Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 77 (1986)

Heft: 7

Artikel: Floodnet, un réseau local d'ordinateurs basé sur une technique d'inondation

Autor: Petitpierre, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904187

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Floodnet, un réseau local d'ordinateurs basé sur une technique d'inondation

C. Petitpierre

Cet article présente un nouveau concept de réseau local d'ordinateurs, basé sur une technique d'inondation. Cette technique permet de créer des réseaux maillés, capables d'utiliser la plupart des milieux de transmission, des paires torsadées aux fibres optiques. Les réseaux obtenus sont performants et la redondance qu'ils contiennent leur assure une bonne fiabilité.

Es wird ein neuartiges lokales Computernetz (local area network) vorgestellt, das auf dem Überflutungsprinzip beruht. Damit können vermaschte Netze mit beliebigem Übertragungsmedium erstellt werden, seien es verdrillte Paarleiter oder Glasfaserkabel. Diese Netze sind leistungsfähig und ihre Redundanz verleiht ihnen eine hohe Zuverlässigkeit.

Cet article est un résumé de la thèse «Conception d'un réseau local d'ordinateurs basé sur le principe de l'inondation» [1] que M.C. Petitpierre a présenté à l'EPFL et pour laquelle il a obtenu le «prix Denzler 1985».

Adresse de l'auteur
C. Petitpierre, dr ès sc. techn., Laboratoire d'informatique technique, EPFL, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.

1. Introduction

Le concept d'inondation appliqué aux réseaux locaux d'ordinateurs se révèle étonnament riche en possibilités et améliorations diverses. Après avoir rappelé ce que sont les réseaux locaux d'ordinateurs et quelles techniques de base sont utilisées pour les gérer, cet article présente un nouveau développement tirant profit de ce concept.

Alors que les réseaux actuels sont basés sur des structures de bus ou d'anneaux, cette nouvelle technique permet de créer des réseaux complexes, maillés, redondants et fonctionnant sur tout milieu de transmission, des paires torsadées aux fibres optiques.

2. Réseaux locaux actuels

2.1 Techniques de base

Bien que les possibilités de réalisation des réseaux locaux soient très nombreuses, les concepts de base ne sont qu'au nombre de deux:

- Diffusion simultanée des données émises par les stations à toutes les autres par le biais d'un milieu de transmission commun et tri par les destinataires des messages qui les concernent.
- Aiguillage des données à travers une succession de commutateurs commandés par des informations incorporées à ces données.

La variété des réalisations provient des divers supports utilisés pour la transmission des données: notre espace (ondes électromagnétiques radio ou infrarouge), câble coaxial, fibres optiques ou paires torsadées.

2.2 Arbitrations réparties

Certains réseaux nécessitent un mécanisme qui attribue le support de transmission à tour de rôle aux stations qui le demandent. Le réseau étant réparti, on désire évidemment que la détermination de la station qui reçoit le droit de transmettre pour la durée d'un message ne soit pas dépendante d'un élément central. Deux mécanismes ont été proposés pour cela: le premier est basé sur un processus aléatoire alors que le deuxième est basé sur la circulation d'un message spécial, appelé jeton.

Dans la méthode aléatoire, la première station qui a un message à envoyer l'envoie. Les autres stations détectent l'occupation du support de transmission. Elles attendent la fin de toute transmission en cours avant d'émettre un nouveau message. Il peut arriver évidemment que deux stations émettent simultanément, auquel cas ces stations doivent être capables de détecter la superposition des deux signaux (collision) et d'interrompre chacune leur transmission. Après cela, pour éviter que ces stations ne répètent indéfiniment la séquence émission - collision - interruption, chaque station attend un instant dont la valeur est déterminée de manière aléatoire avant d'essayer une nouvelle émission.

Dans le cas des réseaux à jeton, on crée un message spécial, le jeton, unique dans le système. Ce message passe de station en station selon un ordre prédéfini, formant une boucle, et les stations attendent de posséder ce jeton pour émettre leur message. Il n'entre pas dans le cadre de cet article de décrire en détail comment on gère ce jeton, mais notons simplement que sa création, le contrôle qu'il ne se perde pas et qu'il reste unique et l'insertion de nouvelles stations dans la boucle peut se révéler relativement complexe.

