

PERFORMANCES DE LA TECHNIQUE D'ACQUISITION A SEUIL ADAPTATIF PAR RAPPORT A CELLE A SEUIL FIXE DANS UN SYSTEME A ETALEMENT DE SPECTRE A SEQUENCE DIRECTE

Reçu le 26/02/2001 – Accepté le 07/11/2002

Résumé

Plusieurs techniques d'acquisition des séquences pseudo-aléatoires (PN) utilisant un seuil de détection fixe ont été proposées dans le domaine de la modulation à spectre étendu [1]. Une nouvelle approche à seuil de détection adaptatif qui consiste à comparer la puissance du signal avec un seuil obtenu selon la mesure du bruit reçu est illustrée dans cet article. L'étude des systèmes, à seuil fixe et à seuil adaptatif montre que ce dernier présente de meilleures performances.

Mots clés: *Etalement du spectre, Séquence directe, séquence pseudo aléatoire, seuil adaptatif.*

Abstract

Spread spectrum modulation was elaborated In military domain to protect the confidential communications, but since it was developed in civil areas.

Acquisition is an important step in this kind of modulation. It elaborates synchronization between the received and local PN sequences.

Two systems are proposed: the fixed threshold acquisition and adaptive threshold acquisition. Performance analysis shows that the adaptive acquisition scheme has better detection performance than the acquisition scheme with fixed threshold.

Key words: *Spread spectrum, direct sequence, pseudo noise sequence, adaptive threshold.*

C. ALIOUA

Institut de technologie
Centre Universitaire de Jijel
Jijel, Algérie

A. SAID

A. BITAT

Département d'Electronique
Université Mentouri
Constantine, Algérie

ملخص

الأنظمة ذات نطاق ترددي عريض طورت لأغراض عسكرية ولكن منذ ذلك انتشر استعمالها حتى في الميادين الأخرى.

الهدف من بحثنا هذا هو استعمال جهاز استخلاص ذو عتبة منسجمة ومقارنته مع جهاز استخلاص ذو عتبة ثابتة.

النتائج المحصل عليها تبين أن كمية احتمال الإدراك لنظام استخلاص ذو عتبة منسجمة أحسن من كمية احتمال الإدراك بالنسبة للجهاز الكلاسيكي ذو العتبة الثابتة.

الكلمات المفتاحية: نطاق ترددي عريض، عتبة منسجمة، جهاز استخلاص.

Il y a plus d'un demi-siècle que le concept du spectre étendu a été introduit pour résoudre les problèmes de communication en présence d'interférences ou de brouillage. Le principe de la modulation à spectre étendu à séquence directe est de multiplier le signal de donnée $d(t)$ par une séquence pseudo-aléatoire $p(t)$, ce qui rend la réception difficile pour l'ennemi. La réception nécessite la régénération de la séquence PN localement synchronisée avec celle de l'émission. (Fig. 1).

$$d(t) \times p(t) \times p(t) = d(t)$$

Deux techniques d'acquisition sont utilisées : l'une utilisant un seuil de détection fixe et l'autre un seuil adaptatif.

ACQUISITION A SEUIL FIXE

Dans cette partie, nous allons considérer un système d'acquisition à recherche série utilisant un seuil de détection V_i fixe. V_i est obtenu à partir de la valeur de la fausse alarme désirée P_{fa} , de manière à obtenir une probabilité de détection assez élevée (Fig.1).

Ces deux paramètres P_{fa} et P_d peuvent être déterminés à partir de la fonction densité de probabilité de l'enveloppe du signal, plus bruit qui est donnée par Tri T. Ha [2] :

En absence du signal :

$$p(\text{bruit}) = r \times \exp\left(-\frac{r^2}{2}\right) \quad (1)$$

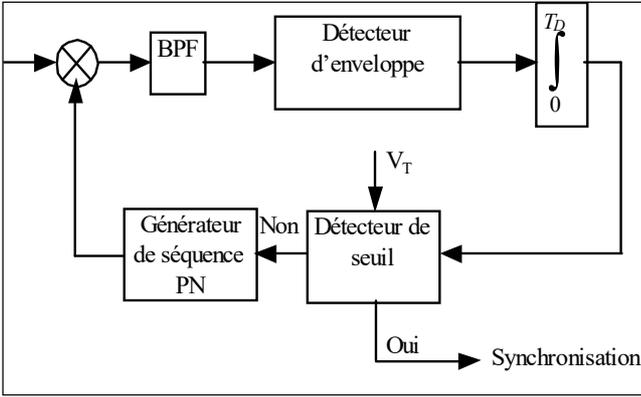


Figure 1: Schéma bloc d'un système d'acquisition avec seuil fixe.

