

Référence de temps synchronisée sur les émissions de TDF (France Inter)

Ch. CHEVALLEY, Ph. GED, Th. LEFEBVRE, J. PAJUS, Th. TOUCHET

Télématique SA

Résumé

Cette communication présente un appareil de gestion du temps dont la référence interne est synchronisée sur les émissions de Radio-France diffusée par l'émetteur Grandes-Ondes d'Allouis (programme de France Inter).

Cet appareil, géré par un microprocesseur huit bits, assure plusieurs fonctions :

- démodulation numérique de la modulation de phase ;
- analyse par corrélation du signal démodulé ;
- reconstitution du message par vote majoritaire.

Ces fonctions sont utilisées pour caler un horodateur local qui permet plusieurs types d'exploitation de la machine : affichage du jour et de l'heure, dialogue sur interface normalisée (RS 232) pour la fourniture de l'heure, la synchronisation de processus, des réveils automatiques, des relevés d'incidents...

Abstract

In this paper, an horodating device with an external absolute reference is presented. This microprocessor driven system, exploits the special broadcasting of date and hour information by France Inter.

The main functions of this system are :

- *Digital demodulation of the phase modulated carrier.*
- *Cross correlation of measured and expected modulations.*
- *Message reconstitution through a majority decision.*

A local reference can be synchronised with broadcasted informations. This system offers many possibilities : date and hour display, distribution on a normalised interface (RS 232), process synchronization, programmable call-back, time of occurrence measurements.

1. Introduction

L'objet de cette communication est de présenter les moyens mis en œuvre pour réaliser une machine constituant une référence de temps en milieu industriel.

Pour répondre à ce besoin, cette machine doit avoir une justesse et une précision de quelques dizaines de millisecondes tout en fournissant les informations de date (jour, mois, année, heure légale).

Pour des raisons pratiques, la référence absolue de temps ne peut pas être locale. Nous avons choisi d'exploiter les messages horaires diffusés sur France Inter à partir d'une horloge nationale de référence. Ceci pour assurer à la fois la stabilité de la référence et le taux de couverture du moyen de diffusion.

Par ailleurs cette machine communique les informations de date et d'heure d'une part à l'aide d'afficheurs numériques et d'autre part par l'intermédiaire d'une interface de communication de données de type série.

Dans la suite de cet article, on rappelle tout d'abord le codage des signaux horaires diffusés sur France Inter, le traitement numérique transformant la modulation reçue en une série de bits est ensuite décrit ; puis nous analysons le fonctionnement des modules reconstituant les messages horaires à partir de cette série de bits ce qui permet, si nécessaire, de recalibrer une référence locale de temps (boîtier de type horodateur). Le dernier paragraphe donne des exemples de conditions d'exploitation.

2. Traitement du signal

2.1. Rappel sur le codage des informations horaires diffusées par l'émetteur d'Allouis

Les informations horaires sont transmises par modulation de phase de la porteuse de France Inter. Cette modulation est utilisée pour transporter un bit (0 ou 1) par seconde ; 59 bits successifs constituent un

message. Le 60^e moment ne contient pas d'information ce qui donne donc un débit d'un message horaire par minute.

Pour chaque bit, le début de la modulation indique la seconde vraie. Les bits « 0 » sont représentés par la séquence suivante pendant 100 ms :

- Avance de phase ($0 \rightarrow +1$ rd).
- Retard de phase ($+1 \rightarrow -1$ rd).
- Avance de phase ($-1 \rightarrow 0$).

Ces variations de phase sont linéaires en fonction du temps. Les bits « 1 » sont représentés par deux séquences identiques à celle d'un bit « 0 » et donc de durée 200 ms.

Les 59 bits du message horaire contiennent le jour, le mois, l'année, l'heure et la minute, le numéro du jour de la semaine.

2.2. Démodulation du signal modulé en phase

Cette démodulation se fait d'une part en traduisant en fréquence la porteuse reçue et en conditionnant le résultat sous forme de signaux carrés.

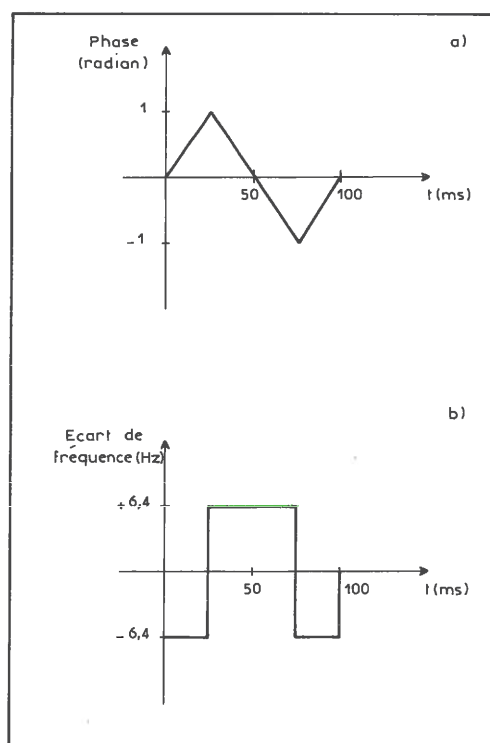


FIG. 1. — Modulation de phase (a) et son équivalent en fréquence (b) représentant un bit « 0 ». Le « top seconde » correspond à l'instant $t=50$.

