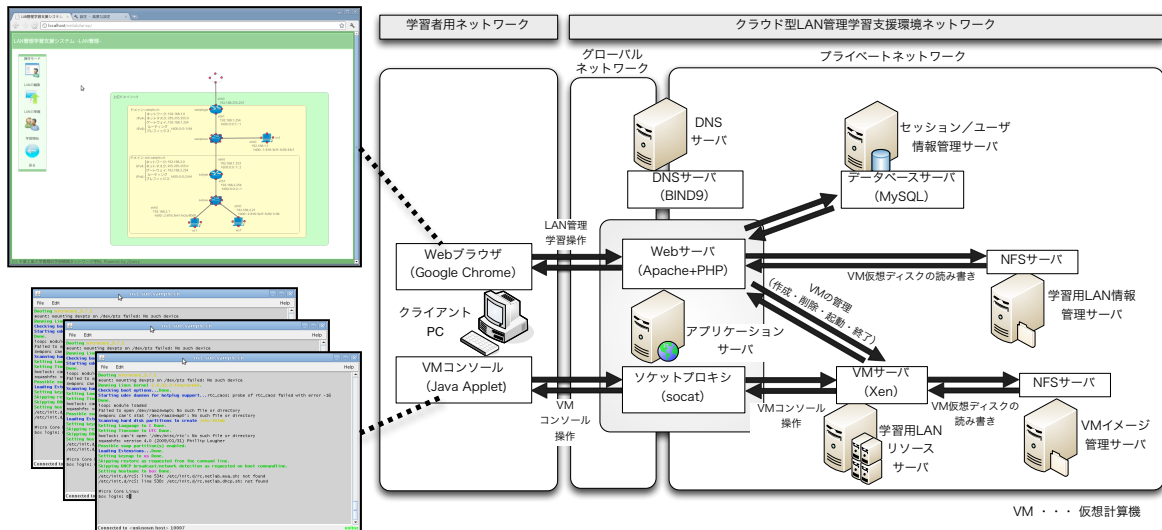


図 4. クラウド型 LAN 管理学習支援環境のシステム構成

アプリケーションサーバをソケットプロキシとして中継することにより通信を実現している。なお、複数人数によるシステム利用時には、通信の窓口となるアプリケーションサーバと多数の VM が起動される VM サーバの両方で負荷が高くなるため多重化を行い、柔軟な運用ができるよう VM のディスクイメージ等の情報を NFS サーバで共有する。この多重化に伴い、クライアント PC とアプリケーションサーバ、VM サーバの 3 者の対応関係をセッション情報として保持する必要があるため、この情報をセッション管理サーバで保存している。なお、図中の DNS サーバは学習者 PC やイントラネット内ホストによる名前解決に利用している。

ここで、学習者の PC に表示される画面には図 4 のクライアント PC 左側にある、LAN の構成情報等を表示する Web ブラウザのウィンドウと、LAN の構成要素にアクセスした際にポップアップ表示される複数の VM コンソール画面のウィンドウが表示される。学習者はログイン後に現れるファイル管理画面上でプロジェクトを選択し、その中から学習に利用する LAN を選択する。その後、LAN の論理構成図が描かれた LAN 管理画面が表示され、画面左側に表示されたツールボックスから「編集」「準備」「学習」のいずれかのモードを選択する。この選択によってモードが切り替わり、各モードのツールバーに表示が切り替わり、選んだ LAN 構成に対する操作を行うことができる。ここで、編集モードでは、LAN の設計を行い、ドラッグ&ドロップで LAN ケーブルの配線を行うことで LAN の論理構成図を作成する。このとき学習開始時の初期状態も選択することができ、設計情報通りの動作をさせたい装置は「設定済」を選び、学習のため設定を自分で入力したい場所には「未設定」を選択する。次に準備モードでは、編集モードで作成した LAN の情報を元に自動的に

設定ファイルを作成し、全てのルータ、スイッチ、ホストの構築を行う。ここで、ルータとホストは軽量 Linux である Micro Core Linux を VM として構築する。また、WAN 間接続を実現するため、LAN 間で名前解決ができるよう本環境用に構築した独自のルートネームサーバ (Z. ROOT-SERVERS.NET) への登録も行う。最後に、学習モードでは、ツールバーから学習開始を選択すると、Web ブラウザ内の論理構成図上のホストとルータにコンソール画面表示用ボタンが表示される。このボタンを押すと Java Applet により実行された VM コンソール画面が別ウィンドウで表示し、VM の起動が始まる。このウィンドウは VM がシャットダウンした後に自動的に閉じるが、VM の起動中はウィンドウを閉じて VM は終了せず、必要な時にコンソールウィンドウを開き学習に利用することができる。この編集モードで作成した LAN の設計情報を元に準備モードで VM を実際に作成する。ここで、本研究で利用する VM の仕様を表 1 に示す。OS には前述の Micro Core Linux を VM 環境など本環境に適応する形でカーネルと RAM ディスクイメージをカスタマイズしている。カスタマイズ後のファイルサイズはカーネルが 2M バイト程度、RAM ディスクイメージが

