

NEUVIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

401



NICE du 16 au 20 MAI 1983

PROTECTION CONTRE LES ERREURS SUR LE CANAL IONOSPHERIQUE
DANS LE CAS D'UNE LIAISON REELLE.

MM. LECHEVALLIER - HARARI *

THOMSON-CSF Service CDD 1 rue des Mathurins 92223 BAGNEUX
* U.E.R. de Mathématiques 80000 AMIENS

RESUME

Des expériences de transmissions de données numériques modulées par un modem auto-adaptatif d'un débit compris en 1 200 et 2 400 bits ont été effectuées. Le présent travail étudie les enregistrements recueillis sous l'angle de la correction d'erreurs. La correction a été optimisée pour des enregistrements exempts de fading. Un système de correction composé d'une cascade de codes de Reed Solomon et d'un code de Kasami a été effectué. Le contenu des enregistrements sera représenté, le principe de la simulation également ainsi que l'effet du codage sur l'amélioration de la qualité de la transmission. Les résultats de la simulation seront présentés.

SUMMARY

A digital experimental data link over the HF Channel was implemented, using a 1 200 bps-2 400 bps. This work studies the recorded data from an error point of view. An error correcting system was optimized for fading free recordings. This system is made of a cascade of a Reed Solomon code and a Kasami code. The recorded data is presented, simulation will be discussed, and the results of the simulation are also presented.



PROTECTION CONTRE LES ERREURS SUR LE CANAL IONOSPHERIQUE
DANS LE CAS D'UNE LIAISON REELLE.

DESCRIPTION

Le canal ionosphérique était jusqu'à une période récente utilisé en modulation analogique uniquement. La nécessité d'assurer des liaisons de transmissions de données sur de grandes distances en utilisant le canal radioélectrique pose le problème de la modulation numérique et de la qualité de transmission. De telles études ont déjà été effectuées pour ce même canal à des vitesses de l'ordre de 300 bits/s et en utilisant des codes très redondants (rendement inférieur à 1/4).

Dans le cas présent en utilisant un modem auto-adaptatif, on a pu atteindre des débits allant jusqu'à 1 200 à 2 400 bits/s. La question de la qualité se pose alors.

Cette qualité dépendra grandement des conditions de propagation et de l'existence ou non d'une voie de retour et de l'utilisation de codes correcteurs d'erreurs. L'utilisation des codes sera justifiée si le gain en taux d'erreur est supérieur à 10^{-2} .

En raison de la nature même des perturbations, une accélération des débits permet d'entrevoir une baisse de ce taux d'erreur, les codes correcteurs adoptés seront vraisemblablement de rendement supérieur à 1/4.

Pour mener à bien une telle étude, une expérience de transmission de données numériques sur le canal ionosphérique a eu lieu en 1977, sur un bon 3 000 Km dans l'Atlantique Nord. 18 vacations de 15 à 20 mn chacune, étalées sur une semaine, ont eu lieu, ce qui représente un ensemble de 18 Millions de bits transmis à des moments représentatifs durant la période considérée, (jour, nuit, aurore, crépuscule etc...). Les résultats recueillis sont représentés dans le tableau I.

TABLEAU I

N°	Nombre de bits	Nombre d'erreurs	Taux d'erreur
1	864 360	8 596	0,00994
2	871 920	14 712	0,01687
3	871 920	17 410	0,01997
4	1 743 840	52 009	0,02982
5	869 400	7 859	0,00904
6	1 738 800	76 818	0,04418
7	871 920	113 358	0,1303
8	1 748 880	15 716	0,00899
9	876 960	5 047	0,00576
10	1 733 760	9 860	0,00569
11	869 400	6 770	0,00779
12	869 400	13 248	0,01524
13	1 733 760	24 649	0,01424
14	869 400	19 879	0,02287
15	871 920	767	0,00088
16	1 741 320	21 628	0,01242
17	874 440	8 641	0,00988
18	1 736 280	7 906	0,00455

La première constatation que l'on peut faire est que ces enregistrements ont tous un taux d'erreur supérieur à 10^{-3} . Plus précisément :

- 9 enregistrements ont un taux d'erreur inférieur à 1.10^{-2}
- 5 enregistrements ont un taux d'erreur compris en 1.10^{-2} et 2.10^{-2}
- 4 enregistrements ont un taux supérieur à 2.10^{-2} .

Rappelons que 10^{-2} est la valeur limite communément admise pour tenter d'effectuer une protection contre les erreurs.

Ceci justifie la classification des enregistrements en trois catégories (bon, acceptable, mauvais).

L'examen des enregistrements révèle la prépondérance de deux types d'erreurs.

- Les petits paquets. Ils sont très nombreux, de longueur moyenne (de l'ordre de 20 bits), et en outre assez rapprochés. Ils sont présents dans presque tous les cas (sauf les meilleurs).

PROTECTION CONTRE LES ERREURS SUR LE CANAL IONOSPHERIQUE
DANS LE CAS D'UNE LIAISON REELLE.

