(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 724 513**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **94 10907**

(51) Int Cl⁶ : H 04 L 7/033

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 13.09.94.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 15.03.96 Bulletin 96/11.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :** DIVISION DEMANDEE LE 05/10/95 BENEFICIANT DE LA DATE DE DEPOT DU 19/06/95 DE LA DEMANDE INITIALE NÊ 95 07529 (ARTICLE L.612-4) DU CODE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE

(71) **Demandeur(s) :** *LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE PHILIPS SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BALLARIN BRUNO, CHOULY ANTOINE et GIORGI SABINE.

(73) **Titulaire(s) :**

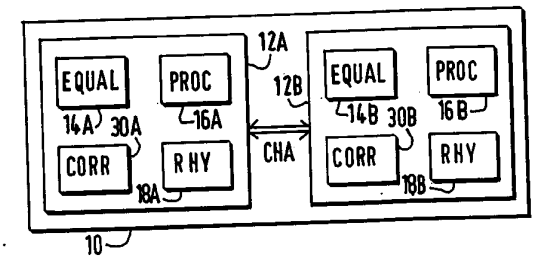
(74) **Mandataire :** SPID.

(54) SYSTEME DE TRANSMISSION NUMERIQUE SYNCHRONISABLE SUR SES SEQUENCES D'INITIALISATION.

(57) Système (10) de transmission numérique comprenant un récepteur (12B) qui se synchronise sur un émetteur (12A) en effectuant une corrélation entre une séquence de référence et une séquence d'initialisation émise par l'émetteur.

Le système comprend des moyens d'égalisation (14B) qui opèrent sur une première partie de la séquence d'initialisation et des moyens de corrélation (30B) qui opèrent sur une seconde partie de la séquence d'initialisation. Ceci permet de renforcer la corrélation effectuée sur la séquence de référence et d'effectuer la synchronisation avec une grande précision.

Application: modems téléphoniques, transmissions numériques.



FR 2 724 513 - A1

Description.

L'invention concerne un système de transmission numérique comprenant au moins un émetteur émettant un signal comportant une séquence d'initialisation et au moins un récepteur qui se synchronise sur l'émetteur à l'aide de moyens de corrélation qui effectuent une reconnaissance de la séquence d'initialisation.

C'est un problème courant de synchroniser un récepteur de signal sur un émetteur de signal placés chacun aux extrémités d'un canal de transmission. La synchronisation peut être obtenue en détectant une séquence émise à l'initialisation de la transmission.

Le document "Frame Synchronization Techniques" R.A. SCHOLTZ, IEEE Transactions on Communications Vol. COM-28, n° 8, 1980, pages 1204-1213 décrit une technique de synchronisation de trame basée sur une corrélation entre une séquence d'initialisation et une séquence de référence. Lorsque les deux séquences sont identiques, la corrélation est maximale et un signal de corrélation est émis, servant à établir la synchronisation. Mais une telle technique est vite limitée lorsque le canal de transmission génère des distorsions.

Cette situation se présente dans des systèmes de transmission numérique, par exemple en téléphonie, pour lesquels à l'une des extrémités d'un canal se trouve un émetteur/récepteur qui opère en émetteur tandis qu'à l'autre extrémité se trouve un autre émetteur/récepteur qui opère en récepteur, et inversement. Dans un tel mode de fonctionnement bidirectionnel, il est nécessaire de synchroniser les deux émetteurs/récepteurs l'un sur l'autre au cours d'une période d'initialisation. Pour effectuer cette synchronisation, on utilise des signaux de synchronisation émis par l'émetteur et identifiés par le récepteur. Pour surmonter les difficultés de synchronisation engendrées par les canaux de transmission, les signaux de synchronisation sont des séquences d'initialisation. La synchronisation du récepteur peut être obtenue en exploitant la répétition des signaux émis par l'émetteur.

Or il est nécessaire d'identifier avec précision le moment où le récepteur a reconnu la séquence d'initialisation, une mauvaise précision entraînant des défauts de synchronisation et/ou

mauvaise précision entraînant des défauts de synchronisation et/ou une complexité excessive du matériel de réception.

Le but de l'invention est donc de déterminer avec une grande précision ledit moment, même en présence de distorsions apportées par le canal ou en présence de bruit.