表 1. Xen 用仮想計算機仕様

項目	内容
OS	Micro Core Linux 3.7.1 独自仕様
基本ファイルサイズ	14MB 程度
(パッケージ追加により増)	カーネル: 2MB 程度 RAM ディスクイメージ: 8MB 程度 保存用ディスクイメージ: 4MB
代表的なパッケージ	DNS サーバ: BIND9.8.0 メールサーバ: Postfix 2.8 Web サーバ: Apache 2.2.19 SSH サーバ: OpenSSH 5.8p1 DHCP サーバ: ISC DHCP 4.2.1p1 ルータソフト: Quagga 0.99.18

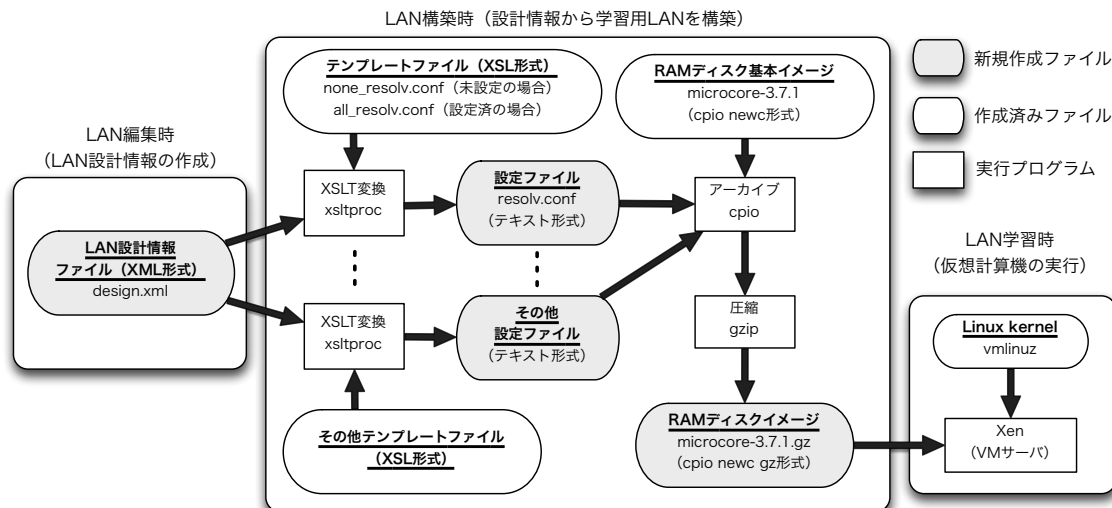


図 5. LAN 管理画面上における設計情報から仮想計算機を作成するプロセス

8Mバイトと合わせて10Mバイト程度と小さくなっている。このサイズにサーバやルータソフトウェアなどのパッケージ分が必要に応じて追加される。また、LAN 管理学習時に編集したファイルの保存用ディスクイメージはテキスト情報の保存が主体となり、分量も多くないため4MB程度としている。VMの作成は図7に示されるようにLANの編集で設計情報が作られ、準備モードによって構築される。編集モードで作られたLANの設計情報はdesign.xmlという名前でXMLファイルとして保存される。そして、ホストの設定に必要な設定ファイルは、その元となるテンプレートファイルをXSL形式で用意し、設計情報であるXMLファイルと共にXSLトランスレータ(XSLT)で変換することにより作成する。その数は設計情報にもよるが一つのホストで5~30程度作成する。Linuxカーネルは全VMで共通のものを利用する。そのため学習開始後はVMごとに共通のLinuxカーネルを実行し、準備モードで作成した各々のコンパクトなルートパーティションをマウントすれば、ホストとルータが利用できるようになる。

本研究で構築するVMは学習開始後に編集した差分情報のみ保存するため、学習者ごとに保存用ディスクイメージを用意して管理することにより、資源を節約しつつ多数の学習者に対して自由に変更できるLAN環境を提供することを可能としている。これらの特徴により、比較的短時間でLAN学習環境の準備が可能となり、また、インターネットオブジェクトでLAN同士を接続することで、ホストの管理からWAN経由でのLAN間接続に至るまでの学習を可能にしている。

現在、これらの環境をベースにAR型フィールドワーク学習のプラットフォームの開発を進めると共に、これらネットワーク構築支援システムと室内型音響位置計測システ

ムALPSとのプラットフォームの統合、フィールド端末によるアクセス環境の構築と授業における活用を目指したグループワークによるフィールドワーク評価に向けた準備を行っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

① 中川泰宏, 浮貝雅裕, “LAN管理者教育におけるクラウド型学習支援環境の開発”, 信学技報, Vol. 111, No. 394, ET2011-88, pp. 1-6, (2012)

② 中川泰宏, “AR型フィールドワークによる仮想化技術学習支援環境の構築”, 千葉工業大学プロジェクト研究報告, No. 58, pp. 153-154(2011)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 泰宏 (NAKAGAWA YASUHIRO)

千葉工業大学・情報科学部・情報ネットワーク学科・助教

研究者番号: 60348365

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし