

Projet CESAME: Conception formelle de systèmes multimédias coopératifs à hauts débits

Véronique Baudin, Philippe Owezarski, Michel Diaz,

LAAS du CNRS
(vero,owe,diaz)@laas.fr

Introduction

Un nombre croissant de chercheurs et d'ingénieurs s'intéressent aux nouveaux développements technologiques pour la conception des logiciels répartis et des réseaux de télécommunications. Ces architectures distribuées multimédias constitueront un ensemble très sophistiqué qui, par leurs implications techniques, économiques et sociales modifieront profondément des domaines d'application tels que l'éducation, la bureautique, la productique, la domotique, la médecine, la presse, l'audiovisuel, ... Deux caractéristiques importantes, sont à considérer quelque soit le domaine d'application envisagé: les informations produites, manipulées et communiquées seront numériques et de nature multimédia, et les débits nécessaires pour le transport de ces informations pourront dépasser le gigabit/seconde. Des projets sont à l'étude dans des programmes de recherche européens ESPRIT (Pegasus¹[1]) et RACE, mais aussi dans des programmes nationaux en Allemagne (Berkom), en Suède (MultiG), aux USA (NII [2])... La particularité principale des architectures réparties abordées dans ce projet est liée au fait que les problèmes à résoudre touchent au domaine de l'Informatique mais aussi à celui des Télécommunications. Dans ce cadre général, le CNET et le CNRS ont défini en 1991 le projet CESAME²[3] dont le but a été de développer des architectures, des techniques et des outils pour la conception et l'implémentation des systèmes distribués multimédias et coopératifs qui conduisent à des réalisations complexes, très dynamiques et très exigeantes en termes de communications, de systèmes d'exploitation et de base de données. Les principales études menées par des équipes du CNET, du CCETT, et de 10 laboratoires du CNRS³ ont été organisées selon 5 niveaux conceptuels: transport et transfert haute vitesse, synchronisation multimédia, coopération de groupes, test et évaluation des performances, analyse et choix d'applications illustratives. Dans la suite de ce papier, nous aborderons plus précisément les travaux menés au LAAS. Nous rappellerons d'abord les protocoles développés pour les trois niveaux conceptuels synchronisation, communication, et coopération, dans le cadre des applications multimédias,

1. Réalisation d'un OS pour des systèmes multimédias - Université de Cambridge (UK) et Université de Twente (NL)

2. Projet supporté par CNET-France Télécom 92 1B 178

3. IMAG, IRISA, IRIT, LAAS, LABRI, LIB, LRI, MASI, PRISM, TASC

puis après une brève description des problèmes abordés par le niveau test et évaluation des performances, nous verrons, dans le cas d'une application précise, les utilisations qui ont été faites des protocoles et modèles développés.

1 La synchronisation multimédia [4]

Un exemple d'application multimédia peut-être une page de présentation d'un cours d'EAO⁴, une procédure applicable dans un avion: les informations présentées seront alors des schémas de fonctionnement des matériels impliqués, une animation graphique d'un équipement, une vidéo montrant le résultat de l'application de cette procédure, des directives textuelles, la reproduction de sons émis lors de l'exécution de cette procédure, comme des messages vocaux d'alarme. Pour être «attrayant» et efficace, ce cours doit être le plus proche possible de la réalité, et donc il est nécessaire de reproduire les comportements observés dans l'avion, en particulier l'affichage simultané de certaines informations. L'organisation spatiale de cet exemple est présentée figure 1.

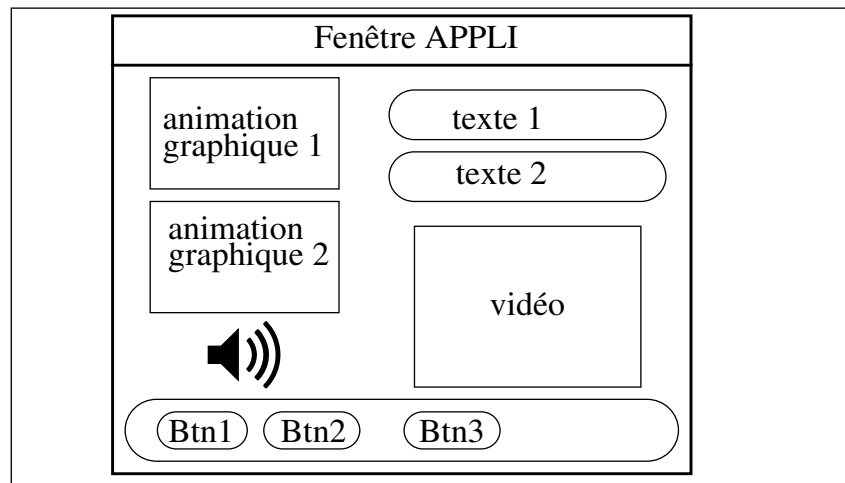


Figure 1: Fenêtre d'une présentation multimédia

La présentation sous-jacente respecte un scénario, qui peut être représenté à l'aide d'un modèle défini dans le cadre de ce projet: il s'agit du modèle Réseau de Petri à flux temporel ou TSPN (pour Time Stream Petri Net) permettant de spécifier les contraintes de synchronisation temporelles existant entre les différents flux multimédias. Pour cela, les TSPN utilisent des intervalles temporels sur les arcs sortant des places, ce qui permet à la fois de tenir compte du non déterminisme temporel des systèmes distribués asynchrones et de la variabilité des temps de présentation tolérée par les objets multimédias. Les intervalles temporels dans un TSPN sont des triplets appelés intervalles de validité temporelle représentant les temps de présentation minimal, nominal et maximal de chaque

4. Enseignement Assisté par Ordinateur

objet. Les dérives temporelles interflux peuvent être contrôlées de façon très précise grâce à 9 sémantiques de tir de transitions différentes. En effet, dans un contexte d'applications multimédias, il est impératif d'avoir des règles de tir qui, dans tous les cas assurent la continuité des flux de données multimédias. Par exemple, en utilisant ces règles de transition, il est possible de spécifier des mécanismes de synchronisation conduits par le processus le plus en avance, par le processus le plus en retard, ou par un processus donné. Ces sémantiques de synchronisation permettent de définir les instants de synchronisation à partir d'un arc choisi statiquement ou dynamiquement. Le modèle de présentation temporelle correspondant à la figure 1 est donné figure 2.

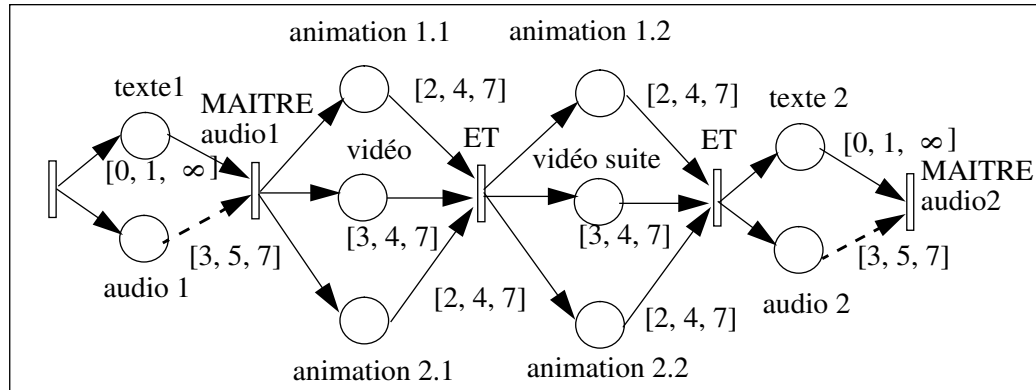


Figure 2: Modèle TSPN du scénario de présentation

Texte1 et Audio1 seront présentés de façon concurrente, avec pour règle, dès que Audio1 est terminée, on aborde la suite de la présentation. Les animations 1 et 2 seront présentées de façon concurrente avec la vidéo, en introduisant un point de synchronisation permettant de contrôler l'avancement des flux présentés, ...

2 Les protocoles du niveau transport et transfert haute vitesse [5,6]

Le modèle qui vient d'être décrit permet de représenter un scénario multimédia. Pour transmettre ce scénario à un ou plusieurs participants, il est nécessaire de disposer de protocoles adéquats. Les protocoles de transport les plus utilisés aujourd'hui sont TCP qui assure un transport fiable totalement ordonné et UDP qui n'assure ni la fiabilité ni le respect de l'ordre de la transmission des données émises. Si l'on reprend l'exemple précédent, Audio1 et Texte1 doivent être présentés en concurrence, suivis par vidéo. Grâce à la concurrence de présentation de certains objets, les contraintes d'ordonnancement du protocole transport peuvent être relâchées. De plus, selon la nature des informations quelques pertes sont acceptables: pour une présentation vidéo (25 images/sec), la perte de quelques images ne sera pas dommageable. On a donc défini une famille de protocoles d'ordre partiel, qui relâchent (par rapport à TCP) les contraintes d'ordre et de fiabilité

pour s'adapter aux contraintes des applications. Ce type de fonctionnement est représenté figure 3.