Ce but est atteint avec un système pour lequel, la séquence d'initialisation comprenant un préambule suivi d'une séquence de référence, les moyens de corrélation sont précédés par des moyens d'égalisation qui égalisent le signal reçu sur le préambule, les moyens de corrélation opérant la corrélation sur la séquence de référence.

Ainsi avantageusement, les moyens de corrélation peuvent opérer avec des signaux parfaitement égalisés sur le préambule de la séquence d'initialisation, ce qui permet de détecter avec une grande précision l'apparition de la séquence de référence.

Dans le cas d'un signal modulé à partir d'états d'une constellation, le préambule est formé d'une première suite d'états. Cette suite est préférentiellement répétitive pour réduire les moyens matériels et accélérer l'égalisation.

Pour accroître les performances de la corrélation, la séquence de référence comprend alors une première partie qui prolonge la suite d'états du préambule, cette première partie étant juxtaposée à une seconde partie formée d'une autre suite d'états. Ceci permet de détecter avec précision l'apparition de la transition située à la juxtaposition de la première partie et de la seconde partie de la séquence de référence et d'effectuer la synchronisation avec une grande précision même avec un faible rapport signal à bruit.

Ces différents aspects de l'invention et d'autres encore seront apparents et élucidés à partir des modes de réalisation décrits ci-après.

L'invention sera mieux comprise à l'aide des figures suivantes données à titre d'exemples non limitatifs qui représentent :

Figure 1 : une représentation d'une constellation MAQ 4.

Figure 2 : un schéma d'un système de transmission selon l'invention.

Figure 3 : un schéma d'un égaliseur selon l'invention.

Figure 4 : un schéma des moyens de corrélation selon l'invention.

Figure 5 : un graphique montrant les variations du signal de sortie des moyens de corrélation.

A titre d'exemple la description qui va suivre se rapporte à une modulation MAQ 4, représentée sur la figure 1, utilisée pour synchroniser un modem de transmission conforme aux normes de la série V définies par le Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (CCITT), normes publiées par l'Union Internationale des Télécommunications, Genève (1991). Néanmoins, l'invention peut être utilisée pour synchroniser d'autres systèmes, avec ou sans normes, utilisant d'autres séquences d'initialisation.

Considérons, à titre d'exemple, le cas où il existe un émetteur/récepteur à chaque extrémité du canal pour constituer une liaison bidirectionnelle.

La figure 2 représente un système 10 de transmission numérique, qui comprend un premier 12A émetteur/récepteur de signaux placé à une extrémité d'un canal CHA, et un second 12B émetteur/récepteur placé à l'autre extrémité. Les signaux à transmettre, par exemple pour des applications dans le domaine de la téléphonie, sont codés à l'aide de la constellation MAQ 4 représentée sur la figure 1. Il s'agit d'une constellation à quatre états : A(-6,-2) ; B(2,-6) ; C(6,2) ; D(-2,6).

Selon l'invention chaque émetteur/récepteur comprend des moyens de corrélation CORR, 30A, 30B, précédés de moyens d'égalisation EQUAL 14A, 14B qui corrigent les distorsions des signaux dues à leur transmission. Chaque émetteur/récepteur comprend également des moyens de traitement PROC 16A, 16B opérant sur les signaux égalisés et des moyens de cadencement RHY 18A, 18B qui fournissent les signaux de cadencement nécessaires au système de transmission. Les moyens d'égalisation 14A, 14B servent à la synchronisation. Les moyens de traitement disposent par ailleurs de leurs propres égaliseurs opérant sur les données contenant l'information à transmettre. Selon la norme précitée, la séquence d'initialisation est formée d'une première suite répétant des

signaux modulés par les états A et B de la constellation selon la suite ABABAB... se déroulant sur 256 périodes d'horloge-symbole de durée élémentaire T. A l'issue des 256 périodes, la première suite est remplacée par la seconde suite répétant des signaux modulés par les états C et D de la constellation selon la suite CDCDCD... se déroulant sur 16 périodes d'horloge-symbole.

La synchronisation du premier et du second émetteur/récepteur l'un sur l'autre va consister à détecter le moment d'apparition de la transition entre la suite d'états AB et la suite d'états CD et à synchroniser les moyens de cadencement.

