

Adaptability and cooperation on WWW : between quality of service and quality of instruction

Abstract:

Inforced by Java, the Web permits the use of an hpermedia interactif document composed by an author and placed on a server. If the compatibility and the quality of service are ensured we can speaak about real instructional ubicuity.. But if it is not the case, the instructional application must contribute to the system's effort of adaptation. This requirement complicates the task of the instructional designer (the author of Web-coursware) and opens a new area of research. The application should accomodate to the station of the client, observe the fluctuations of the Quality of Service in presentational and instructional terms , facilitate the negociation between the users, the station and the net, and eventually change the structure of presentation to make possible a new equilibrium point. Authoring such metamorphical instructional multimedia is not easy. In the case of the cooperatif learning, the instructor can facilitate the adaptation. This is a strong argument for hybride (synchronous and asynchronous) instructional systems. To test this presumption and analyse more deeply the adapation mecansims, an implementation of a versatile coursware based on distributed simulation is in work . It will provide two instructional modalities :1. collaborative learning between consellor and apprentice working on an hyper-document 2. Individual learning on the same document, using sditionnaly adaptive futures to compensate the absence of the instructor.

1. Introduction

Le WWW intègre la structure complexe d'Internet avec la structure complexe du document hypermédia. Le résultat de la fusion (qu'on pourrait appeler "l'Hypernet") bénéficie des points forts et faibles de deux parties. Le côté "Net" élimine les distances, tire plein profit de l'architecture client-serveur et de l'immense ressource constituée par les ordinateurs reliés qui travaillent parallèlement. D'autre part l'hypermédia fusionne la flexibilité de "lecture" de l'hypertext (permettant une navigation facile dans l'espace d'informations distribuées) avec la force de suggestion du multimédia.

L'espace Web se développe vigoureusement obligeant les applications en éducation de suivre ce rythme infernal. L'idée même "d'instruction distribuée" est une révolution pour la technologie de l'éducation. Le revers de cet empressement est qu'il empêche la constitution d'une théorie mieux structurée de l'instruction sur le Web. Une telle théorie serait pourtant utile pour orienter les efforts des auteurs du coursware et ceux qui cherchent un compromis technique raisonnable entre l'utilité et le prix d'utilisation du réseau. Il faudrait un cadre mieux structuré pour traduire ce "raisonnable" à partir de l'expertise en instruction et participer à l'effort général d'optimisation.

Car ils existent des difficultés, des limites et des prix pour les facilités du HyperNet. Le Net "participe" avec l'hétérogénéité des stations en relation, avec les caprices de ses protocoles avec l'instabilité de la qualité de service, avec des problèmes de sécurité et de fiabilité, avec son développement anarchique, avec le jeu des techniques parfois incompatibles. Le Hypermédia apporte à son tour des exigences souvent en contradiction avec ceux du réseau: beaucoup de mémoire et un grand débit de données, synchronisation "inter-stream" et "intra-stream" rigoureuse. Si on envisage des "lectures interactives" à distance, cela oblige à une communication en temps réel. Il est important de saisir que le système technique doit payer un prix pour assurer un service de plus en plus complexe. Le technologue d'éducation peut réduire cette charge par une conception soignée.

2 La compatibilité limitée

En lisant un document HTML -riche en média - avec un outil comme lynx, on saisit une différence assez grande pour mettre en cause la valeur didactique du produit. Que dirait l'auteur sur la transformation de son produit? Que fera-t-il s'il la prévoit? Peut-être refera-t-il la conception de manière à la rendre moins dépendante de l'environnement de lecture? Ou à permettre une face "lynx" de son application? Ou peut-être, il déconseillera l'utilisation dans des telles circonstances? Ce sont autant des nouvelles questions que l'ubiquité apporte!

