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: 73 (1982)

Heft: 2

Artikel: Création du réseau numérique ENEL pour la transmission de données

Autor: Bisci, D. / Schiavi, A. / Venturini, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904916

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: 05.12.2025

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

wendung von APL-Software erwarten. Diese muss aber von professionellen APL-Programmierern erstellt werden und kann dann dem Systembenutzer zur Verfügung gestellt werden.

In diesem Rahmen ist in Zukunft mit einer zunehmenden Verbreitung von APL als universelle Programmiersprache zu rechnen.

Literatur

[1] APL, ein Instrument zur Erhöhung der Produktivität, IBM-Bulletin Nr. 113, April 1979.
[2] Modelle und Prototypen für Anwendungsprogramme, IBM-Bulletin Nr. 120, Juli 1980.
[3] *Iverson, K.E.:* A Programming Language, New York, 1962.
[4] *Giloi, W.K.:* Programmieren in APL, Berlin, 1977.
[5] *Giloi, W.K.:* Rechnerarchitektur, Berlin, 1981.
[6] *Nass, K.W.:* APL/1100 – eine erstaunliche Programmiersprache und ihre universellen Anwendungen, Datascope Heft 29, 1979.
[7] *Govil, C.P.:* Kaufmännische Anwendungen mit APL, Datascope Heft 35, 1980.
[8] *Kaltio, S.:* A system for time series analysis, ITS-Meeting March 26–30, 1979, Nottingham University.
[9] *Niehoff, W.H., Jones, A.L.:* An APL approach to presentation graphics, IBM Systems Journal, No. 3, 1980.
[10] *Alfonseca, M.* et al: An APL interpreter and system for a small computer, IBM Systems Journal, No. 1, 1977.
[11] *Fricke, W.:* Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprojektion mit APL, IBM-Nachrichten Nr. 248, Februar 1980.
[12] *Blaser, A., Lehmann, H.:* Abfragesprachen in Datenbanken, IBM-Nachrichten Nr. 251, Oktober 1980.
[13] *Gull, W.E., Jenkins, M.A.:* Recursive Data Structures in APL, CACM Vol 22/1, Januar 1979.
[14] *Iverson, K.E.:* Notation as a tool of thought, CACM Vol 23/8, August 1980.
[15] *Spoelstra, J.:* APL in Computer assisted instruction, a selecting mechanism, APL 80, Amsterdam, 1980.
[16] *Berry, P.:* APL/1130 Primer, White Plains, 1968.
[17] APL System, Programmer Reference, UNIVAC UP-8139.

Adresse des Autors

U. Hartmann, dipl. Math. ETH, Bernische Kraftwerke AG, 3000 Bern 25.

Création du réseau numérique ENEL pour la transmission de données

Par D. Bisci, A. Schiavi et O. Venturini

Es wird auf die grundlegenden Konzeptionskriterien hingewiesen, die bei der Schaffung des Datennetzes der Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) zur Anwendung gelangten, ferner auf die den Computeranwendern gebotenen Dienste sowie die globale Architektur des Netzes. Spezieller Nachdruck wird auf die Beurteilung der Leistungen und auf die seit der Inbetriebnahme des Netzes gewonnene Erfahrung gelegt. Schliesslich wird kurz auf die Erweiterungspläne des ENEL-Netzes eingegangen.

Cet article indique les critères de conception fondamentaux qui ont été retenus pour la création du réseau de données de l'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), les services fournis aux utilisateurs d'ordinateurs ainsi que l'architecture globale du réseau. L'évaluation des performances et l'expérience acquise depuis la mise en exploitation du réseau sont particulièrement soulignés. Enfin, le plan d'expansion future du réseau ENEL est brièvement évoqué.

1. Introduction

Du fait de l'augmentation considérable du nombre des applications de traitement à distance et de l'augmentation du nombre des installations de terminaux de données qui en est résultée ces dernières années, ENEL a reconsidéré l'ensemble de la structure de son système de transmission de données à l'échelle nationale.

Il fallait répondre à trois exigences fondamentales:

– l'accès des terminaux au centre informatique ENEL implanté à Milan, où deux systèmes principaux sont consacrés au calcul technique et scientifique,

– l'interconnexion des ordinateurs régionaux ENEL pour assurer un échange des données entre différents secteurs régionaux,

– la commutation de messages entre le siège social de ENEL implanté à Rome et les huit départements régionaux, y compris la transmission numérique en facsimile à grande vitesse.

Dès la fin de 1979, il apparut clairement que le simple système de multiplexage temporel n'était plus suffisant pour faire face à la demande croissante de liaisons de transmission de données, surtout pour ce qui concerne le premier point mentionné ci-dessus. La manque de souplesse du réseau et le coût élevé des liaisons de transmission de données, chacune étant affectée à une application spécifique, en étaient les principaux inconvénients.

C'est pourquoi la décision fut prise de construire un réseau de données intégré selon le principe d'un partage des ressources de communication entre différents utilisateurs, applications et terminaux.

Le plan de mise au point de ce réseau à l'échelle nationale visait deux objectifs principaux: premièrement, la possibilité de sélectionner le service de calcul désiré à partir du terminal utilisateur ou à partir de l'ordinateur principal demandeur en cas de communications d'ordinateur principal à ordinateur principal; deuxièmement, la réalisation de voies de communications se prêtant à un trafic intensif, de façon à optimiser le rapport coût-bénéfice de la transmission de données.

2. Critères de conception de base

Les contraintes les plus importantes dont il a fallu tenir compte dans la conception du réseau furent:

- la nécessité de desservir un large éventail de terminaux utilisateurs et d'ordinateurs principaux, d'où un large éventail de protocoles de bout en bout,
- la possibilité limitée de prévoir la demande à long terme de voies de transmission de données dans de nombreuses applications nouvelles.

  Il a donc fallu aborder les travaux d'études de façon ouverte pour s'assurer que le réseau pourrait être étendu d'une façon commode, tout en commençant par une absolue transparence à l'égard des utilisateurs, tout au moins au cours des phases initiales.

  Les spécifications du réseau de données ENEL furent donc fondées sur les principes suivants:
- une structure de base capable de prendre en charge le protocole CCITT X.25 dans les stades de son évolution future,
- la possibilité d'effectuer une simple commutation de circuits «transparente» tant en mode synchrone qu'en mode asynchrone,
- la possibilité d'effectuer un contrôle d'erreurs et une concentration statistique pour les utilisateurs en mode asynchrone.

Il convient de souligner que le temps de mise en place des services de base du réseau fut assez strict, car l'accès des terminaux aux ordinateurs principaux devait être effectif au cours du premier semestre de 1980. En conséquence, le projet fut articulé en trois phase successives.

Phase 1: Réalisation de l'ossature du réseau avec services de commutation de circuits et concentration asynchrone (1980).

Phase 2: Prolongement de la phase 1, et accroissement des services du réseau (1981–82).

Phase 3: Intégration du protocole X.25 dans le réseau, avec possibilités de fonctionnement parallèle de la commutation de circuits et de paquets (1983).

Compte tenu du schéma de la transmission de données provenant des différents éléments:

- de terminaux interactifs à des ordinateurs principaux,
- de terminaux de soumission de travaux à distance à des ordinateurs principaux,
- interconnexion des ordinateurs régionaux,
- commutation de messages à l'échelle nationale,

il fut décidé de construire le réseau autour de deux centres de commutation principaux, l'un à Milan, et l'autre à Rome, auxquels pourraient être raccordés des concentrateurs d'accès au réseau répartis dans toute l'organisation ENEL. Il en est resulté un réseau en deux secteurs; le secteur nord se compose des concentrateurs d'accès au réseau de Turin, de Milan et de Venise, qui sont gérés par le centre de commutation de Milan. Le secteur centre-sud regroupe les concentrateurs implantés à Florence, Rome, Naples, Palerme et Cagliari, qui sont gérés par le centre de commutation de Rome.

3. Structure du réseau

La figure 1 présente un tableau général du réseau numérique ENEL: il comporte trois processeurs de réseau (NP), deux à Milan et un à Rome, plus 25 concentrateurs d'accès au réseau (NAC). Les circuits interurbains qui relient les deux centres de commutation fonctionnent à 64 kbps, mais la plupart des circuits qui relient les concentrateurs d'accès au réseau aux processeurs de réseau fonctionnement à une vitesse de 9,6 kbps.

Les terminaux et les ordinateurs principaux sont reliés au réseau par des interfaces de voie standard CCITT V24 qui se trouvent dans les concentrateurs d'accès au réseau. A cet effet, des concentrateurs sont installés dans chacune des huit régions que couvre ENEL, selon la répartition des utilisateurs et l'importance du trafic.