L'égalisation selon l'invention est effectuée sur, par exemple, 200 symboles de la suite ABABAB... Ces 200 symboles constituent le préambule au sens de l'invention. A la fin de ce préambule, l'égalisation sur le préambule est arrêtée et la corrélation peut être effectuée sur les symboles AB restants et sur les symboles CD. La séquence de référence va alors comprendre les symboles placés de part et d'autre de la transition, c'est-à-dire des symboles AB et des symboles CD. Avec une suite déterministe ABABAB... l'égalisation tend à calculer des coefficients d'égalisation propres à cette suite déterministe. Elle n'est pas nécessairement adaptée aux symboles CD. Néanmoins, cette égalisation sur les symboles AB est déterminante pour renforcer le pic de corrélation qui apparaît à l'instant de la transition.

Ainsi, lorsque la séquence suivante CDCD... se présente les moyens de corrélation CORR, 30A, 30B peuvent détecter avec précision le moment d'apparition de la transition entre les états A, B et les états C, D de la séquence d'initialisation.

La figure 3 représente un exemple préférentiel de réalisation d'un égaliseur selon l'invention. Il comprend un registre à décalage formé de cellules 20_0 à 20_8, le décalage étant effectué à une cadence T/3, c'est-à-dire trois fois plus élevée que celle de l'horloge-symbole T des signaux d'entrée x(n). La sortie d'une cellule sur deux c'est-à-dire les cellules 20_0, 20_2, 20_4, 20_6, 20_8 entre dans un multiplieur 22_0 à 22_4 qui reçoit aussi un coefficient de pondération C0, C1, C2, C3, C4. Les sorties des cinq multiplieurs sont additionnées dans un sommateur Σ 25 qui délivre

le signal égalisé y(n) qui entre dans les moyens de corrélation représentés sur la figure 4.

Le signal y(n) entre en continu dans un registre à décalage 32 formé de cellules élémentaires R_0, R_1,...R_{N-1}, R_N, où N+1 est la longueur de la séquence de référence. Les sorties de chaque cellule S_0, S_1,...S_{N-1}, S_N entrent dans des moyens de multiplication 32_0, 32_1,...32_{N-1}, 32_N qui reçoivent respectivement sur une entrée une sortie S_0, S_1... ou S_N et sur une autre entrée un état conjugué de la constellation formant la séquence de référence. La répartition de la séquence de référence est faite de telle manière que le moyen de multiplication 32_0 reçoit le conjugué du dernier état de la séquence de référence, que le moyen de multiplication 32_N reçoit le conjugué du premier état de la séquence de référence et que, les moyens de multiplication intermédiaires reçoivent chacun, dans l'ordre, un conjugué des états intermédiaires de la séquence de référence. Toutes les sorties 34_0, 34_1,....,34_{N-1}, 34_N des moyens de multiplication sont cumulées dans un sommateur 35 qui délivre un signal de sortie z(n) selon l'équation :

$$z(n) = \sum_{i=0}^{i=N} y(n-i).r^*(i)$$

La séquence de référence peut par exemple être la séquence :

r* (i) = A* B* A* B* A* B* A* B* C* D* C* D* C* D* C* D*

qui comprend 16 états conjugués formés de deux groupes égaux de 8 états conjugués répartis de part et d'autre de la transition.

La séquence de référence peut être courte pour limiter les moyens matériels nécessaires à la mise en oeuvre de la corrélation.

Lorsque la succession de séquences incidentes circule dans les cellules R_0...R_N, il se produit un moment où le résultat de la multiplication de la séquence se trouvant, à cet instant, dans les cellules R_0...R_N par la séquence de référence décrite précédemment fournit un signal de sortie z(n) maximal. L'instant de la transition peut ainsi être déterminé avec une grande précision.

La figure 5 est un graphique représentant les variations du signal de sortie z(n) dans le cas d'un rapport signal à bruit de

6 décibels. Ce signal reste erratique (représentant du bruit) jusqu'au moment où la transition entre les états A B et les états C D se trouve correctement située dans les cellules $R_0 \ldots R_N$. Le signal de sortie z(n) présente alors un pic qui est utilisé par les moyens de cadencement 18 comme signal de reconnaissance REC1, REC2 pour déclencher respectivement la synchronisation des deux émetteurs/récepteurs.

