

# SEPTIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 28 MAI au 2 JUIN 1979

---

## SYSTEME A MULTI-MICROPROCESSEURS POUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL VOCAL EN TEMPS REEL

D. DOURS R. FACCA

LABORATOIRE C.E.R.F.I.A. - Université Paul Sabatier - 118, route de Narbonne - TOULOUSE CEDEX 31077

---

### RESUME

La complexité du signal vocal implique des procédures de traitement très élaborées que seuls des ordinateurs peuvent exécuter (1). Mais la mise en oeuvre d'un système programmé sur un ordinateur séquentiel ne permet pas de rendre compte de façon explicite du parallélisme existant entre les différentes tâches d'un système. C'est pourquoi après avoir montré qu'il était possible d'implémenter un tel système dans une architecture multi-processeurs (2), nous avons conçu un système de traitement à multi-processeurs dans lequel plusieurs processus peuvent s'exécuter simultanément (5).

La conception d'un système multi-processeurs implique la détermination d'une structure matérielle permettant l'exécution des différentes tâches en parallèle, du système de communication reliant les différents processeurs et l'étude de logiciels adaptés à la structure choisie.

Nous décrivons dans cet article le système à multi-microprocesseurs conçu pour le traitement du signal en temps réel (Projet A.R.I.A)\*.

### SUMMARY

The complexity of the vocal signal implies sophisticated treatment procedures which can be performed by computers only. But the working out of a programmed system on a sequential computer does not clearly account for the parallelism existing between the different tasks of a system. That is why after having shown that it was possible to implement such a system in a multiprocessor architecture, we have conceived a multiprocessor processing system in which several processor can be executed simultaneously.

The conception of a multiprocessor system implies the determination of a material structure allowing the execution of the different tasks in parallel sequences of the system of communication linking up the different processors and the study of software systems adjusted to the chosen structure.

We shall describe here the multimicroprocessor system conceived for the treatment of the signal in real time.

\* Analyse et Reconnaissance de l'Information Acoustique  
Equipe du Laboratoire C.E.R.F.I.A. dirigée par le Professeur G. PERENNOU.



## INTRODUCTION

La conception d'un système de traitement du signal vocal est fortement influencé par les caractères très spécifiques de ce signal qui sont, sa continuité et sa grande variabilité, même pour un locuteur unique. Ces caractères influent en particulier sur la complexité des procédures de traitement. C'est ce qui explique la prépondérance croissante des méthodes numériques sur les méthodes analogiques beaucoup moins souples et moins bien adaptées. De plus, le traitement du signal vocal, que ce soit l'analyse, la reconnaissance ou la synthèse, doit s'effectuer en temps réel. La multiplicité et la complexité des procédures de traitement, ne permettent pas l'élaboration de résultats dans des temps cohérents avec l'évolution du signal, lorsque ces traitements sont effectués sur des machines de type séquentiel. C'est pourquoi nous avons défini un système de traitement à multi-processeurs dans lequel plusieurs processus peuvent s'exécuter simultanément.

La conception d'un tel système passe tout d'abord par la mise en évidence d'un découpage fonctionnel permettant de rendre compte de façon explicite du parallélisme existant entre les différentes tâches qui composent un traitement. Elle implique ensuite la détermination, d'une structure matérielle permettant l'exécution des différentes tâches en parallèle, d'un système de communication reliant les différents processeurs et l'étude de logiciels adaptés à la structure choisie.

Nous définirons tout d'abord l'architecture d'un module de traitement remplissant les fonctions précitées, nous envisagerons ensuite l'assemblage de modules de traitements pour la réalisation d'un système de traitement particulier.

### ARCHITECTURE D'UN MODULE DE TRAITEMENT

La décomposition fonctionnelle des traitements fait apparaître un ensemble de tâches élémentaires. Certaines ne possèdent entre elles aucune relation d'ordre temporel. Elles sont donc indépendantes et on peut les organiser selon une structure parallèle. D'autres dépendent de tâches précédentes par l'utilisation des résultats qui y sont obtenus. Elles sont donc dépendantes et on peut les organiser selon une structure hiérarchisée. Généralement ces deux types de structures coexistent et on dit que l'on a une organisation des tâches à structure parallèle hiérarchisée.

Dans un tel découpage, les tâches ont généralement deux fonctions distinctes. D'une part le

traitement des informations qui leur parviennent, d'autre part le transfert des résultats qui y sont obtenus vers d'autres tâches. Les transferts peuvent être dissociés des traitements et regroupés par niveaux dans une même tâche de communication.

Un module de traitement aura pour fonction l'exécution des traitements et des transferts d'information prévus dans la décomposition fonctionnelle. Dans ce module, les différentes tâches sont exécutées par des processeurs de traitements. Chaque processeur est spécialisé par programmation, dans l'exécution d'un traitement. Il ignore la présence des autres et ne communique qu'avec le système de communication par l'intermédiaire du système d'interruption et de deux mémoires, la mémoire d'entrée ME dans laquelle sont mémorisées les données à traiter, la mémoire de sortie MS où sont stockés les résultats à transmettre. Ils sont totalement désynchronisés les uns des autres, seul le dialogue autorisé par la hiérarchie établie par le système de communication, assure leur fonctionnement collectif.

La topologie d'interconnexion respecte la structure parallèle hiérarchisée de la décomposition fonctionnelle. Les processeurs dont les tâches peuvent s'exécuter en parallèle sont reliés à un processeur d'échange et constituent un niveau. Le système de communication dans un niveau est organisé autour de deux bus communs, un pour les entrées de données, l'autre pour les sorties des résultats. Une mémoire tampon permet la communication entre deux niveaux consécutifs.

Le bus d'entrée relie la mémoire tampon du niveau précédent à toutes les mémoires d'entrées des processeurs de traitement du niveau, le bus de sortie relie toutes les mémoires de sortie avec la mémoire tampon du niveau. Chaque voie d'accès d'un niveau est contrôlée par le processeur d'échange qui lui est associé.

La communication entre deux niveaux consécutifs se fait sous le contrôle du processeur de contrôle qui est le seul à connaître l'état général du système.

Un module de traitement est donc composé de trois types de processeurs ayant chacun un fonctionnement bien particulier.

Un processeur de traitement est, soit dans l'état Travail, il exécute la tâche pour laquelle il est spécialisé, soit dans l'état Attente, il vient de

SYSTEME A MULTI-MICROPROCESSEURS POUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL VOCAL EN  
TEMPS REEL D. DOURS R. FACCA

terminer la tâche et a généré une demande de transfert au processeur d'échange qui lui est associé. Il attend d'être activé.

Un processeur d'échange a pour fonctions essentielles de connaître l'état des processeurs de traitement qui lui sont connectés, l'allocation des ressources à ces différents processeurs, de dialoguer avec le processeur de contrôle.

Le processeur de contrôle a pour fonction le contrôle et l'enchaînement des tâches, le dialogue avec l'extérieur.

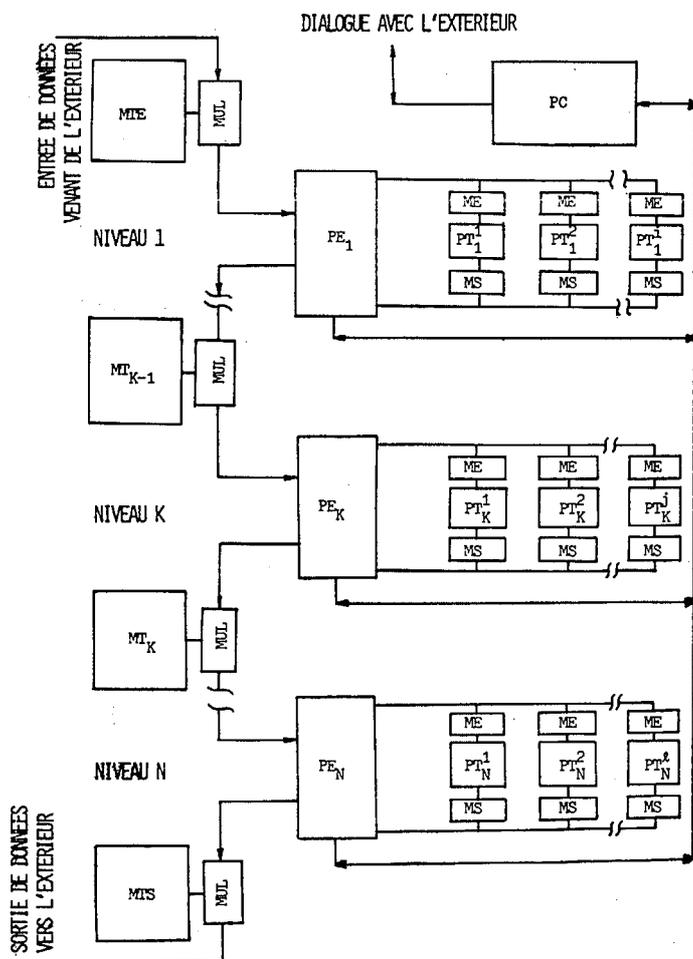
Le contrôle et l'enchaînement des tâches est réalisé de la façon suivante. Lorsqu'un processeur de traitement a terminé l'exécution de la tâche qui lui est attribuée, il génère une demande de transfert de données vers le processeur d'échange auquel il est associé et se met en attente. Celui-ci transmet la requête au processeur de contrôle qui vérifie si les conditions sont remplies pour qu'un transfert d'entrée ou de sortie ou les deux à la fois soient réalisables et renvoie un message d'acquiescement au processeur d'échange en indiquant quels sont les transferts possibles. Dès la réception de ce message, le processeur d'échange initialise les transferts d'information correspondants. Lorsque ces transferts sont terminés, le processeur d'échange en avertit le processeur de contrôle pour qu'il mette à jour son état système, puis il relance le processeur de traitements pour une nouvelle exécution de la tâche.