En présence du signal :

$$p(\text{signal} + \text{bruit}) = r \times \exp\left(-\frac{r^2 + 2\frac{E}{N_0}}{2}\right) \times I_0\left(\sqrt{\frac{2E}{N_0}}r\right) \quad (2)$$

r représente l'énergie du signal reçu, E l'énergie de la porteuse et $N_0/2$ la densité spectrale de puissance du bruit.

Les probabilités de détection et de fausse alarme sont données par :

$$p_D = \int_{V_T}^{\infty} p(\text{signal} + \text{bruit}) dr = Q\left(\sqrt{\frac{2nE_b}{N_0}}, V_T\right) \quad (3)$$

$$p_{fa} = \int_{V_T}^{\infty} p(\text{bruit}) dr = Q(0, V_T) \quad (4)$$

$$E = nE_b \quad (5)$$

$$n = \frac{T_D}{T_b} \quad (6)$$

$Q(a, b)$: fonction de Marcum.

E_b : énergie du signal par bit.

T_b : durée d'un bit du signal de donnée.

ACQUISITION A SEUIL ADAPTATIF

Introduction

L'acquisition des séquences pseudo-aléatoires PN avec un seuil fixe ne donne pas des performances satisfaisantes car le seuil fixe peut causer beaucoup de fausses alarmes ou réduire la probabilité de détection. Pour cela, une technique d'acquisition à seuil adaptatif a été élaborée (Fig. 2).

Fonctionnement du système

Les échantillons Z , à la sortie du détecteur, sont envoyés en série vers un registre à décalage de taille $M+1=2m+1$, comme le montre la figure 2.b. le teste statistique X est obtenu à partir de l'estimation de la puissance moyenne du

signal contenu dans les cellules de référence. La valeur fournie par le teste statistique est ensuite multipliée par un facteur de seuil T et la détection est déclarée lorsque le signal contenu dans la cellule à tester dépasse le seuil résultant TX .

T représente un facteur constant utilisé pour obtenir la probabilité de fausse alarme désirée. Dans les systèmes à RADAR, ce processus est appelé "détecteur à taux de fausse alarme constant" (Constant False Alarm Rate detector - CFAR) [3].

Les processus du CFAR diffèrent selon la manière par laquelle le teste statistique est obtenu [4]. Nous allons considérer deux cas :

1) le premier est appelé "processus d'acquisition à seuil moyen" (Mean Level Acquisition Processor MLAP). Dans ce cas, l'estimation de la puissance est obtenue par la somme des M cellules de référence:

$$X = \sum_{i=1}^M Z_i \quad (7)$$

2) le deuxième est appelé "processus d'acquisition d'ordre statistique" (Order Statistics Acquisition Processor OSAP):

$$X = Z(k) \quad (8)$$

Analyse du système

Les formules de la probabilité de fausse alarme et de détection sont données par [3] :