On observe que le signal z(n) est une suite discrète de valeurs de corrélation. Aux environs du maximum de corrélation, les moyens de cadencement 18A, 18B vont identifier la position exacte du pic central qui correspond à la corrélation maximale. Pour cela on compare entre elles, deux à deux, des valeurs consécutives ...z(n+k-1), z(n+k), z(n+k+1)... où n est un indice courant. La valeur maximale de z permet de déterminer l'échantillon, par exemple l'échantillon (n+k) où apparaît le maximum. Connaissant la composition de la séquence d'initialisation, la position approximative k du maximum de z est connue à l'avance ce qui permet d'arrêter le déroulement de la corrélation lorsque la transition est passée avec certitude (délai td). En retardant les données à traiter de manière correspondante (délai égal à td), dans les moyens de traitement 16A, 16B, il est ainsi possible de synchroniser les moyens de cadencement et les moyens de traitement sur l'instant de la transition.

Le maximum de corrélation est particulièrement étroit ce qui permet de le situer à ± 1 échantillon, ce qui simplifie considérablement la complexité matérielle du système. Néanmoins, compte tenu du bruit, le pic central peut avoir un bruit additif plus élevé qu'un pic latéral qui, lui, peut être le vrai maximum. Pour cela, il est possible d'utiliser, dans les moyens de traitement, plusieurs égaliseurs de traitement calés respectivement sur le pic central et sur plusieurs pics latéraux. Avec une précision de ± 1 échantillon, l'invention permet de réduire de beaucoup cette multiplicité d'égaliseurs de traitement en aval.

L'invention a été décrite avec des moyens opérant la corrélation en effectuant des multiplications des séquences incidentes par une séquence de référence formée d'états conjugués à l'aide de multiplieurs. Il est néanmoins possible d'opérer

différemment les mesures de corrélation, par exemple à l'aide d'un processeur de signaux numériques programmé pour effectuer la corrélation.

REVENDICATIONS

1. Système (10) de transmission numérique comprenant au moins un émetteur (12A) émettant un signal comportant une séquence d'initialisation et au moins un récepteur (12B) qui se synchronise sur l'émetteur à l'aide de moyens de corrélation (30B) qui effectuent une reconnaissance de la séquence d'initialisation caractérisé en ce que, la séquence d'initialisation comprenant un préambule suivi d'une séquence de référence, les moyens de corrélation (30B) sont précédés par des moyens d'égalisation (14B) qui égalisent le signal reçu sur le préambule, les moyens de corrélation opérant la corrélation sur la séquence de référence.

2. Système selon la revendication 1 caractérisé en ce que le signal est modulé à partir d'états d'une constellation, le préambule étant formé d'une première suite d'états, et la séquence de référence comprenant une première partie, formée par une continuation de la première suite d'états, juxtaposée à une seconde partie formée d'une seconde suite d'états.

3. Système selon la revendication 2 caractérisé en ce que la première suite et la seconde suite sont des suites répétitives.

4. Système selon la revendication 2 ou 3 caractérisé en ce que la séquence de référence est formée d'états conjugués d'états de la séquence d'initialisation.