Le module de traitement communique avec l'extérieur d'une part pour entrer de nouvelles données à traiter, d'autre part pour sortir les résultats qu'il a obtenus. Il ne peut le faire que par l'intermédiaire des deux mémoires tampons  $MT_E$  et  $MT_S$  pour les données et par le processeur de contrôle pour les commandes. Le principe est le suivant. Lorsque toutes les tâches du premier ou du dernier niveau sont terminées ainsi que les transferts vers les mémoires tampons associées, le processeur de contrôle génère une interruption vers l'extérieur indiquant soit que des résultats sont disponibles, soit qu'il a besoin de données pour effectuer un nouveau traitement.

Nous allons envisager maintenant l'utilisation de ce type de module de traitement dans une réalisation particulière.

#### SYSTEME DE TRAITEMENT

Le système de traitement du signal vocal que nous envisageons comprend plusieurs parties, nous ne décrivons ici que la partie acoustique. La décomposition de la partie acoustique que nous présentons n'est pas unique, nous la donnons à titre d'exemple, pour mettre en évidence l'utilisation des modules de traitement et leur connexion dans un système de traitement.



MUL : multiport

PC : processeur de contrôle

$PE_K$  : processeur d'échange du niveau K

$PT_K^i$  : processeur de traitement du niveau K et de rang i

$MT_K$  : mémoire tampon du niveau K



La partie acoustique peut se décomposer en différents niveaux qui sont :

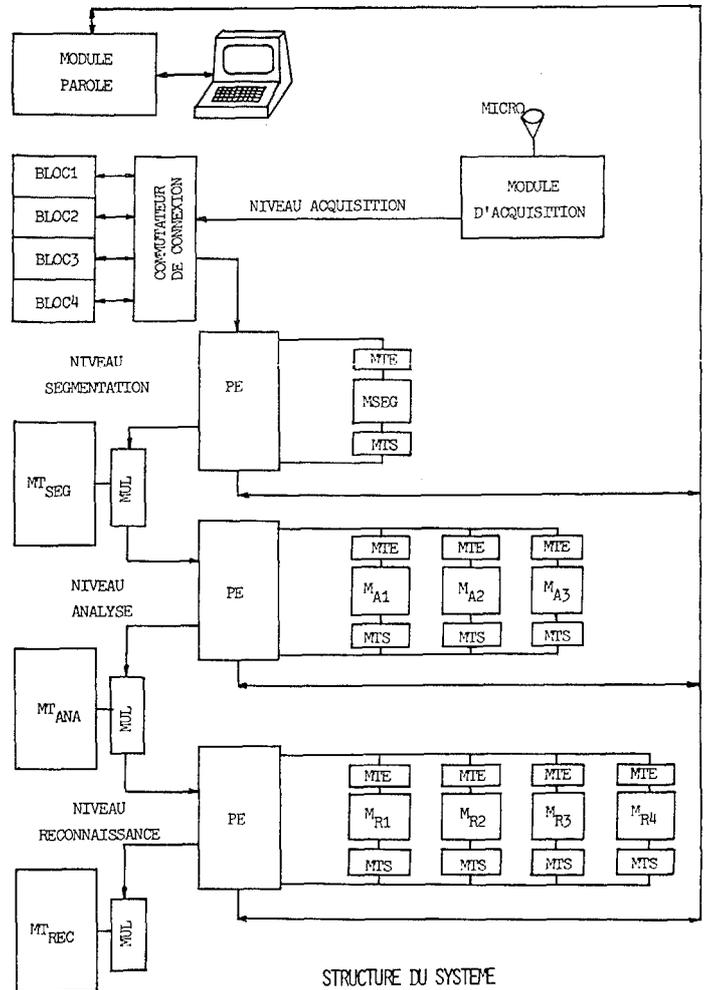
- le niveau d'acquisition du signal
- le niveau de segmentation
- le niveau d'analyse comprenant trois parties indépendantes  $A_1, A_2, A_3$
- le niveau de reconnaissance comprenant quatre parties indépendantes  $R_1, R_2, R_3, R_4$ .