Quand l'application hypermédia roule sur une autre machine des variations peuvent apparaître. Premièrement, toutes les parties du programme doivent pouvoir rouler (probabilité informatique). Mais même si ces problèmes sont dépassés (voir la solution promise par Java) il est impossible de retrouver la conformation précise d'une "page multimédia" sur deux interfaces différentes. (voir aussi les développements en "multimedia shared windows" [Wolf K '1995] et [Rixenger D '95]). Imaginons le cas d'une page grande et pleine de détails, obligée à se "contracter" sur un écran deux fois plus petit... Il est évident que l'aspect changera. On pourrait réduire les figures, proportionnellement. Mais il est possible que les détails deviennent illisibles. On peut aussi laisser des parties "moins importantes" (?) en dehors de l'image, renoncer à des pistes "non-essentielles" (?), remplacer des médias avec des autres "équivalents" (?) mais plus "denses", diviser la page et

prévoir un passage entre les deux parties. Mais il est évident que des tels procédés changent la forme de présentation.

Il est très difficile de distinguer entre forme et fond dans un message multimédia. Pour certaines applications l'appel aux médias a des raisons d'attractivité ; on peut "dégrader" ou remplacer, en cas de force majeure, à cause de la redondance et du laxisme. Des procédures de négociation et remplacement comme celle décrites en [Vogel A '95] et [Gecsei J '96] peuvent convenir dans le contexte du "Multimedia News on Demand", mais sont plus problématiques dans le cas du multimédia pédagogique. Pensons seulement à l'avantage des feuilles de grand format pour étaler une démonstration mathématique ou à l'importance de la dimension du moniteur pour le CAL. Les changements de la palette des couleurs du moniteur ou du rythme des actions peuvent perturber l'utilisation d'une application instructive. Parler de "transparence" au niveau de l'interface ce serait d'éluder la raison d'être du multimédia en éducation. Ici la mise en page et le scénario ont une richesse pédagogique, donc une valeur informationnelle.

Une autre complication vient du fait que pour estimer l'effet des "dégradations du service" l'auteur du document a une expertise qui manque à l'utilisateur ! Dans le cas de la communication indirecte, son absence devrait être compensé par l'ajout (dans le document) d'un certain mandat de sa part pour l'éventualité des dégradations. Comment cette "information pour l'adaptation" doit être conçue ?

3 La qualité du service limité et variable

Le passage aux flux de données multimédia et aux applications interactives en temps réel, mettent le réseau Internet en difficulté. Il est constitué d'une anarchique connexion entre une multitude de réseaux (WAN et LAN) dont la concaténation supporte mieux les transmissions des données "sans connexion". Les protocoles de transport comme TCP (sur lequel se base le HTTP de WWW) mettent l'accent sur la correction d'erreurs et ne conviennent pas aux flux de données multimédia. La transmission fiable et bon-marchée du multimédia interactif en temps réel est un problème. Il y a des retards (delay) qui gênent l'interactivité en temps réel, des fluctuations de ce retard (jitter) et des strangulations du débit qui nuisent à la synchronisation des pistes multimédia [Ferrari D '1990]. Il y a des pertes, des encombrements, des pannes. Il y a des prix à payer pour s'assurer une "qualité de service" (Qos) minimale. Et même après cette négociation des surprises peuvent se produire.

On cherche des solutions sur plusieurs fronts :

- a. L'amélioration de la couche physique du réseau, facilite la tâche des autres couches. Des bons résultats ont été déjà obtenus au niveau des réseaux locaux. [Dupuy S '1992 etc] Mais les sous-réseaux de plus en plus performants devront cohabiter avec des parties plus faibles, qui affecteront la performance globale.
- b. La mise au point des protocoles de réseau et transport plus puissants. [Knightly E '95 etc] Des résultats intéressants pour la manipulation du multimédia sont obtenus ainsi.: MBone, nv, ivs, vic [McCanne S' 95, etc] Il reste à les ajouter au TCP que le WWW exploite actuellement. (voir [Chen Z' 95], [Fry M '96] et autres)
- c. Le mécanisme de réservation donne des résultats intéressants [Szyperki C'94 etc], mais les complications et les prix qu'il engendre sont encore trop importants.
- d. Conscients qu'un compromis est obligatoire les chercheurs ont mis au point des principes et des mécanismes pour la négociation de la qualité du service entre une application et le réseau. [Vogel A '95, etc] Chaque paramètre critique est négocié au début de la liaison et maintenu à un niveau acceptable ; si une déstabilisation importante met en péril l'entente initiale, une renégociation a lieu.. Mais même ce

mécanisme (d'ailleurs pas facile à implémenter) s'avère insuffisant pour des caprices plus importants du réseau. Le cas des wireless networks est critique. [Katz R '94, etc]

