

Introduction

La plate-forme de télé-enseignement que nous présentons dans cet article a été élaborée dans le cadre du projet européen BETEL (“Broadband Exchange over Trans-European Links” Sélectionné par la DG XIII de la commission des communautés européennes et financé par le parlement européen).

Les performances requises pour les applications multimédias interactives nécessitent de nouveaux types de réseaux. Le but du projet BETEL était de mettre en place la première plate-forme réseau ATM trans-européenne ainsi que des applications démontrant les atouts de cette technologie. C’est ainsi que deux applications originales furent développées pour tester la plate-forme réseau:

- Une application de partage de ressources informatiques entre le CERN et l'IN2P3, l'institut de physique nucléaire et de physique des particules situé à Lyon.

- Une application de télé-tuteurat entre l'Institut Eurécom et l'EPFL qui fait l’objet de cet article.

Nous avons cherché à présenter une application réellement utilisable. Le “tuyau” dont nous disposions permettant de faire transiter de la vidéo notre préoccupation fut de ne pas se contenter de créer la n-ième application de visio-conférence sur station UNIX mais de mener une réflexion de fond pour proposer une solution réaliste de télé-enseignement.

La séance de travaux pratiques et le télé-tuteurat

La séance de travaux pratiques (TP) permet une approche beaucoup plus fine des interactions humaines à distance que le cours magistral. Durant une telle séance, le professeur s’adresse, dans un premier temps, à l’ensemble de sa classe (relation 1:n) pour se présenter et dispenser les informations nécessaires au bon déroulement de la séance, puis il laisse travailler les élèves. Durant cette phase le lien n’est pas rompu entre le professeur mais chaque élève travaille sur sa propre station et il n’y a pas d’échange. Néanmoins chaque élève peut à tout instant appeler le professeur. Le professeur peut répondre à une requête d’un élève en se déplaçant jusqu’à son poste de travail (relation 1:1) pour une relation privilégié avec lui et pour avoir un aperçu de son travail sur son écran.

L’application présentée ici, soutient le même scénario, chaque type de relation étant respecté, et permet à un professeur de dispenser une séance de TP à un groupe d’étudiants distants de plusieurs centaines de kilomètres. Grâce aux moyens audio et vidéo et au partage d’écran informatique le professeur peut ainsi superviser une séance de travaux pratiques en s’adressant à chaque élève indépendamment ou bien à l’ensemble des élèves. Le lien Betel à 34 Mbits/s entre les deux sites permet une transmission en temps réel de très haute qualité au niveau du son, de l’image et des données informatiques, offrant un grand confort d'utilisation.

L’ergonomie conditione la technologie

Nous avons dessiné le poste de travail du professeur et des étudiants en cherchant à encourager les interactions naturelles pour ne pas perturber le travail. C’est ainsi que l’espace de travail est séparé de l’espace relationnel en utilisant deux écrans distincts ce qui permet au professeur de converser en privé avec un étudiant comme il le ferait dans une séance normale de TP en se déplaçant d’élève en élève. Le professeur a également la possibilité de s’adresser à l’ensemble de la classe grâce à une projection de son image sur le mur faisant face aux élèves.

-----FIGURE 1-----

Résumé des possibilités offertes au professeur pour la vue de sa classe:

- Une vue de la classe (caméra filmant l'ensemble des élèves).
- Une vue de l'ensemble des élèves dans des fenêtres distinctes (séparation de l'écran en autant d'images qu'il y a d'élèves).
- Une vue mixte: vue de la classe et vue d'un élève en incrustation dans le coin de l'écran (ou l'inverse, au choix du professeur).

Résumé des possibilités d'interaction offertes au professeur:

- S'adresser à l'ensemble de la classe:
 - les élèves voient son image, entendent sa voix.
 - Il peut télé- projeter des transparents ou tout autre document (manuscrit sur papier ou tableau noir, vidéo...) depuis sa station de travail.
- S'adresser à un élève
 - L'élève le voit et l'entend sur son moniteur.
 - Il voit l'élève sur son grand moniteur et surveille la classe qui reste en incrustation.
 - Ils peuvent se parler, se montrer des documents.
 - L'élève peut partager son écran informatique avec le professeur quel que soit le logiciel X qu'il utilise (le professeur peut alors accéder aux données de l'élève, le corriger, etc..).
 - Le professeur peut également partager son écran informatique avec un élève ou l'ensemble de la classe.

La technologie

La mise en place de cette application a nécessité le développement d'un système de transmission audio-vidéo en temps réel, d'une interface utilisateurs, l'intégration d'un outil de partage de l'espace de travail et l'étude de l'ergonomie de l'ensemble.

Nous décrivons ici la réalisation technique de cette plate-forme (matérielle et logicielle) en décrivant succinctement chaque composante.

L'Infrastructure réseau

La plate-forme réseau BETEL composée d'un brasseur Alcatel 1000 AX situé à Lyon et de 700 kilomètres de fibres optiques mises en place par France Telecom et les PTT Suisses reliant les sites de Lyon, Genève, Lausanne et Sophia Antipolis par un réseau ATM offrant un débit de 34 Mbit/s!

Chaque site disposait d'un réseau local FDDI à 100 Mbits/s relié à un rupteur CISCO AGS+. Le rupteur ne disposant pas d'interface ATM il était connecté au DSU d'ALCATEL (un Alcatel 1000 AX) via une sortie série HSSI. Le DSU chargé de la mise en cellules ATM des paquets SMDS.