A chaque niveau on associe un ou plusieurs modules de traitements. Ces modules sont organisés autour du module Parole qui les active en tenant compte de leur disponibilité et de l'ordre dans lequel les différentes tâches doivent être exécutées. Les modules de traitement échangent des informations par l'intermédiaire du système de communication.

Mis à part le module d'acquisition qui a une fonction bien particulière, échantillonner et coder le signal vocal à l'aide d'un convertisseur A/D et le mémoriser dans les blocs de la mémoire des données, tous les modules de traitements sont du même type que celui décrit précédemment.

Chacun de ces modules est conçu pour réaliser une tâche bien particulière, ils ne sont donc pas identiques. Pourtant vus de l'extérieur, c'est-à-dire au niveau du système de traitement, ils ont tous la même structure et la même fonction : traiter les données qui sont dans MTE et fournir des résultats dans MTS. Ils seront donc considérés par le système, comme des processeurs de traitement.

Le module parole a pour rôle d'une part, de gérer l'enchaînement des tâches exécutées par les différents modules de traitement et d'autre part répondre aux sollicitations extérieures, c'est-à-dire aux personnes qui désirent communiquer avec le système. Les communications entre les divers processeurs se font par l'intermédiaire du système de communication. Ce système permet le transfert des données entre les différents niveaux. Les voies d'accès relient les mémoires MTE et MTS des modules aux mémoires tampon de chaque niveau. Chaque voie d'accès est contrôlée par un processeur d'échange de niveau. Ce processeur est initialisé et contrôlé par le module parole. Le principe de fonctionnement du système de communication est strictement le même que celui décrit dans le module de traitement.



STRUCTURE DU SYSTEME

### CONCLUSION

La définition d'une architecture adaptée à la décomposition fonctionnelle des traitements permet d'améliorer la vitesse des traitements par l'augmentation du degré du parallélisme d'exécution.

En effet dans cette structure, un flot de données subit un traitement en traversant une série de niveaux chargés chacun d'effectuer une partie de ce traitement, les informations successives se remplaçant dans les niveaux. Si  $\theta$  est l'intervalle de temps nécessaire à l'exécution de la tâche la plus longue et N

le nombre de niveaux, le premier résultat sortira du module de traitement au bout d'un intervalle de temps égal à  $N \cdot \theta$ , les suivants sortiront tous les intervalles de temps égaux à  $\theta$ . La limite théorique d'un tel système ne peut être atteinte que si dans chaque intervalle de temps, les charges de travail des processeurs de traitement sont égales, ou mieux si aucun ne pouvait être en attente des résultats d'un autre. Il faut remarquer que cette structure n'offre d'intérêt que dans le cas de traitement d'un flot continu de données ce qui est le cas du signal vocal.

La solution retenue pour l'interconnexion entre les processeurs réduit la complexité du système, que ce soit la topologie, les protocoles de communication ou le contrôle et l'enchaînement des tâches. La structure répétitive à tous les niveaux présente les avantages de la modularité et de la flexibilité. On peut augmenter la puissance du système ou implanter de nouveaux algorithmes sans modification du système de communication.

formatik Fachberichte, VOL. 4, Springer - Verlag, Berlin 1976.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) D. DOURS, R. FACCA, G. PERENNOU  
 "Analyse d'un signal fortement structuré : le signal vocal "  
 5° Colloque. G.R.E.T.S.I. Nice 16-27 juin 1975.
- (2) P.Y CAZENAVE, D. DOURS, R. FACCA  
 "Implémentation de micro-processeurs pour le traitement du signal vocal en temps réel"  
 6° Colloque - G.R.E.T.S.I. - Nice 26-30- Avril 1977.
- (3) M. DUPUY & A. SCRIZZI  
 " A multi-processor system based on a multibus / multiport oriented memory communication"  
 EUROMICRO Symposium, Venice, Octobre 1976.
- (4) G. POUJOLAT  
 "THE CORAIL building block system"  
 EUROMICRO News letter, Octobre 1976.
- (5) D. DOURS, R. FACCA  
 "Présentation d'une architecture adaptée à la décomposition fonctionnelle des traitements"  
 Séminaire C.E.R.F.I.A. Février 1979.
- (6) W.HAENDLER, F. HOFMANN, H.J. SCHNEIDER  
 "A général purpose Array With a Broad Spectrum of applications"  
 Computer Architecture, Workshop of the GI, In-