4 Le besoin de participation de l'application à l'effort d'adaptation

On n'arrive pas à corriger au niveau du réseau les effets introduits par diverses imperfections et à offrir une parfaite transparence aux applications. Mais nous pouvons faire appel aux applications pour participer à l'effort d'adaptation du système de télécommunication. C'est à dire, on peut demander à l'application de s'adapter elle-même à certaines fluctuations du QoS que le réseau ne peut plus résoudre.

Ajoutons comme argument le fait que l'application est déjà obligée à s'adapter aux particularités des plateformes (voir par. 2). Si l'application est déjà conçue de manière à pouvoir remplacer un média par un autre, à cause des incompatibilités au niveau des interfaces (ou des préférences de l'utilisateur), il devient possible de réclamer le même remplacement à cause de la détérioration de la communication.

On trouve en [JGecsei'95] une argumentation pour les applications adaptives face à un QoS instable. Les raisons de cette nouvelle approche sont expliquées et des exemples de solutions dans cet esprit sont données. En observant la globalité du système pour lequel on cherche des mécanismes d'adaptation aux perturbations, l'article signale comme cadre adéquat pour traiter le problème celui de la théorie des systèmes adaptifs (de contrôle, cybernétiques).

Le présent article explore les conséquences de cette perspective sur la manière de concevoir les applications d'instruction multimédia adaptables sur le Web. Le schéma de principe présentée en [Gecsei J '95 -figure 2] est détaillé sur la figure suivante qui servira de repère pour tout l'article :

[lieu pour la figure 1]

La figure représente une prolongation du modèle de la communication à 7 couches [Tanenbaum A '92] avec deux "couches" supplémentaires : de l'interface physique et de l'utilisateur. En plus, elle ajoute à la structure de négociation la partie "émetteur" du système de transmission, pour tenir compte de la participation de celui-ci dans l'adaptation, même si la communication est asynchrone (cas dans lequel l'auteur du message est représenté par un mandat).

5 L'adaptation du système instructif . Quality of Service, Quality of Instruction, Quality of Perception

Deux stations sont liées par un réseau de communication. Si les deux utilisateurs travaillent sur des applications isolées chacun communique avec son système par une interface d'entrée- sortie (écran, clavier etc) contrôlée par l'application active à l'aide des drivers d'interface. Les modifications dans la mémoire de travail (par exemple les "pages mémoire vive" du document") peuvent être enregistrés de manière permanente ("les pages en dépôt" qui forment des fichiers sur le Hard Disk). Si une communication s'établit entre les postes, des flux de données provenant des drivers d'interface, du RAM ou du HardDisk local peuvent être dirigés vers l'autre station, en descendant les couches de l'émetteur, en parcourant un certain chemin dans le réseau, pour remonter au niveau du récepteur jusqu'à la couche appropriée et être dirigés vers l'interface, le Ram ou le Hdisk du récepteur.

Divers raisons peuvent affecter la fidélité (la qualité de la transmission, des différences entre les interfaces, etc). Avec des effets à plusieurs niveaux sur lesquelles la négociation pourrait se distribuer .[Hafid A '95] Il y a plusieurs "centres" qui peuvent saisir et signaler les différences ou qui peuvent opérer de modifications.

a Les utilisateurs

Quand les deux partenaires sont présents, ils peuvent se transmettre des informations (pages HTML ,ou actions sur des pages- interactives) et vérifier la transmission Pour assurer la fidélité de cette correspondance ils peuvent entrer en dialogue, ils disposent de certains leviers de réglage. Chacun voit (entend) seulement son interface , ce qui empêche la comparaison avec le signal que l'autre voudrait transmettre. Même pour les "fenêtres multimédia partagés" on ne peut pas voir l'interface réelle de l'autre. Quand la relation entre les deux fenêtres est plus compliquée qu'une simple reproduction [Dewan P '91]. ou le "floor control" de la coopération permet des actions parallèles [Smith B '92] le problème de la "visibilité" de l'autre se complique encore plus.