Le transfert de la vidéo

Le signal vidéo provenant de la caméra du professeur est dirigé sur l'entrée analogique de la carte Vidéo PARALLAX d'une station SUN pour y être digitaliser. Chaque image

ainsi numérisée est compressée sous le format JPEG puis découpée en paquets de 4K octets avant d'être envoyée sur le réseau via une socket UNIX en utilisant le protocole UDP. Les paquets sont ensuite réceptionnés à l'autre bout de la ligne par une station SUN équipée elle aussi d'une carte PARALLAX. L'image compressée est alors reconstituée puis décompressée et convertie en signal analogique PAL.

-----FIGURE 2-----

Distribution de l'audio et de la vidéo

L'originalité de la distribution locale de l'audio et de la vidéo est qu'elle se fait en analogique grâce à un switch analogique (AKAI DP 2000) piloté par logiciel.

Cela permet une distribution à moindre coût et autorise la connexion des divers éléments qui enrichissent les interactions comme les incrustations vidéo (Picture In Picture) ou les mosaïques ou tout autre dispositif (magnétoscopes, BARCO,...).

Le problème d'écho acoustique particulièrement désagréable, induit par ce type d'application, a été résolu par l'utilisation d'un dispositif d'annulation d'écho équipant la station de travail de chaque étudiant. Ce dispositif a été réalisé par l'EPFL dans le cadre du projet.

Le partage d'écran

Il ne suffit pas que le professeur et les élèves puissent se voir, il faut aussi qu'ils puissent travailler ensemble sur un même document informatique. Nous avons donc choisi de permettre à chacun d'eux de partager une fenêtre ou la totalité des fenêtres d'un logiciel, quel qu'il soit.

Après étude des différents logiciels de partage d'application X11, nous avons retenu un produit HP, nommé SharedX (sur stations HP uniquement). Ce logiciel se comporte comme un pseudo-serveur X11 et peut être recevoir des ordres de commandes provenant d'autres programmes UNIX. Ce dernier point nous a particulièrement séduit car il nous a permis d'intégrer SharedX dans nos développements. L'envoi d'un ordre tel que "partage telle_fenetre de _pierre avec _paul" et paul voit apparaître la fenêtre de pierre sur son écran (Display X) et peut travailler sur cette fenêtre comme si elle était en local (avec la même vitesse ce qui fait la différence avec les autres partageurs d'application).

Cependant nous travaillons actuellement avec les membres du projet CIO, sur un produit qu'ils ont développé, nommé Xwedge qui est multi-plates-formes.

L'interface utilisateur

L'interface utilisateur se présente sous la forme d'une fenêtre graphique X11/Motif permettant aux étudiants et aux professeurs de gérer de les communications de la manière la plus simple possible. La gestion des différentes connexions est entièrement prise en charge par le système (voir plus bas la description du session manager). Cet aspect est fondamental car il permet à l'utilisateur de focaliser son attention sur l'objectif de la collaboration et non sur les dispositifs de communications.

Un simple clic et le professeur passe de la vue globale de la salle la vue d'un élève et de son écran d'ordinateur.

Le session manager

Le session manager est le cerveau du système qui reste en permanence à l'écoute des interfaces utilisateur grâce à des connexions réseaux (sockets TCP). Il connaît le rôle de chaque participant et ses privilèges correspondants. Les interfaces utilisateur se conten-

tent d'envoyer des messages très simples comme par exemple: "connecte moi a l'étudiant n". Le session manager enverra alors les ordres aux différents dispositifs comme le switch analogique ou le partageur d'applications.

Il n'existe qu'un session manager pour les deux sites qui connaît donc la topologie des deux sites. Il dispose également du scénario d'une session de télé-enseignement. En effet les possibilités d'interactions et les actions correspondantes sont décrites dans un script ce qui permet d'affiner ou d'adapter l'ensemble à divers types de séances. Ces scripts comprennent également la description des différents rôle (prof, étudiant, etc) ainsi que des polices d'interaction.

Conclusion

La plate-forme de télé-enseignement décrite ici, a fait l'objet de plusieurs démonstrations publiques, le professeur se trouvant à Lausanne et les étudiants à Sophia Antipolis. Le confort d'utilisation atteint est excellent et l'apprentissage très rapide. Les deux raisons majeurs de ce résultat sont une application pensée en termes d'ergonomie, fonctionnant sur une plate-forme réseau adaptée. Le débit utilisé est de l'ordre de 4 Mbits dans chaque sens et le réseau ATM nous assure cette bande passante. Subjectivement l'utilisateur ne perçoit pas la durée de transmission, de l'ordre de 12 ms, tant pour l'audiovisuel que pour le partage d'application (une application partagée est aussi rapide qu'une application tournant en local.

La suite de BETEL...

Après la réussite de BETEL la commission des communautés européennes nous a renouvelé sa confiance en nous offrant de poursuivre nos travaux dans le cadre d'un nouveau projet baptisé BETEUS. Ce nouveau projet qui a débuté en Avril 1994 vise cette fois une utilisation réelle, dans le cadre d'une école d'été, en permettant aux utilisateurs distants de recréer une communauté virtuelle. Cinq sites au moins seront interconnectés, permettant de tester ce type d'application en multipoint.

Pour plus d'information...

- o "Multimedia tele-tutoring over trans-european ATM network" (2nd IWACA 94).
- o "Tele-tutoring over BETEL network" (speedup 94).
- o "Intelligent Session Management for Multimedia Shared Workspaces" (ACM multimedia 94).

Philippe dubois: EURECOM
BP 193
06 904 Sophia Antipolis
tel. 93 00 26 44
dubois@eurecom.fr

serveur WWW: <http://www.cica.fr>