Il est possible d'accéder aux systèmes d'ordinateurs de Milan, qui sont les principaux ordinateurs desservis par le réseau, par l'intermédiaire de deux groupes de trois concentrateurs, l'un étant affecté au système IBM et l'autre au système Honeywell. A des fins de sauvegarde, il existe également des liaisons croisées entre chaque processeur de réseau et les ordinateurs principaux, qui fonctionnent à 64 kbps. Les utilisateurs disposent d'une centaine de voies d'accès aux ordinateurs de gestion de lignes pour les services assurés en mode asynchrone, et d'une vingtaine pour le mode synchrone.

Il a fallu établir une coopération très étroite avec les PTT pour pouvoir surveiller en permanence le fonctionnement des deux liaisons et signaler d'éventuelles difficultés au personnel des PTT. Un système spécial de surveillance du taux d'erreur a d'ailleurs été mis en place à cet effet.

Les exigences contenues dans le programme visent à une amélioration permanente de la qualité des transmissions, ce qui est considéré comme un aspect vital en matière de transmissions numériques. On prévoit que le trafic de commutation des messages et de facsimile numérique utilisera ce réseau à la fin de 1981.

On peut actuellement connecter un grand nombre de terminaux utilisateurs aux ressources disponibles:

- téléimprimantes, caractère par caractère à faible vitesse, fonctionnant en mode asynchrone à 300 bps,
- terminaux d'affichage à moyenne vitesse en mode asynchrone (1200 bps),
- systèmes d'affichage interactifs en mode synchrone (essentiellement des IBM 3270) fonctionnant à 2400–9600 bps,
- des terminaux de soumission de travaux à distance en mode synchrone (4800–9600 bps).

Pour ce qui concerne les applications administratives et de gestion, tous les ordinateurs régionaux sont reliés au réseau par des circuits fonctionnant en mode synchrone à 2400 bps; ce réseau secondaire permet des échanges de données entre différents ordinateurs, à la demande.

Les concentrateurs et les processeurs de réseau sont construits à partir des systèmes de gestion et de commutation DNE/TRAN M 3200. On a pensé, en effet, que ce système répondait assez exactement aux exigences globales du réseau ENEL, en raison de ses remarquables caractéristiques de modularité, de souplesse et de possibilités d'extension.

La configuration illustrée à la figure 1 est actuellement en place et en fonctionnement, et prend en charge une centaine de terminaux asynchrones et une vingtaine de terminaux de soumission de travaux à distance. La réalisation a pris près de huit mois et a nécessité des efforts considérables dans de nombreux domaines (matériel, logiciel, circuits de transmission, essais).

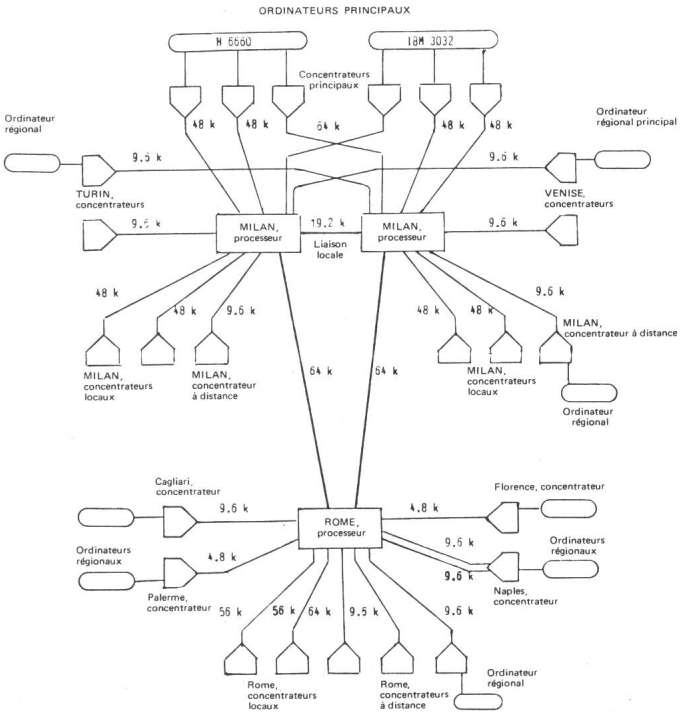

Fig. 1 Configuration du réseau de données ENEL

Pour minimiser l'impact de la nouvelle structure sur les utilisateurs de télétraitement et sur les services de calcul, l'étape actuelle a été réalisée dans le cadre d'un plan scrupuleusement suivi, que l'on peut résumer de la manière suivante:

- installation des processeurs de commutation de Milan et des concentrateurs locaux,
- mise au point et essai des protocoles d'accès au réseau,
- évaluation du mode de fonctionnement du réseau,
- installation du processeur de commutation de Rome et des concentrateurs locaux,
- essai des deux circuits interurbains de 64 kbps et intégration des deux centres de commutation,
- essai de la partie horloge et synchronisation de l'ensemble du réseau,
- installation des concentrateurs d'accès au réseau à distance,
- prise de charge du trafic et vérification du débit des nœuds de commutation.

Les deux circuits interurbains à grande vitesse qui séparent les nœuds et qui fonctionnement à 64 kbps sur des câbles PTT de groupe primaire constituent l'un des sous-systèmes les plus délicats du réseau. Etant donné que le réseau fonctionne selon un principe transparent de multiplexage temporel, il faut une horloge principale synchrone; l'un des deux processeurs de réseau de Milan fournit le signal de l'horloge principale pour tout le reste du matériel, et le processeur de commutation de Rome reçoit le cadre de synchronisation par l'intermédiaire des deux circuits interurbains à grande vitesse. De ce fait, le fonctionnement des câbles du groupe primaire a une incidence sur la fréquence d'erreur et la synchronisation du réseau.

4. Services du réseau et considérations de performance

Le réseau de données numérique ENEL est conçu pour assurer trois types de services: les circuits virtuels permanents, les circuits virtuels commutés à destination fixe et les circuits virtuels commutés.

La majorité des terminaux utilisent actuellement le service des circuits virtuels commutés, qui permet la sélection d'un certain nombre de services de traitement de données (systèmes en temps partagé, soumission de travaux à distance, etc. ...) à partir du terminal. Chaque processeur de réseau peut assurer un débit de 400 kbps de données en full-duplex.

Les phases initiales ne nécessitent aucune modification des caractéristiques des terminaux, et très peu d'adaptations du contrôleur de gestion de lignes de l'ordinateur principal. A l'exception des phases de connexion et de déconnexion, au cours de l'échange de données en régime permanent les circuits virtuels sont complètement transparents aux protocoles d'application de bout en bout.

Une des caractéristiques remarquables des processeurs de réseau est le protocole interne de nœud à nœud, qui assure la détection des erreurs dans les paquets de données et dont la trame contient des caractères multiplexés provenant de terminaux utilisateurs asynchrones. Ce type de protocole transparent réduit de façon considérable le nombre d'erreurs résiduelles entre les nœuds, garantissant aux utilisateurs en mode asynchrone des transmissions pratiquement sans erreurs même lorsque la fréquence d'erreurs sur les circuits interurbains à grande vitesse atteint les valeurs marginales, de l'ordre de 10^{-5} ou pire.

La configuration actuelle du réseau permet d'acheminer un flux de données composites en mode asynchrone à 19,2 kbps sur les deux circuits interurbains de 64 kbps.

Pour ce qui concerne les circuits virtuels synchrones, aucune détection d'erreur n'est assurée par les processeurs de réseau, puisque cette caractéristique impliquerait la mise en œuvre d'un protocole standard de type X.25, ce qui n'est prévu que pour des phases ultérieures du réseau.

Une des questions les plus importantes concernant le fonctionnement du réseau est l'évaluation de la qualité du service dont bénéficient les utilisateurs, c'est-à-dire la performance du réseau du point de vue de l'utilisateur. A cet égard, on peut définir la performance du réseau selon différents critères:

a) la probabilité de bonne connexion au circuit virtuel voulu,

b) le taux d'erreur des circuits virtuels,

c) la disponibilité du service.

L'expérience acquise au cours de la première période de fonctionnement du réseau a révélé que les premiers modèles censés représenter le schéma du trafic et pris comme base de dimensionnement du réseau se sont souvent révélés inexacts. Bien sûr, l'analyse du trafic est une tâche difficile qui ne doit pas être sous-estimée; en outre, la transmission de données dans une organisation privée comme le télétraitement ENEL ne suit pas des règles générales, mais est très compartimenté, selon différents facteurs (contraintes informatiques, compatibilité terminal-ordinateur principal, habitudes des utilisateurs, notamment).