2.3 Réseaux à diffusion

Pour construire un réseau on peut utiliser un milieu de transmission homogène, utilisé par toutes les stations, si ce milieu permet de lire et d'injecter un signal en tout point où l'on désire raccorder une station. Ceci peut être le

cas pour l'espace (ondes électromagnétiques), pour un câble coaxial ou pour une paire de fils torsadés. Dans ces systèmes, les stations recueillent en permanence les signaux portés par le milieu de transmission. Quand une station émet un message, toutes les stations le reçoivent, mais seule la station destinataire l'emmagasine. Les stations reconnaissent leurs messages, grâce à une adresse placée en tête des données. Pour éviter que plusieurs stations ne se brouillent leurs messages, une des techniques d'arbitration précédemment décrites est utilisée. Si l'on veut utiliser des fibres optiques ou inserrer des répéteurs dans un câble coaxial pour étendre la longueur, la topologie ou le nombre de connections du réseau (réseaux de télévision câbles), il faut utiliser un réseau double composé de deux éléments en arbre reliés par un répéteur central. Un des éléments du réseau récolte les signaux et les amène à ce répéteur pour qu'il les diffuse sur le deuxième élément.

Le réseau Ethernet de la firme Xerox est le principal réseau qui utilise les méthodes de diffusion et de détection de collision sur un câble coaxial.

2.4 Réseaux à aiguillages

Les réseaux à aiguillages se partagent également en diverses sous-classes:

- Réseaux réguliers de permutation des messages comme ceux qui sont placés entre les mémoires et les processeurs des systèmes multiprocesseurs.
- Nœuds binaires (ou n-aires) comme ceux qui sont esquissés sur la figure 1.

Dans ces réseaux, les messages portent dans leur entête une succession d'adresses indiquant quelle sortie ils doivent prendre dans chaque commutateur. Chaque fois qu'une adresse (qui peut se réduire à un seul bit) est utilisée, elle est enlevée des messages. Ces réseaux sont intéressants, car ils permettent de transmettre de nombreux messages en parallèle, mais les adresses sont fixées par le réseau et non par les stations.

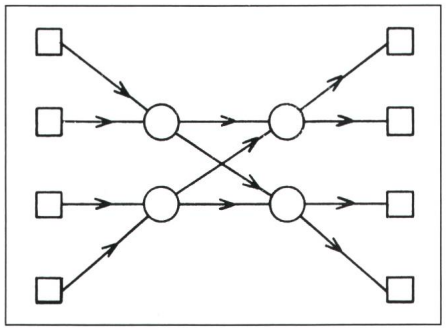

Fig. 1 Nœuds binaires

2.5 Anneaux à jeton

Les anneaux à jeton tiennent à la fois des réseaux à diffusions et des réseaux à aiguillages. L'anneau est formé par une série de portes connectées les unes aux autres par des lignes de transmission. Chaque station est connectée à une porte. Suivant les réalisations, les signaux portant les messages tournent dans l'anneau jusqu'à ce qu'ils rencontrent la station destinataire ou alors qu'ils aient effectué un tour complet. Les portes sont positionnées soit pour répéter plus loin sur l'anneau les signaux venant de la porte précédente, soit pour injecter dans l'anneau les signaux provenant de leur station. Les stations envoient un signal à leur porte lorsqu'elles ont un message à transmettre et la porte commute de façon à injecter le message dans l'anneau dès qu'il est libre. La façon immédiate de s'assurer qu'il est libre est de faire circuler un jeton et de ne faire commuter les portes que lorsqu'elles possèdent ce jeton. Evidemment, la porte qui envoie un message doit empêcher le jeton de parvenir à la porte suivante.