- Les longs paquets d'erreurs. Ils sont assez espacés, mais très longs (de l'ordre du millier de bits), ce qui correspond à des évanouissements de l'ordre de la seconde. Ils sont présents pour les enregistrements affectés de léger fading, et prépondérants pour ceux affectés d'un fading important.

Ceci nous a conduit à considérer un système de protection composé de deux types de codes en cascade.

- Un code Reed Solomon destiné à corriger les erreurs en paquets courts.
- Un code Kasami destiné à corriger les longs paquets.

Le rendement du système global devant être égal à 1/2 et étant égal au produit des rendements, chacun des codes simulés sera obligatoirement de rendement supérieur à 1/2.

L'ordre des codages et décodages a été imposé en raison du grand espace de garde nécessaire au code de Kasami.

Le schéma ci-dessous représente la simulation du système de correction :

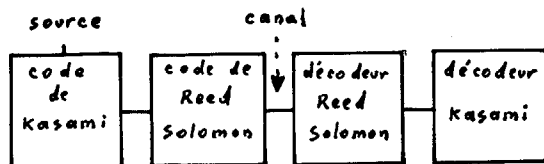


FIGURE : ordre des codages et décodages

SIMULATION DU SYSTEME

Le système de protection est constitué de la cascade de 2 codes entrelacés à des pas différents.

Simulation du codage

L'information à coder étant égale à $\vec{0}$, le mot correspondant de chacun des codes vaut $\vec{0}$. Entrelacé à un pas quelconque le mot vaut $\vec{0}$. On voit donc que quels que soient les paramètres choisis le mot de code vaut $\vec{0}$. Ainsi il n'y a pas besoin de simuler le codeur, pour aucun des codes.

Cette propriété a permis de simuler l'utilisation des codes sans qu'un codage à priori n'est été effectué lors de l'expérimentation.

Simulation du décodage

a) Code de Reed Solomon

en présence d'erreurs le décodeur du code de Reed Solomon (N, K, t) agit dans 2 modes distincts.

- 1) moins de t symboles parmi un bloc de N sont entachés d'erreur. Le décodeur les corrige. Le simulateur simule cette correction en les effaçant du train numérique.
- 2) plus de t erreurs parmi un bloc N sont entachés d'erreur. Le décodeur se comporte comme un automate non déterministe, affectant t symboles au plus. Le simulateur choisit t symboles parmi N, aléatoirement, qu'il modifie aléatoirement.

b) Code de Kasami

Il s'agit d'un code binaire cyclique corrigeant un paquet de longueur b. Le décodeur conventionnel a la possibilité de vérifier si la correction effectuée a été efficace.

Pour simuler un tel décodeur pour un bloc de longueur n, on compte le nombre de bits. S'il constitue un paquet de longueur inférieure à b, on efface les erreurs, sinon on les laisse sans les modifier.

Résultats obtenus

Nous présentons dans le tableau II les résultats de la simulation de la correction d'erreur. La valeur de la densité des paquets retenue est de 0,6 pour tous les enregistrements.



PROTECTION CONTRE LES ERREURS SUR LE CANAL IONOSPHERIQUE
DANS LE CAS D'UNE LIAISON REELLE.

Enre.	Type	bits bits	Taux d'en.	bits bits faux avant	bits bits faux après	Coeff.	Taux d'er.	Objectif atteint
1	B	864 360	0, 0099	8 596	75	0	0	oui
2	moyen	871 920	0,168	14 712	2 173	621	0,0007	oui
3	M.F	871 920	0,199	17 410	2 377	681	0,0007	oui
4	F	1 743 840	0,29	52 009	22 155	6 346	0,003	oui
5	B	869 400	0,009	7 859	356	76	0,000088	oui
6	F	1 738 800	0,44	76 818				
7	F	871 920	0,13	113 358	945	253	0,00029	oui
8	B	1 748 880	0,0057	15 716	1 006	271	0,00015	oui
9	B	876 920	0,0056	5 047				oui
10	B	1 733 760	0,0056	9 860	2 221	636	0,0003	non
11	M	869 400	0,0077	6 770	3 486	745	0,0008	oui
12	M	869 400	0,0152	13 248	1 856	526	0,0006	oui
13	M	1 733 760	0,1424	24 649	9 461	2 808	0,001	oui
14	F	869 400	0,228	19 879	4 722	1 386	0,0015	non
15	B	871 920	0,0008	767				oui
16	M	1 741 320	0,01242	21 628	5 583	1 644	0,0009	oui
17	B	874 440	0,0098	8 641	2 360	678	0,0007	non
18	B	1 736 280	0,0045	7 906	3 146	913	0,0005	non

PROTECTION CONTRE LES ERREURS SUR LE CANAL IONOSPHERIQUE
DANS LE CAS D'UNE LIAISON REELLE.

Le codage ainsi déterminé est performant.

Sur 13 cas parmi 18, l'objectif de gain en taux d'erreur est atteint. 4 parmi les 5 cas restant sont des cas où la transmission est de bonne qualité.

Le gain en codage leur donne un taux de 10^{-4} ce qui est satisfaisant.