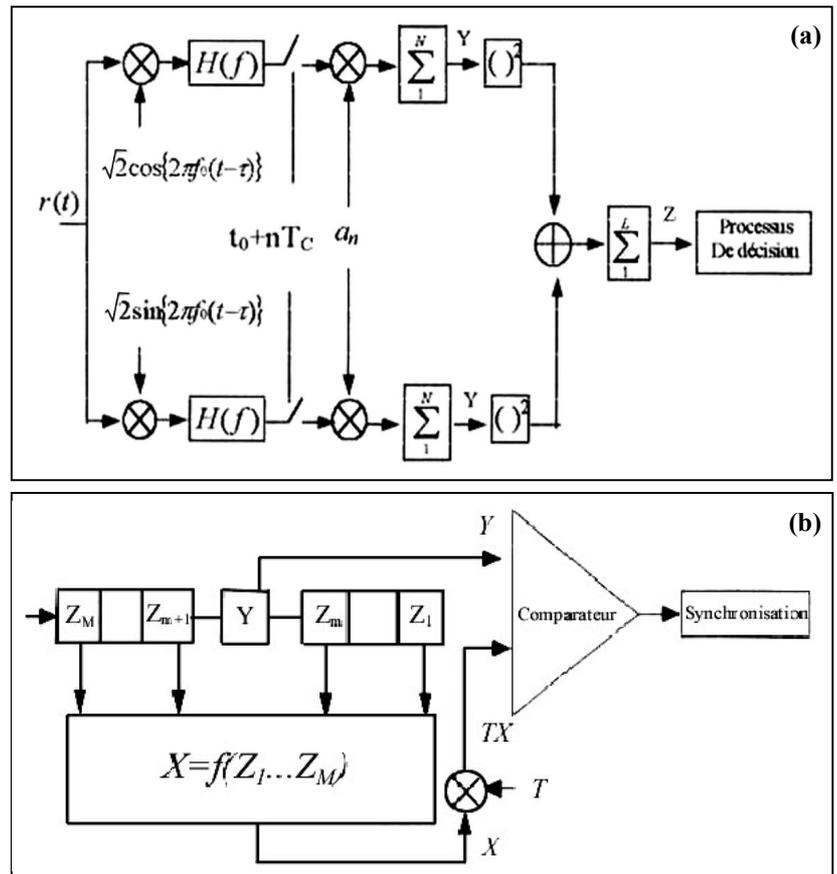


Figure 2: Schéma bloc d'un système d'acquisition avec seuil adaptatif.

$$P_{fa} = -\sum_{k_0} \text{res} \left[M_0(s) \frac{M_X(-T_s)}{s}, s_{k_0} \right] \quad (9)$$

$$P_d = -\sum_{k_1} \text{res} \left[M_1(s) \frac{M_X(-T_s)}{s}, s_{k_1} \right] \quad (10)$$

La probabilité de fausse alarme d'un système MLAP est obtenue à partir de l'équation (9) :

$$P_{fa} = \sum_{l=0}^{L-1} \binom{ML+l-1}{ML-1} \frac{T^l}{(1+T)^{ML+l}} \quad (11)$$

La probabilité de détection du système MLAP est obtenue à partir de l'équation (10), ou directement en remplaçant T par $T/(1+\mu)$ dans l'équation (11).

Pour un système OSAP, sa fonction densité de probabilité est donnée par :

$$f_k(z) = \frac{k}{\Gamma(L)} \binom{M}{k} \sum_{i=0}^{k-1} \binom{k-1}{i} (-1)^i e^{-(M-k+i)z} \times \sum (M-k+i; \eta_1, \dots, \eta_L) \times \frac{z^{(L-1) + \sum_{m=1}^L (m-1)\eta_m}}{\prod_{m=1}^L [(m-1)!]^{\eta_m}} \quad (12)$$

avec :

$$\sum (n; n_1, n_2, \dots, n_m) = \frac{n!}{n_1! n_2! \dots n_m!}$$

$$P_{fa} = \frac{k}{\Gamma(L)} \binom{M}{k} \sum_{i=0}^{k-1} \binom{k-1}{i} (-1)^i \times \sum (M-k+i; \eta_1, \dots, \eta_L) \times \frac{\Gamma\left(L + \sum_{m=1}^L (m-1)\eta_m\right)}{\prod_{m=1}^L [(m-1)!]^{\eta_m}} \times \sum_{l=0}^{L-1} \binom{(L-1) + \sum_{m=1}^L (m-1)\eta_m + l}{(L-1) + \sum_{m=1}^L (m-1)\eta_m} \times \frac{T^l}{(M-k+i+1+T)^{(L+l) + \sum_{m=1}^L (m-1)\eta_m}} \quad (13)$$

L'équation (13) représente la probabilité de fausse alarme d'un système OSAP. On peut calculer la probabilité de détection du système en remplaçant T par $T/(1+\mu)$ dans (13).