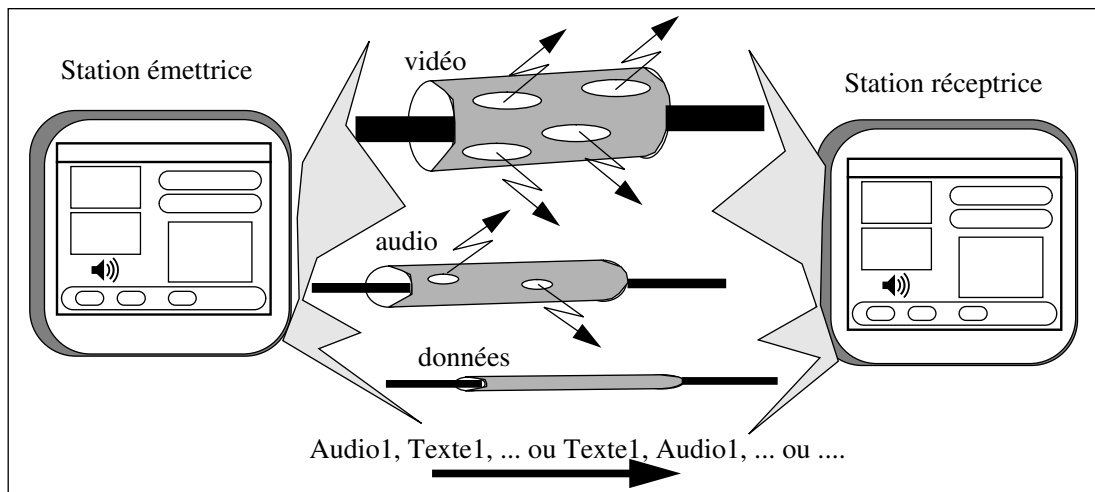


Figure 3: Protocole d'ordre partiel avec fiabilité modulable

Chacun des « tuyaux » représenté correspond à une connexion d'ordre partiel. Une spécification de cette famille de protocoles a été réalisée en ESTELLE, et des mesures de performances sont actuellement réalisées à l'aide d'OPNET.

3 Les protocoles de coopération de groupes [7,8]

Les applications multimédias utilisées ici sont construites pour être utilisées dans un contexte distribué. L'ensemble des participants travaille sur des stations de travail connectées à un réseau (local aujourd'hui, longue distance demain). Dans cette salle virtuelle peuvent avoir lieu des discussions générales impliquant tous les participants, ou des discussions plus restreintes entre quelques participants. Ce groupe de travail, ou cette salle virtuelle peut s'enrichir de participants au cours du temps, mais peut également en perdre. Pour cela il est nécessaire de fixer un protocole, un ensemble de règles de fonctionnement permettant de gérer ces modifications d'ajout ou de retrait. Enfin, des informations peuvent circuler entre les participants, et le problème de la mise à jour de ces données doit être résolu. L'approche retenue est basée sur la définition de relations entre coopérants, ceci afin de caractériser non seulement la communication, mais aussi la structure coopérative dans laquelle le comportement distribué d'un ensemble d'agents se produit. Le modèle proposé permet d'exprimer la coopération en se situant au-dessus du support de communication. L'aspect considéré dans la coopération est celui des relations entre données, relations déduites de leur partage entre agents coopérants. La définition la plus faible retenue pour caractériser une coopération entre 2 agents est celle de la mise à disposition d'informations privées: un agent coopère avec un autre s'il lui communique une partie de sa connaissance, donc s'il rend une partie de ses données visibles

et disponibles à l'autre agent.