2.6 Réseaux à répéteurs à sens commutable

Les solutions précédentes peuvent être améliorées sur les points suivants:

- Lors de l'emploi de câbles coaxiaux, on court le risque de voir l'anneau court-circuité et de mettre tout le système en panne (réseaux à diffusion).
- Les problèmes de réflexions sur les points d'attache des stations sont difficiles à résoudre si les stations sont nombreuses (réseaux à diffusion).
- La fiabilité d'un anneau peut difficilement être garantie, puisque la panne d'un seul répéteur entraîne la panne du système complet.
- Les systèmes nécessitant un répéteur central dépendent évidemment de la fiabilité d'un élément unique.
- Pour ajouter ou retirer une portion de réseau, il faut faire appel à une personne compétente.

Un système commercialisé par la firme Datapoint sous le nom d'Arcnet apporte une première réponse à ces problèmes. Ce système comporte des

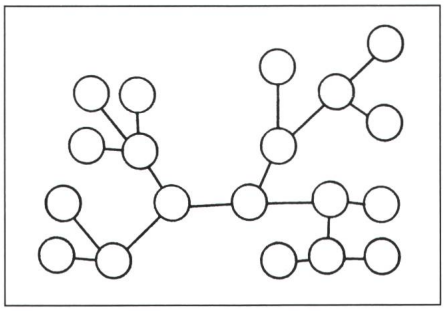

Fig. 2 Réseau en arbre

répéteurs regroupant un certain nombre de lignes. Ces répéteurs peuvent être reliés entre eux mais toutefois sans former de boucles (fig. 2). A l'état de repos, ces répéteurs ont toutes leurs connexions, ou ports, dans un état de lecture. Dès qu'ils reçoivent un signal (sous la forme d'une impulsion bipolaire représentée à la figure 3), ils répètent cette impulsion sur tous les autres ports. Le répéteur reste alors bloqué pendant une courte durée pour qu'il ne répète pas les signaux crées par les réflexions, puis il se remet en état d'attente.

Ce réseau permet la diffusion des messages à partir de n'importe quelle station, mais les émissions doivent être arbitrées au moyen d'un jeton car les collisions ne sont pas gérées correctement.

3. Floodnet

La proposition de l'auteur perfectionne de plusieurs façons la proposition précédente. Elle permet de gérer les collisions et rend possible la transmission simultanée de données entre plusieurs paires de stations. Le réseau peut prendre une forme quelconque et être maillé de façon totalement arbitraire.

Reprenant la figure 2, on se rend compte que les répéteurs peuvent être enclenchés pour la durée du message plutôt que pour chaque bit. Dans ce cas, ils peuvent fonctionner à une fréquence plus grande que celle d'Arcnet,

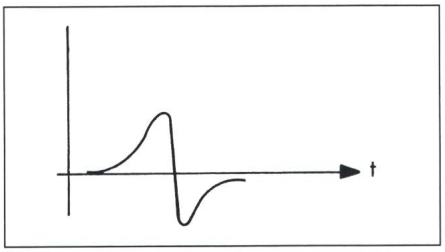

Fig. 3 Impulsion bipôlaire

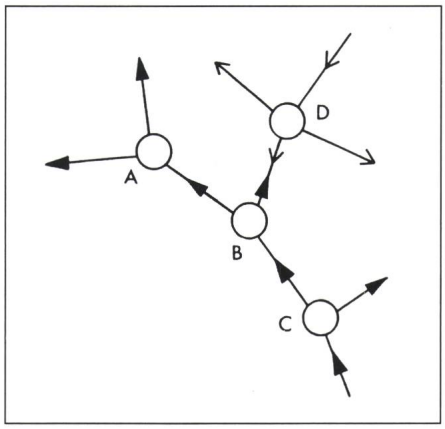

Fig. 4 Parcours des messages

puisqu'ils n'ont plus à attendre la fin d'éventuelles réflexions avant de recevoir le bit suivant. Si en plus ils sont construits de façon à ignorer tout nouveau message lorsqu'ils sont déjà en train d'en répéter un autre et qu'ils ne prennent en compte que les messages qu'ils ont pu capter depuis leur début, ils sont alors capables de gérer les collisions de façon propre, c'est-à-dire que des stations qui émettent des messages simultanément les diffusent dans des parties distinctes du réseau, et dans chacune de ces parties les stations reçoivent des messages complets et corrects. Ces messages sont reçus par leur destinataire si celui-ci se trouve dans la partie inondée par l'expéditeur.