5. Récepteur mis en oeuvre dans un système selon une des revendications 1 à 4.

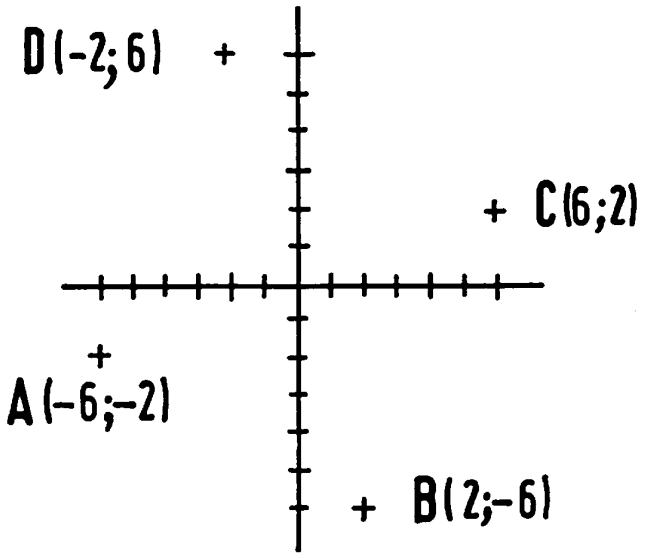


FIG.1

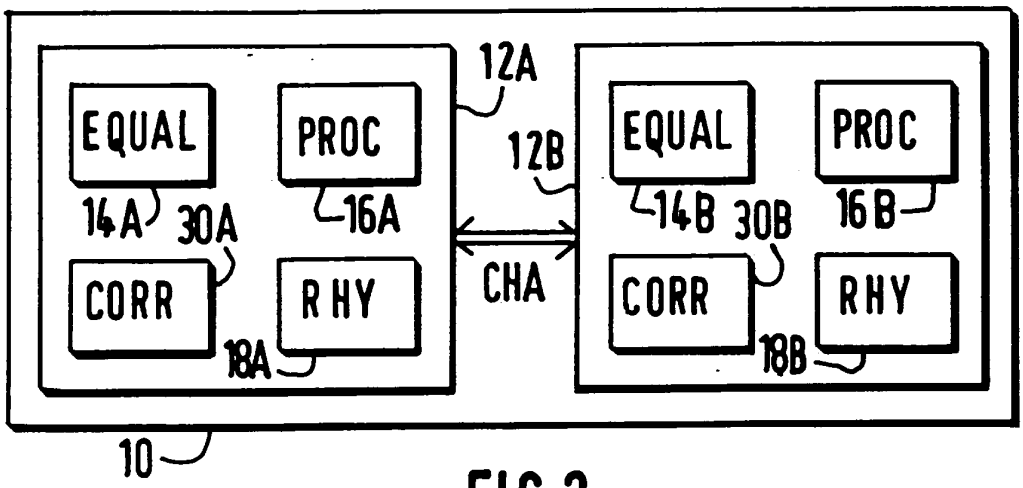


FIG.2

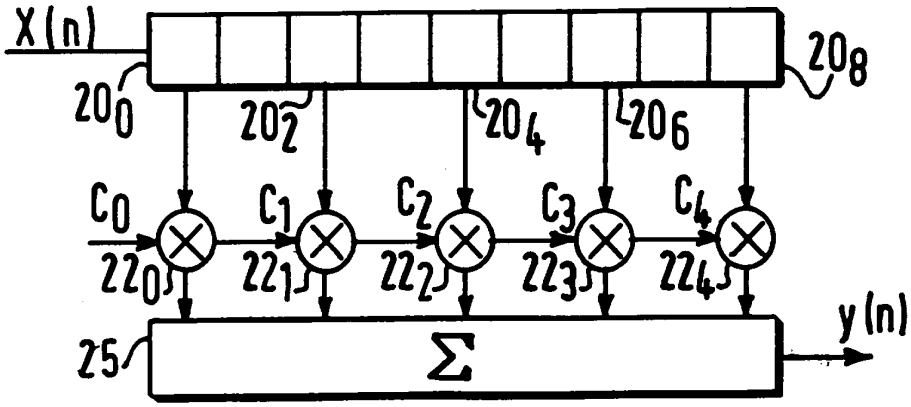