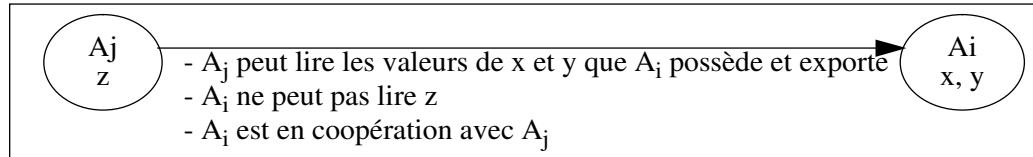


Figure 4: Coopération entre agents

On peut représenter la coopération sous forme d'un graphe, dans lequel un ensemble de flèches va préciser la coopération existant entre agents d'un même groupe. On peut décomposer ce graphe en sous-domaines, représentant des activités de coopération différentes, obéissant à des règles et à des relations propres à chacun des sous-domaines. Par rapport à ce modèle général, 2 extensions ont été proposées:

- la définition de groupes dynamiques, dont la structure peut évoluer dans le temps. A un instant donné, tous les agents du groupe coopératif n'ont pas besoin d'être présents pour commencer ou pour accomplir un travail coopératif. Pour définir des sous-graphes valides (graphes ayant une signification pour la réalisation du travail coopératif et définis par la sémantique de l'application) l'application doit donner un ensemble de propriétés exprimées par des règles que ces graphes doivent respecter.
- la création d'apartés ou sous-groupes temporaires intervenant dans la coopération. A l'intérieur d'un domaine de coopération, il est possible qu'un sous-ensemble d'agents veuille former dynamiquement un aparté et échanger des informations privées à l'intérieur de cet aparté. Dans l'approche décrite ici, la structure de cet aparté est contrainte par la coopération en cours, et elle doit suivre cette coopération. La coopération donne les relations entre agents, et les possibilités de communication qu'ils ont entre eux. La structure de la coopération n'est pas remise en cause par les apartés.

4 Modèle pour le test et l'évaluation des performances [9]

Ce point de l'étude a pour but de réaliser une étude pertinente de protocoles à réaliser, de façon à estimer, avant toute implémentation, les gains que l'on peut attendre. Un modèle permettant ce type d'étude a été proposé: les réseaux de Petri temporisés stochastiques. (RdPTS) Les systèmes informatiques distribués multimédias présentent une composante critique qui est le temps. Les techniques de description formelles de tels systèmes vont permettre la mise en oeuvre d'un cycle (Analyse, Corrections) sur des modèles. Ceux-ci doivent permettre d'exprimer les problèmes de parallélisme et de synchronisation, et conduisent à mener une analyse qualitative, mais également une analyse quantitative. Les modèles RdPTS associent des conditions logiques aux places, des événements aux transitions. Un intervalle de temps, ainsi qu'une densité de probabilité peuvent être associés à chaque transition. Une fois le modèle construit pour un type de protocole donné, une analyse peut être menée. A partir des intervalles de temps fixés pour les transitions, et définissant donc l'intervalle pendant lequel cette transition est tirable, et à partir des densités de probabilité

donnant la probabilité de tir d'une transition, on peut obtenir des graphes d'état probabilisés. Une analyse qualitative va permettre de montrer la logique des mécanismes modélisés, et une analyse quantitative va permettre de mesurer les performances du système modélisé en régime normal et dans des régimes d'exception. Ce modèle RdPTS a été utilisé en particulier pour effectuer une étude du protocole DQDB.

5 Mise en oeuvre d'une application de téléformation à distance [10,11]

La téléformation peut être définie comme une formation se décomposant en 2 étapes: une part de travail personnel pour l'apprenant, et une part de travail en coopération plus ou moins forte avec un enseignant. Cette seconde part de travail avec l'enseignant peut se dérouler par courrier, typiquement ce sont les cours par correspondance. Il s'agit là de téléformation asynchrone: il y aura un temps d'attente non négligeable parfois entre le moment où une question est posée à l'enseignant, et le moment où celui-ci fait parvenir sa réponse à l'apprenant. Nous pouvons en étendant ce modèle définir une téléformation synchrone dans laquelle, bien que l'enseignant et les apprenants ne soient pas géographiquement en un même lieu, il peut y avoir échanges directs, à la manière d'un dialogue entre les différents intervenants. Le support privilégié de ce type de téléformation est alors le réseau de communication. Notre objectif est de proposer, dans un environnement distribué, des outils permettant de recréer les interactions qui existent entre un enseignant et ses élèves dans une salle de cours. Deux types d'enseignement sont considérés:

- le cours: l'enseignant diffuse à l'ensemble des apprenants des informations, des connaissances, qui peuvent faire l'objet de questions de la part des apprenants
- le TD ou TP: les apprenants ont une part active dans ce type d'enseignement. L'enseignant, quant à lui, a un rôle passif d'observation du travail de chacun, et sur requête d'un apprenant, un rôle plus ou moins actif en répondant à une question. Dans le cas du TD/TP, l'enseignant doit également voir ce qui se passe sur l'écran de ses élèves. Les outils présentés ont pour objet de définir les fonctionnalités nécessaires à une bonne mise en oeuvre d'une téléformation multimédia distribuée, et d'assurer une bonne coopération entre les participants. Les modèles développés dans les paragraphes précédents pour la synchronisation et la coopération de groupe ont été utilisés pour mettre au point deux outils génériques:
 - une visioconférence synchronisée permettant à des interlocuteurs de dialoguer par le geste et la parole,
 - un tableau de dialogue servant de tableau blanc et permettant le partage d'applications multimédias, pour apporter une aide en montrant ou en commandant une application à distance. Toutes deux ont été développées pour 2 participants (1 professeur et 1 élève), les extensions à N étant actuellement en cours de mise au point. Elles fonctionnent sur stations Sun Sparc 10 sous Solaris 2.x, équipées de carte d'incrustation vidéo Parallax. Elles ont été développées au dessus d' UDP, sur réseau local Ethernet puis FDDI. Le passage à ATM est en cours. Un tel système (visioconférence, tableau de dialogue cours EAO) doit permettre la mise en oeuvre d'une salle de cours virtuelle.

Conclusion

Le but du projet CESAME présenté succinctement dans ce papier, est de développer le processus de conception à partir de modèles formels, afin d'appréhender les problèmes, les difficultés de tous ordres, estimer les gains possibles avant de passer à une phase d'implémentation. Des propositions ont été faites. Elles concernent:

- de nouveaux protocoles adaptés aux types d'informations à transmettre, et aux applications,
- des modèles assurant la synchronisation des informations à transmettre,
- des algorithmes pour la conduite du travail en groupe,
- des modèles pour l'évaluation de protocoles.

Dans un premier temps, des tests ont été effectués dans le domaine de la téléformation en utilisant les modèles de synchronisation et de conduite du travail en groupe. Des outils génériques (visioconférence et tableau de dialogue) ont été développés, pour le domaine de la téléformation, mais ils sont également utilisables dans tous les domaines nécessitant la réunion en un même lieu physique ou virtuel de différents intervenants. Il nous reste cependant des travaux à mener, en particulier, l'évaluation réelle des outils cités sur IP/ATM en point à point dans un premier temps, puis la généralisation de ces outils dans un cas d'utilisation à N participants. Des tests seront également à mener sur la plate-forme ATM toulousaine CICT, IRIT, LAAS.

Bibliographie

- [1]: <http://www.pegasus.esprit.ec.org/>
- [2]: <http://nii.nist.gov/whatnii.html>
- [3]: The Cesame project: formal design of high speed multimedia cooperative systems
M. Diaz, G. Pays
Annales des Télécommunications - Mai/Juin 1994
- [4]: Toward a formal specification of multimedia synchronization
P. Sénac, M. Diaz, P de Saqui-Sannes
Annals of Telecommunications May/June 1994
- [5]: Principes d'implantation d'une connexion multimédia d'ordre partiel
C. Chassot, M. Diaz. A. Lozes
CFIP'95
- [6]: Partial order transport service to support multimedia connections
P.D. Amer, C. Chassot, T. Connolly, M. Diaz, P. Conrad
IEEE/ACM Transactions on Networking Vol2 No 5 Oct 94
- [7]: Membership services and protocols for cooperative frameworks of processes
M. Diaz, T. Villemur
Computer Communications - Sept 93 Vol 16 No 9

- [8]: Conception de services et de protocoles pour la gestion de groupes coopératifs
T. Villemur
Thèse de doctorat de l'UPS - Janvier 1995

- [9]: On the stochastic timed Petri nets model and its application to the DQDB protocol
G. Juanole, Y. Atamna, R.L.R. Carmo
Annals of Telecommunications May/June 1994

- [10]: Multimedia teleteaching: introduction of synchronization and cooperation mechanisms in distance learning
P. Owezarski, V. Baudin, M. Diaz, J.F. Schmidt
Proceedings of ED'MEDIA 95

- [11]: Modélisation et implémentation de mécanismes de synchronisation multimédia dans une application de visioconférence
P. Owezarski, M. Diaz, P. Sénac
CFIP' 95