Les efforts actuels visent donc à mieux comprendre les besoins des utilisateurs de façon à adapter la configuration du réseau et à améliorer le facteur de performance a). L'objectif est de parvenir à une probabilité de connexion supérieure à 70 % pour les terminaux asynchrones, aux heures de pointe.

Pour les terminaux synchrones et les communications d'ordinateur principal à ordinateur principal, la probabilité d'établir la connexion devrait être très proche de 100 % pour chaque catégorie spécifique d'application.

Pour ce qui concerne la disponibilité à long terme des circuits virtuels, on a retenu un objectif de disponibilité de 99,98 % chaque année.

La fréquence d'erreur dépend en grande partie du type de répartition des erreurs et de leur corrélation avec le protocole et la structure des messages de l'utilisateur. Etant donné que l'analyse de ces caractéristiques prendrait un temps considérable et devrait faire appel à des techniques de mesures très perfectionnées, un seuil de 10^{-5} a été retenu pour les circuits interurbains comme séquence d'erreur maximum admissible pour les circuits virtuels synchrones.

Enfin, il convient de souligner qu'un réseau numérique commuté apporte aux utilisateurs un système de communications totalement différent des lignes de transmission spécialisées. Il améliore la méthode d'accès aux ressources informatiques, confère aux utilisateurs une meilleure compréhension du processus général de communication, et enfin permet une meilleure spécification des nouvelles exigences.

5. Extension du réseau et tendances futures

Etant donné qu'on prévoit que l'intensité du trafic à la fin de 1981 dépassera la capacité de la configuration actuelle des processeurs de réseau, on a envisagé une extension des

installations. Pour perturber le moins possible le service actuel, cette extension se fera par l'adjonction de deux nouveaux nœuds de commutation reliés par un circuit interurbain séparé complet, sans qu'il y ait de voie commune avec l'ossature actuelle du réseau.

Les concentrateurs d'accès au réseau se prêtent à une extension selon les besoins, il suffit de leur ajouter de nouveaux modules ou sous-systèmes. Une étape importante consiste à faire passer les concentrateurs à l'étape supérieure du multiplexage statistique, ce qui permet d'assurer une détection d'erreur sur n'importe quel circuit interurbain du réseau. Cette étape est prévue pour le début de 1982, et elle contribuera à améliorer considérablement la qualité et la fiabilité des communications asynchrones.

Il est malheureusement impossible d'améliorer les transmissions de données en mode synchrone entre terminaux de soumission de travaux et ordinateurs principaux (ou les communications d'ordinateur principal à ordinateur principal) pour ce qui concerne la fréquence d'erreur, en raison des caractéristiques propres à la commutation de circuits. C'est là un inconvénient majeur si l'on considère l'importante utilisation qui est faite des procédures de soumission de travaux à distance à ENEL. En outre, on fait appel à la soumission de travaux à distance dans de nombreuses applications délicates dans lesquelles la qualité de la transmission peut gravement porter atteinte à l'obtention des résultats finals.

Pour pallier ces inconvénients et pour réaliser un protocole de réseau standard pour les transmissions synchrones, on a prévu d'adopter le protocole CCITT X.25 pour les phases ultérieures de mise au point du réseau. Il est fort probable que les avantages d'un protocole de réseau standard pourront justifier les coûts du matériel et du logiciel supplémentaires nécessaires à l'adaptation des terminaux et des ordinateurs de gestion de lignes existants.

Il ne fait aucun doute que le principe du X.25 constitue la voie la plus logique à suivre pour la mise au point d'une architecture de réseau compatible avec les normes internationales ISO et avec le futur réseau de données public.

Outre les améliorations en matière de débit, de services et de normalisation, le réseau de données numériques ENEL devrait englober les réseaux secondaires régionaux, qui représentent le niveau le plus périphérique de la structure de communication de données ENEL. Cette étape importante est prévue à partir de 1983, elle fera appel, pour l'essentiel, à la technique de commutation par paquets, là encore conformément au protocole X.25, qui sera l'interface standard entre niveaux national et régional de l'architecture finale du réseau.

Adresses des auteurs

D. Bisci, Chef de la Section de la Transmission de données, *A. Schiari*, Chef du Service Automation et Télécontrôle et *O. Venturini*, Directeur du Département des Télétransmissions, Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), Via G.B. Martini 3, I-00198 Rome.