FIG.3

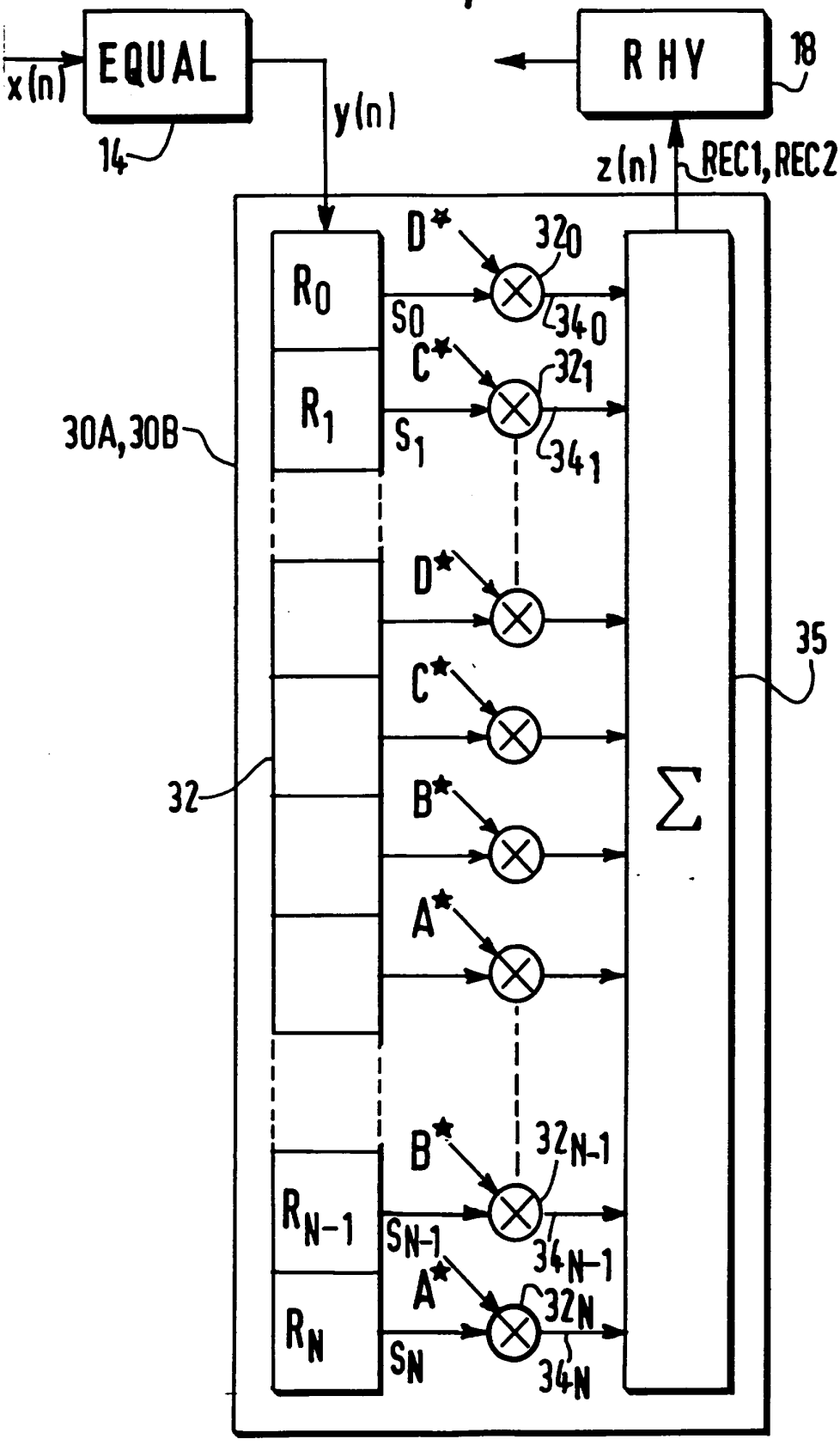

EQUAL
x(n)
14
y(n)
RHY
18
z(n)
REC1,REC2
30A,30B
32
35
R_0
R_1
R_{N-1}
R_N
S_0
S_1
S_{N-1}
S_N
D^*
C^*
B^*
A^*
32_0
32_1
32_{N-1}
32_N
34_0
34_1
34_{N-1}
34_N
Σ