La figure 4 décrit ce qui se passe en cas de collision. Le répéteur B a reçu le message suivant les flèches pleines en premier lieu et le message suivant les autres flèches en deuxième lieu. Ce deuxième message vient buter sur le répéteur B. Le répéteur D reçoit d'abord le message suivant les flèches fines puis, immédiatement après, celui porté par les flèches pleines. Il ignore donc le message venant du tronçon BD.

Si maintenant on ajoute des liaisons supplémentaires entre des répéteurs quelconques, le réseau continue de fonctionner normalement et les diffusions sont effectuées correctement et propagées à tous les répéteurs. Si l'on considère la liaison BC de la figure 5, on se rend compte qu'elle est en effet dans la même situation que la liaison BD de la figure 4 et que les répéteurs B et C vont bloquer les signaux venant du tronçon BC.

Dans cette nouvelle configuration, les messages peuvent suivre plusieurs chemins différents pour parvenir à destination, ce qui améliore évidemment la fiabilité du réseau. Le chemin établi entre deux stations est toujours le plus court possible au moment de l'établissement de la connexion.

Il est possible d'apporter encore une autre amélioration à ce réseau en pourvoyant les répéteurs de circuits qui provoquent leur libération s'ils ne se trouvent pas sur le chemin de la source au destinataire. De cette façon, ils peuvent être enrôlés dans une nouvelle transmission avant que la transmission précédente ne soit terminée.

Pour cette libération partielle, deux façons de procéder sont envisageables: une méthode basée sur des quittances négatives et une autre basée sur des quittances positives. L'augmentation de la complexité des répéteurs reste tout à fait raisonnable, et il est possible de les construire uniquement à partir d'éléments logiques sans recourir à quelqu'élément programmable que ce soit.

3.1 Quittances négatives

Dans cette méthode, deux fonctions nouvelles sont introduites. Premièrement, quand une station reçoit un message qui ne lui est pas adressé, elle renvoie sur la ligne un message vide. Deuxièmement, quand les répéteurs ont reçu un message (vide ou complet) sur chacune des lignes où ils sont en train d'en répéter un, ils se libèrent après avoir à leur tour envoyé un message vide sur la ligne qui leur a apporté le message initial. Dans un réseau comportant ces nouvelles fonctions, les répéteurs qui aboutissent aux stations non concernées par le message se libèrent donc et renvoient un message en direction de la source du message. Les répéteurs qui les précèdent directement réagissent de la même façon et, petit à petit, le réseau se libère, à l'exception du chemin qui mène à la station destinataire, cette dernière n'envoyant pas de message en retour. A la réception du message complet, la station destinataire envoie un message vide pour libérer le dernier chemin.