Les utilisateurs observent les interfaces en termes spécifiques à la perception humaine (images, sons). On peut parler de la fidélité psychologique ou de la QoP (qualité de perception).

Dans le cas des images "naturels" (photos, films, texte parlé ou écrit) l'expérience aide à dépister une réception impropre. Mais pour les images artificielles arbitraires (graphisme, sons) le mécanisme "naturel" ne fonctionne plus. Le récepteur peut ne pas deviner que l'image ne coïncide pas à l'originel !

Pour "calibrer" la transmission, on peut envoyer une image spéciale (mire de contrôle). Ou , utiliser les messages d'alarme provenant des couches inférieures .

Une fois les utilisateurs mises en garde, il ont une certaine plage de manoeuvre. Ils peuvent interrompre la communication, opérer des corrections (dialoguer avec des couches inférieures à l'aide des "réglages" accessibles) ou entrer en négociation avec le partenaire.

b L'application

À un étage plus bas c'est l'application active qui peut avoir de fonction de dépistage, alarme ou correction. Bien entendu, cette fois l'erreur "perceptible" est exprimable dans des autres termes . La fidélité- en termes d'application- devrait se baser sur une définition opérationnelle de la QoI (qualité de l'instruction). Comment l'application pédagogique définit et mesure ce paramètre de manière à pouvoir saisir , signaler et corriger sa perturbation ? Un signal- test "visible" par l'application peut être plus efficace que la "mire de contrôle" destinée à l'analyse subjective de l'utilisateur ? Ou que le contrôle basé sur la mesure de paramètres physiques (QoS? Quel est le rapport statique (matrice de transformation) entre le QoI, le QoP observé réellement par les utilisateurs et le QoS mesuré aux étages inférieurs ? Quel est le rapport dynamique (lesquels des trois doivent saisir la perturbation, lesquels doivent la signaler aux autres, et lesquels doivent la corriger? Ce sont des questions clés pour la gestion distribuée de l'adaptation.

La collaboration entre les centres d'adaptation du client et du serveur peut être organisée de multiples façons. Peut -être les centres du coté serveur resteront inactifs, laissant à la "partie client" la tâche du réglage. L'apparition d'une perturbation au niveau de la transmission serait corrigée "en aval" de la cause, Pourtant, il n'est pas exclu que la persistance de la perturbation demande des décisions plus difficiles et justifie l'envoi d'un appel du client vers l'auteur du message, qui est le mieux placé pour décider comment réagir . Dans ce cas,

l'application serveur pourrait simuler pour l'auteur l'effet sur le QoP du client (à l'aide des informations sur le QoI- client qui lui sont parvenues).

6 La leçon adaptable sur le Web

Supposons maintenant le cas d'une page Web multimédia interactive (lue avec HotJava par exemple). L'auteur de la page (l'instructeur) ne participe pas à la transmission de sa composition. Il l'a créée et il l'a déposée dans la mémoire du serveur. Ultérieurement "l'élève" ouvre la lecture à distance. Chaque "chunk" (page, image etc) est extrait de la mémoire du serveur et transmise au client, plus ou moins déformé. L'application client veille à sa présentation.

Conscient des risques de malformation du message éducatif, l'auteur peut englober en mémoire un mandat M pour la négociation de l'adaptation, plus ou moins détaillé. Le mécanisme de négociation entre les centres responsable de l'adaptation: QoP (utilisateur) , QoI (application- client) et QoS (système) doivent tenir compte de se mandat Mais comment celui-ci doit être conçu pour s'intégrer dans le mécanisme adaptatif? Est-ce que l'auteur doit être au courant avec l'architecture du système d'adaptation ? Si non (ce que semble normal) , comment assurer cette transparence pour la conception du mandat ?