D'autre part une analyse des intervalles de temps entre fronts montants et descendants permet de faire une mesure des variations de fréquence des signaux carrés et par conséquent des variations de phase de la porteuse.

Cette mesure est filtrée pour éliminer d'éventuels parasites sur le signal en créneau.

Cet étage permet donc la mesure de l'écart de fréquence (et donc de phase) entre la porteuse reçue et un oscillateur local. Ces écarts sont corrélés avec les écarts théoriques attendus dans l'étage suivant.

2.3. Analyse par corrélation des variations de fréquence

Cette analyse a pour objectif, connaissant forme et valeur théoriques des variations de fréquence, de les comparer aux valeurs mesurées pour identifier les séquences correspondant effectivement au codage des bits.

Pour ce faire, on calcule une fonction de vraisemblance (corrélation croisée du signal et d'une séquence théorique) à partir des dernières valeurs mesurées par le niveau précédent. Le résultat de ce calcul est comparé à un seuil qui permet de décider si l'on est en présence des bits « 1 », « 0 » ou d'une modulation non significative.

Par ailleurs le maximum de cette fonction de corrélation donne une mesure de l'écart moyen de phase entre la porteuse et l'oscillateur local. Un écart de phase nul permet d'assurer un positionnement temporel des bits avec une justesse meilleure que 10 ms d'une part, et d'autre part d'augmenter la valeur du maximum de la fonction de corrélation et donc les conditions d'identification des bits.

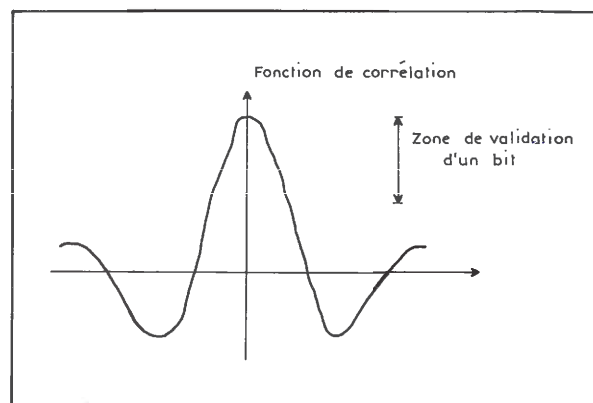


FIG. 2. — Fonction de corrélation des mesures de périodes permettant de décider de la présence d'un bit de type « 0 ».

En conclusion cet étage assure la détection des bits et permet d'asservir la phase de l'oscillateur local pour améliorer la justesse de la mesure et les conditions de détection.

3. Traitement de l'information

Le niveau « traitement de l'information » reçoit en entrée une chaîne de bits. Son rôle est de reconstituer un message horaire cohérent avec les messages précédemment reçus et l'horodateur local. Le fait que les messages précédents puissent être entachés d'erreurs et l'horodateur local décalé complique la structure algorithmique.

En pratique, les messages reçus sont conservés afin de mettre en œuvre une prise de décision par vote majoritaire sur la valeur des bits reçus. Bien évidemment, l'heure changeant d'un message à l'autre, cette prise de décision n'est efficace que sur les poids forts du message horaire. Sur les poids faibles, la décision est prise sur les écarts d'un message à l'autre. On analyse donc bit à bit le message sur une séquence glissante des derniers messages reçus afin de choisir l'une des trois possibilités suivantes :

- Laisser le bit tel qu'il a été reçu.
- Inverser le bit.
- Invalidiser le message car on ne peut décider de la valeur du bit.

Un message validé subit alors un test de cohérence puis est comparé à la référence locale (horodateur) qui peut être recalée si nécessaire.

Ce niveau, avec les précédents, assure donc l'initialisation et le calage d'un horodateur local par rapport aux informations diffusées par l'émetteur d'Allouis.

4. Exploitation

Ce paragraphe décrit l'exploitation qui peut être faite de l'information horaire calée sur une horloge de référence. Nous nous sommes limités à quelques-unes des applications les plus courantes. Elles sont mises en œuvre soit localement c'est-à-dire traitées par le processeur de la machine, soit par des processeurs distants exploitant l'information fournie par la machine ; la plupart de ces applications sont des fonctions standards de la machine, certaines ont fait l'objet d'adaptations spécifiques. En allant du plus simple au plus compliqué, on peut citer :

- Affichage de la date et de l'heure (afficheur numérique).
- Horloge parlante : sur interrogation la machine envoie un message horaire accompagné d'un top de synchronisation.
- Diffusion d'heure : envoi périodique d'un message horaire, activation d'un signal périodique.
- Réveil : envoi d'un message à une heure prédéfinie, datation d'événement, chronométrage.
- Synchronisation de processus : sauvegarde d'archives, synchronisation des horloges de structures bi ou multi-processeurs.