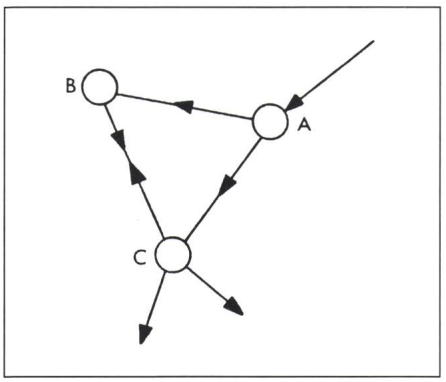

Fig. 5 Réseau maillé

3.2 Quittances positives

Cette méthode est basée sur la réaction des stations qui reconnaissent leur adresse dans le message incident. Celles-ci doivent pouvoir répondre en envoyant un message spécial, la quittance, sur la ligne qui leur apporte leur message. Quand ils ont reçu une quittance, les répéteurs doivent être capables de cesser de reproduire le message initial, sur toutes les lignes autres que celle qui a amené la quittance. Les répéteurs doivent d'autre part reproduire cette quittance sur la ligne initiale en direction de l'expéditeur. Les répéteurs situés en dehors du chemin menant de la source à la destination doivent se déclencher quand ils ne reçoivent plus de signaux de la ligne initiale. Il faut assurer que les répéteurs fassent la différence entre un message qui arrive par un chemin détourné et la réponse de la station destinataire. Ceci peut être fait par un codage différent des débuts de messages et de réponses ou en construisant les répéteurs de façon qu'ils détectent si les instants d'arrivée des messages en retour sont plus tôt ou plus tard qu'une valeur donnée. Il suffit alors que la station destinataire attende un temps supérieur au double du temps de propagation des signaux sur les lignes du réseau avant de répondre pour se faire reconnaître comme destinataire par le répéteur auquel elle est liée, les autres répéteurs ne pouvant pas différer l'envoi d'une réponse.

Cette dernière méthode n'exige une réponse que de la station destinataire, mais elle a le grave défaut de ne fournir aucun signal lorsque cette station est hors d'atteinte, ce qui est le cas chaque fois qu'elle est masquée par un autre chemin précédemment établi. Il faut donc se fier à un temporisateur pour détecter une absence de réponse.

La première méthode nécessite également un temporisateur pour libérer le réseau en cas de panne d'une station ou d'un répéteur qui les empêcheraient de renvoyer leur quittance. Toutefois, ce temporisateur n'est utilisé qu'en cas de dérangement et il n'intervient pas dans le fonctionnement normal du réseau.

3.3 Caractéristiques de Floodnet

Le réseau présenté dans le paragraphe précédent, nommé Floodnet parce que son mode de fonctionnement s'apparente à une technique d'in-

ondation, est intéressant par les caractéristiques suivantes:

- Les liaisons point-à-point dont il se contente permettent l'emploi de divers supports de transmission, tels que paires torsadées, câbles coaxiaux utilisés avec ou sans modulation et fibres optiques.
- La topologie du réseau est quelconque et peut être modifiée de façon totalement arbitraire.
- Les court-circuits n'affectent que la liaison où ils ont lieu, les messages trouvant automatiquement un chemin qui évite les nœuds et les liaisons défectueuses.
- Le réseau s'accommode aussi bien d'un protocole à jeton que d'un protocole arbitrant les collisions.
- Bien que les performances dépendent des dimensions du réseau, son bon fonctionnement en est indépendant.
- Son fonctionnement se prête bien à l'élaboration de passerelles.
- Le fait de permettre des transmissions simultanées conduit à un débit potentiel élevé.

3.4 Compatibilité avec les réseaux existants

Avec la pléthore de réseaux locaux déjà sur le marché, la question se pose de savoir s'il est utile d'en ajouter de nouveaux. Pour qu'on puisse répondre affirmativement, il faut que le nouveau réseau ait non seulement des qualités intéressantes, mais encore qu'il soit compatible avec les réalisations antérieures. Les qualités de Floodnet ayant été présentées précédemment, il reste à discuter sa compatibilité avec les autres réalisations.

Les protocoles à jetons utilisant un bus sont directement applicables au réseau Floodnet, car ils évitent toute collision et il n'y a qu'une transmission de message à la fois. Pour supporter ce protocole, il suffit d'une réalisation de Floodnet qui gère l'inondation, sans que les stations ne renvoient de quittances ni positives ni négatives.

D'autre part, il est possible de construire un réseau Floodnet dégénéré qui offre des conditions de fonctionnement compatibles avec un protocole de type Ethernet. Pour cela, il faut se contenter d'un réseau en arbre, évitant toute boucle, et construire des répéteurs simplifiés qui renvoient sur la ligne du message initial un signal chaque fois qu'ils détectent une collision (c'est-à-dire un message provenant d'une ligne où ils sont en train de propager un message), de façon à indiquer la collision à l'émetteur du message.