Pour trouver des solutions, les spécialistes en multimédia pédagogique doivent collaborer avec des autres experts . La hybridité du système dont on veut garantir l'adaptation réclame des efforts interdisciplinaires. Une sérieuse connaissance des systèmes adaptatifs est nécessaire pour diriger le design d'un feed-back très complexe. La téléinformatique s'occupe du contrôle du QoS dans les couches 1-7.. Les études en user- computer interaction traitent l'ergonomie de l'adaptation [Benyon D ' 95], le feed-back aux niveaux de l'interface homme -machine[Croy M'94] Enfin, l'expérience du multimédia interactif est aussi une bonne source de suggestions. La recherche sur la distribution de l'effort d'adaptation entre l'auteur , l'ordinateur (mandaté par l'auteur) et l'utilisateur (en l'absence de l'auteur) est centrale pour les environnements multimédia interactifs. [MHannafin, 1992] Les corrections peuvent être opérés par l'utilisateur (application adaptable) ou par l'ordinateur (application adaptive). Le dernier mécanisme réclame une certaine "observation" de l'élève par la machine et un "jugement" en fonction de cette observation et du mandat de l'expert, concentre dans une base de règles et un moteur d'inférence . Mais. la "généricité" de la réaction concentrée dans un seul noeud du système ouvert et complexe est problématique [Clancey W'92]

Une manière de laquelle le mandat de l'auteur pourrait intervenir est de "moyen de signalisation" : l'application ne change pas , mais aides les autres à s'adapter. Elle saisit les variations du QoI , les signaux de la part du système et de l'utilisateur et aide les autres parties à agir pour assurer le QoI que l'instructeur exige, en leur fournissant des indications. L'application est donc "adaptante" et non pas "adaptable".

L'autre alternative, c'est que le mandat contienne des indications pour des modifications au niveau de l'application, qu'elle introduit dans le dialogue adaptatif et des leviers pour permettre ces changements (adaptabilité) ou même pour les opérer (adaptativité).

7 L'application métamorphique et "faisceau discursif"

Mais pour pouvoir modifier la présentation (replacer, redimensionner, supprimer ou remplacer certains médias) il faut prévoir des solutions de réserve. Cela réclame une "composition stratifiée" du document- leçon à plusieurs "couches de lecture" (pas dans le sens de l'hypertexte mais à l'intérieur du même segment d'information)

L'adaptabilité demande le polymorphisme. Les couches alternatives d'un seul tronçon (quasi- équivalentes de point de vue sémantique) forment un tout que j'appellerai "faisceau discursif multimodal". Il est une sorte de quasi-classe d'équivalence (car selon certains critères les éléments- alternatives sont remplaçables) mais suppose une hiérarchie interne selon des autres critères : l'adaptabilité pour un certain QoS, le QoP, le QoI, la modalité d'expression, etc)

. Un tel "discours polymorphique", offre de la flexibilité, mais pose des sérieux problèmes de cohérence d'utilisation et d'économie de conception . Un facteur qui pourrait encourager cet effort est la similitude (et éventuellement la superposition) du polymorphisme technique (adaptabilité aux perturbations) avec celui motivé par le désir d'enseignement personnalisé. Ainsi , le fait de renoncer progressivement à la richesse médiatique des messages, pourrait ressembler (coïncider) à une instruction de moins en moins explicite et à une réduction du facteur d'aide de l'environnement d'apprentissage. J'expérimente actuellement cette corrélation

Dans le langage de l'électronique , le système agit comme un filtre : il coupe une partie. Mais la perte progressive que les perturbations infligent habituellement aux sons et aux images n'est pas "mappable" facilement dans une perte progressive de qualité instructive ... Il est difficile que l'application soit adaptative de manière progressive dans le sens fort (changement continu de la structure du message comme feed-back à une dégradation continue). Renoncer à un film pour des raisons techniques, c'est de rendre impossible une certaine corrélation suggestive qui ferait appel à un moment ce film.

En pratique , on devra accepter que ce que l'utilisateur reçoit diffère de ce que l'auteur conçoit Le concepteur des documents instructifs complexes (raffinés) doivent prévoir une dimension d'incertitude. C'est un art compliqué.