RESULTATS

Le tracé de la probabilité de détection en fonction du rapport signal sur bruit est représenté sur les figures 3 et 4 pour les deux systèmes avec seuil fixe et avec seuil adaptatif. Les résultats montrent que plus le nombre d'échantillons L est grand plus la probabilité de détection est meilleure.

On remarque aussi que le système à seuil adaptatif donne de meilleures performances par rapport au système à seuil fixe, surtout pour les grandes valeurs de L .

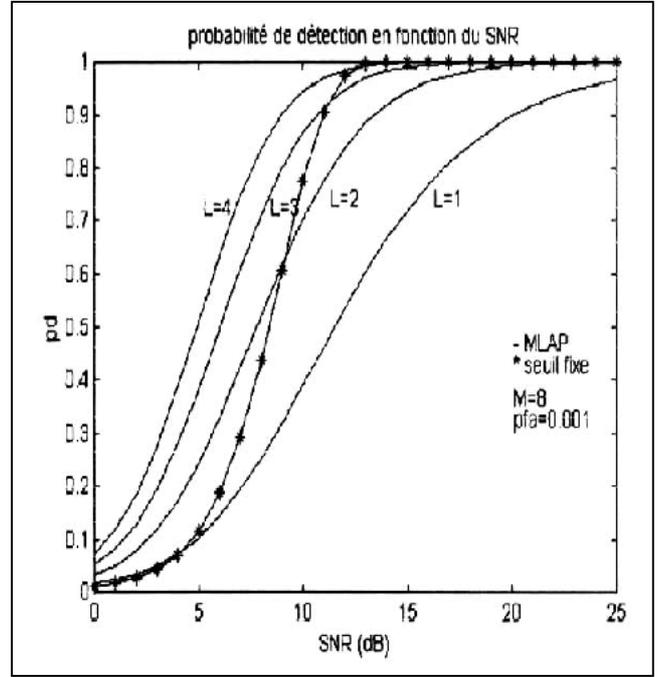


Figure 3: Comparaison entre un système d'acquisition à seuil fixe et un système d'acquisition à seuil adaptatif pour $M = 8$.

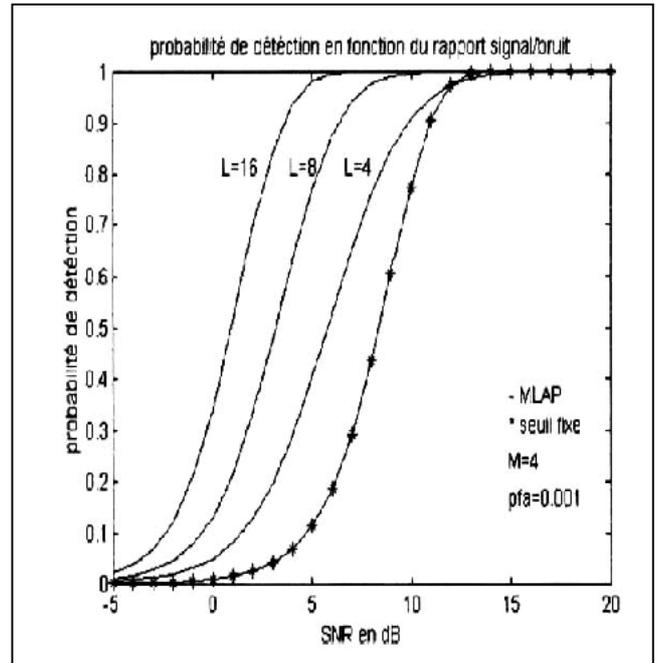


Figure 4: Comparaison entre un système d'acquisition à seuil fixe et un système d'acquisition à seuil adaptatif pour $M = 4$.

Enfin, d'après la figure 5, on constate que le MLAP est plus performant que l'OSAP.

k représente un facteur essentiel dans la détermination du seuil de décision moyen. Cependant, le choix de ce paramètre donne une grande influence sur le taux de fausse alarme et la probabilité de détection. Il est généralement pris entre $3M/4$ et $7M/8$. Dans la pratique, $k = 3M/4$ donne des résultats meilleurs [3].