FIG.4

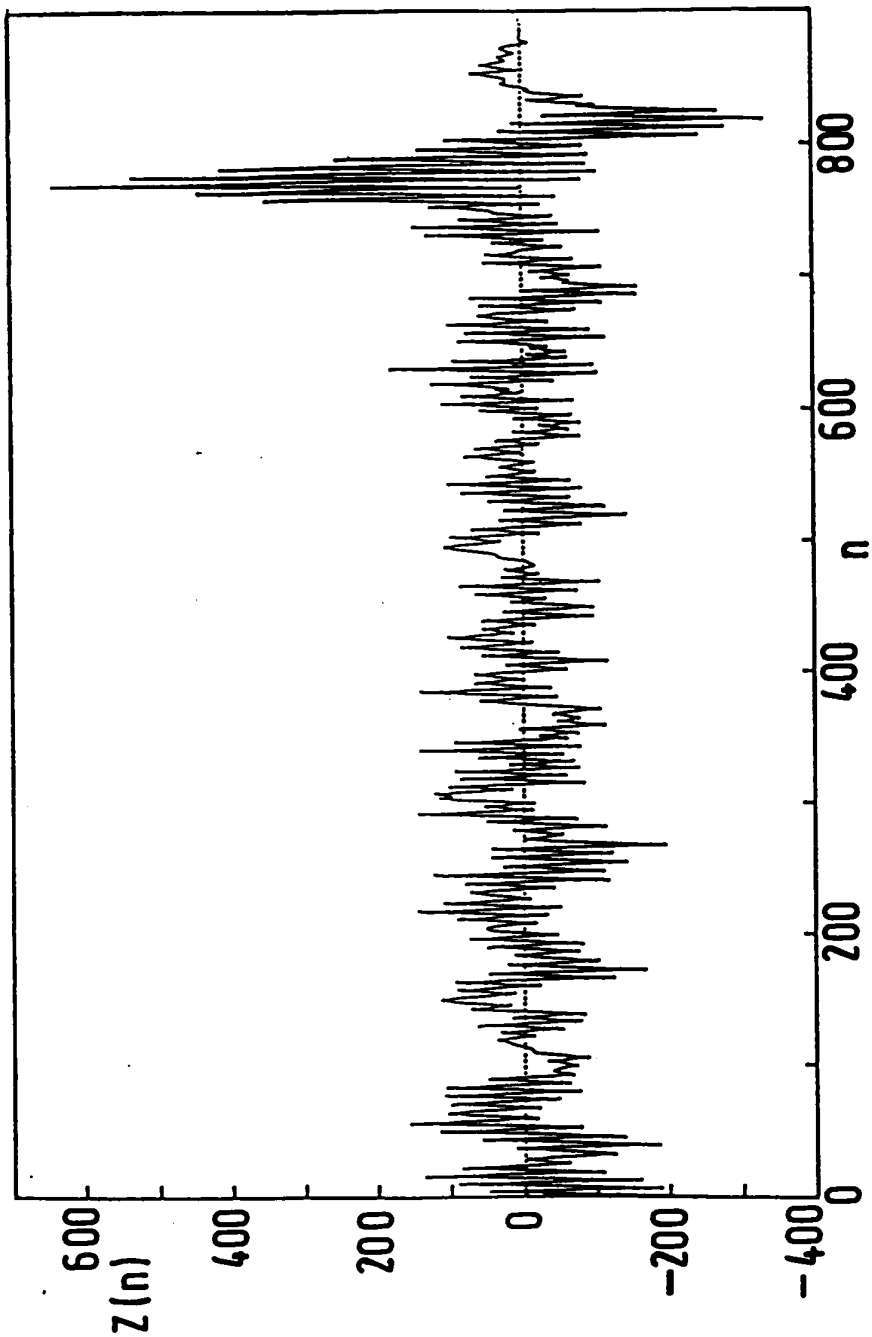


FIG.5

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

2724513

N° d'enregistrement national

FA 504202
FR 9410907

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée	
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	CCITT, THE INTERNATIONAL TELEGRAPH AND TELEPHONE CONSULTATIVE COMMITEE, RECOMMENDATION V.32 BIS, GENEVA 1991 * alinéa 5.2 -alinéa 5.2.3 * * page 16, ligne 5 - ligne 7 * ---	1-3,5	
Y	PROCEEDINGS ICASSP 90, INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, vol.1, 6 Avril 1990 pages 1679 - 1682 A.M. GOTTLIEB ET AL 'THE DSP IMPLEMENTATION OF A NEW TIMING RECOVERY TECHNIQUE FOR HIGH SPEED DIGITAL DATA TRANSMISSION' * page 1679, colonne de droite, ligne 7 - ligne 15 * * page 1680, colonne de gauche, ligne 40 - ligne 47 * * page 1680, colonne de droite, ligne 48 - page 1681, colonne de gauche, ligne 18 * ---	1-3,5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	WO-A-80 01348 (GENERAL DATACOMM INDUSTRIES) * page 3, ligne 7 - ligne 21 * -----	4	H04L

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
7 Février 1995	Canali, F

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)