Ils peuvent aussi simplifier la présentation pour "insensibiliser" l'application aux variations. Etant donné que la position des parties composantes d'un panneau de médias complexe n'est pas contrôlable, que la synchronisation entre les pistes en temps réels est problématique, que l'interactivité à distance est difficile , il évitera d'utiliser des techniques correspondantes, en se consolant de perdre leur force d'expression. Il évitera d'investir dans des éléments que le filtre de la QoS pourrait perturber facilement. C'est l'art du compromis ...

9 Le cas de la participation directe de l'auteur

Les complications signalées aux points précédents montrent qu'il y a un prix à payer pour l'absence de l'auteur du message. (voir aussi la figure). Dans le cas où sa présence est possible (pour le moins pour une étape de "calibrage") les mécanismes d'adaptation peuvent être plus flexibles et plus performants [Trognon A '1993]. Quand deux partenaires humains communiquent, les deux centres synchronisés de observation, négociation et réaction donnent au système une grande capacité d'adaptation , à la fois au début (enclenchement) que du maintien. La double boucle de réaction fonctionne continuellement, assurant une rapide renégociation et rentabilisation. Les techniques de communication synchrone (CSCW, Shared Application etc -voir une synthèse en [Rodden T'92]) exploitent cette qualité en essayant même de l'enrichir par l'utilisation des ordinateurs comme interface. Des mécanismes de "floor control" sont prévus à ce but. [McKinlay A '93] Il est évident qu'ils influencent aussi le potentiel d'adaptivité du système. Mais les études sur le "computer cooperative learning" accordent peu de place aux particularités et à l'économie de la relation master- apprentice médié par l'ordinateur. Un article comme [Berlin L '92] est plutôt une exception

Ces avantages suggèrent l'intégration de la communication synchrone avec la communication asynchrone (que le Web permet actuellement) pour bâtir des systèmes d'instruction hybrides basée sur Internet. Des expériences comme celle décrites en [Kleinholtz L] ou [Karmouch A' 93] montrent les avantages de cette symbiose. L'intégration dans un système d'instruction, ayant Internet comme support (CODILESS- Collaborative Distance Learning System) décrite en [Kazuo W'95] envisage la concaténation et non pas le mélange intime de la coopération directe et de la coopération par ressources. La même vision d'intégration "par réunion" est présente dans [Paquette G'93]

Il serait plus intéressant d'intégrer les deux mécanismes d'apprentissage dans une même application, permettant le travail avec / sans partenaire. Par exemple, de partager une page WWW interactive entre un guide et un apprenant. On sait aussi que le partage d'une application, a trouvé des solutions promettants [Riexenger D' 95] Des applications de type Téléconférences sont déjà abordables sur Internet [voir Mbone comme exemple). . Dans notre cas l'application partagée devrait être un browser comme HotJava. L'utilisation d'une interface virtuelle serait utile à la fois pour le partage de la fenêtre que pour faciliter la portabilité .

Le paramètre critique est le temps de réponse. La coopération "multimédia" en temps réel réclame une architecture robuste et des protocoles bien mises au point. [ex . en Schmidt T'94] Entre les réseaux de grandes performances [Saito S' 95] est les liens TCP sur le Web (insuffisants), on peut chercher une voie de compromis. Une solution décrite en détail dans [Fry M' 96]) permet l'utilisation du lien TCP pour la sélection du contenu ("l'effet browser") est pour la négociation du Qos assuré par une deuxième voie, qui permet la transmission du média en temps réel, avec qualité dégradée progressivement. Le feed-back sur la voie synchrone pourrait supporter le dialogue nécessaire à la coopération en temps réel.

10 Objectifs

Un test sérieux sur le sur le potentiel instructionnel du Web est la conception d'une simulation distribuée, avec deux modes d'emploi: 1. collaboration entre l'instructeur et l'élève partageant un document interactif 2. travail individuel, sur le même document, enrichi avec des capacités d'adaptation supplémentaires, pour compenser l'absence de l'instructeur. Cette implémentation suggérera des réponses aux difficiles questions liées à l'adaptivité d'une application pédagogique exploitable sur le réseau. C'est l'objectif actuel de ma recherche.