Enfin, les interfaces d'Ethernet peuvent être utilisés sans grandes modifications pour construire un réseau exploitant toutes les possibilités de Floodnet. A cet effet, il faut compléter l'interface Ethernet par un circuit qui renvoie un message vide sur le réseau lorsque le message qu'il reçoit n'est pas adressé à la station de l'interface. L'adresse de la station doit évidemment être communiquée à cet interface lors de son initialisation. A part ces modifications mineures, l'interface reste compatible avec le protocole Ethernet, et ainsi les efforts investis dans le développement du matériel et du logiciel d'un tel système peuvent être presque totalement récupérés dans le développement d'un réseau Floodnet.

3.5 Réalisation

Les principaux problèmes à résoudre lors de la réalisation de ce réseau local sont l'encodage des signaux sur les lignes de transmission, le transfert des signaux entre la mémoire de l'ordinateur et l'interface et l'acheminement des données à travers les répéteurs.

Le prototype d'un répéteur et d'un interface contenant un circuit DMA (Direct Memory Access) ont été construits et testés et un réseau comprenant un certain nombre de stations est en cours de construction au Laboratoire d'informatique technique de l'EPFL.

Le support de transmission choisi est un câble coaxial. Un signal est émis en permanence sur les lignes, entre les messages, pour garder la synchronisation des récepteurs. Comme l'on ne connaît pas a priori quelle entrée sera choisie, on ne peut pas synchroniser les sorties sur les entrées. Un tampon de 8 bits a donc été installé entre les entrées et les sorties pour absorber les différences de fréquences entre les diverses horloges. La précision des fréquences et la longueur des messages et celle des tampons sont liées par le fait qu'il ne faut pas que le tampon se vide complètement ou déborde pendant la durée d'un message. Les signaux se propagent simultanément dans les deux sens grâce au schéma esquissé sur la figure 6. Les bits sont encodés au moyen d'un code différentiel. La fréquence de l'horloge est de 8 MHz, ce qui implique la transmission de 4 Mbit/s ou un mot de 16 bits toutes les 4 µs, une vitesse qui charge de façon

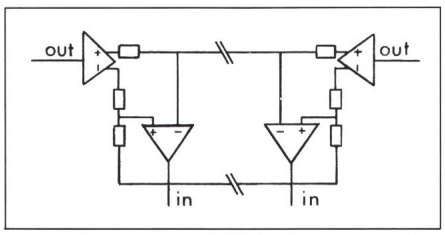

Fig. 6 Transmission bidirectionnelle

intéressante le circuit DMA tout en laissant du temps pour intercaler des cycles du processeur et éviter ainsi qu'il ne soit complètement bloqué pendant les transferts. L'horloge est reconstruite au moyen d'un circuit «phase lock loop» analogique.

Cette réalisation impliquait un certain nombre de choix. Elle a prouvé la faisabilité du concept, mais il s'est avéré que certains points devraient être améliorés. Par exemple, le fait d'utiliser des violations dans l'encodage des signaux pour marquer le début des messages (comme c'est l'usage dans les anneaux) n'est pas optimal, puisqu'il lie le support de transmission au protocole. Il serait d'autre part intéressant de comparer l'encodage choisi avec un encodage qui ne transmet pas de signaux entre les messages, de façon à éviter les signaux transitoires à l'enclenchement.

4. Conclusion

Ce projet nous a fait toucher à un très large éventail de problèmes, depuis les systèmes d'exploitation répartis jusqu'à la transmission de signaux en passant par les études des statistiques des débits d'information sur des réseaux complexes. Le concept étudié s'est révélé très souple, riche en possibilités et adaptable à tous les milieux de transmission. Il possède un bon nombre d'avantages sur les autres systèmes sans avoir d'inconvénients notables. La réalisation d'un réseau d'une taille suffisante pour montrer la valeur du concept est en cours de réalisation au Laboratoire d'informatique technique de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

Bibliographie

[1] *C. Petitpierre:* Conception d'un réseau local d'ordinateurs basé sur le principe de l'inondation. Thèse N° 551 de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1984.

[2] *W. Stallings:* Local networks. Computing Surveys 16(1984)1, p. 3...41.

[3a] Information systems. Networking. ANSI/IEEE Standards 802.2-1985, 802.3-1985 and 802.4-1985.

[3b] Information systems. Data communications. ANSI/IEEE Standard 802.5-1985.