Bibliographie

- Banyon, D Adaptive systems : a solution to usability problems. *User Modelling and User-Adapted Interaction* 1994, pp 65-87
- Berlin L M, Jeffries R Consultants and Apprentices: Observations about Learning and Collaborative Problem Solving *CSCW'92* , pag 150
- Chen Z & co *Real Time Video and audio in the WWW*, Fourth International World Wide Web Conference'95
- Clancey W J, Guidon-Manager Revisited : A Socio-Technical Approach, ITS'92, Montreal
- Croy M.J., Cook J.R, Green M.G, Human-supplied versus Computer-supplied feedback: An empirical and pragmatic study, *Journal of research on Computer in Education*, vol 26, n2, 1994, p185
- Diot Christophe, Adaptive Applications and QoS guarantees, *Multimedia Networking '95*, p99
- Dewan P, Choudhary R , Flexible user interface coupling in a collaborative system *CHI'91, Human Factors in Computing Systems*, p41
- Dupuy S , Tawbi W, Horrlait E, Protocols for high speed multimedia communications networks *Computer Communications*, vol 15, no6, p349, 1992
- Ferrari D, Client Requirements for Real-Time Communications Services, *IEEE Communication Magazine*, 1990, p65
- Fry M, Seneviratne A, Vogel A , Witana V , Delivering QoS Controlled Continuous Media on the WWW, Proc. of IWQoS'96 -in press (or FastWeb Project -a Summary DSTC Technical Report, #32, Brisbane, 1996)
- Hannafin M. J, Empirically-Based Guidelines for the Design of Interactive Multimedia *ETR&D*, vol 41, No3, pp 63-85
- Gecsei J, Adaptation in Distributed Multimedia Systems *submitted to*
- Hadif A., Dssouli R. A Negotiation Model for Distributed Multimedia Applications , *Multimedia Networking '95*, p142
- Karmouch A, Multimedia distributed cooperative system, *Computer Communications*, v16 n9 , p568 , 1993
- Katz H Randy, Adaptation and mobility in Wireless Information Systems, *IEEE Personal Communications* , 1994, pp 6-17
- Kazuo W, Hamalainen M, Winston A, An Internet Based Collaborative Distance Learning System, *Computers Educ.* vol 34 No3, pp 141-145, 1995
- Kleinholz L, Ohly M, Multimedia Medical Conferencing : Design and Experience in the BERMED Project. *ICMCS'94*, p255
- Knightly E & co The Tenet Real-time Protocol Suite : a Demonstration , 1994
- Mc Canne S, Vic : a Flexible Framework for Packet video, *Multimedia'95*, pag 511
- McKinlay & co Studies of turn-taking in computer-mediated communications *Interacting with computers* vol 6 no 2, p 151, 1994
- Paquette G. The Virtual Classroom Revisited : An Architecture for integrating Information Technology in Distance Education and Training , *Proceedings of Teleteaching*, 1993
- Riexinger D, Fehr C, Application Sharing Based on Bitmap Exchange, *Multimedia Networking*, 1995, p78
- Rodden T, Blair G Distributed Systems support for computer supported cooperative work, *Computer Communications*, v15, no2, p 527, 1992
- Saito S , A real-time Coordinated Interactive Multimedia Network Architecture, *Multimedia Networking* , 1995
- Schmidt T Schweitzer J Weber M, A Framework for Synchronous Tele-Cooperation , *IWACA'94*
- Smith R, What You See Is What I Think You See, *ACM-SIGCUE - Computer Supported Collaborative Learning*, v21, 1992

Szyperski C, Guaranteed quality of service for efficient multiparty communication
Computer Communications, vol 17, n10, 1994, p739

Tanenbaum A, Réseaux :Architectures, protocoles, applications, InterEdition, Paris,
1992

Trognon A, How Does the Process of Interaction Work When Two Interlocutors Try
to Resolve a Logical Problem, *Cognition and Instruction*, p 325-345, 1993

Vogel A, Kerherve G, Bochmann V, Gecsei J, Distributed Multimedia and Qos : A
survey", *IEEE Multimedia Magazine*, summer 1995, pp10-19

Wolf K. , Froitzheim K, Schulthess P Multimedia Application Sharing in a
Heterogeneous Environment *Multimedia Networking'95*