

Aplicación de las Técnicas de los Números Residuales (RNS) al Procesado

Paralelo en Canales Dispersivos Aleatorios

J.C.Baztán Ruiz, J.A.Delgado-Penín, P.Miguela Ponce.
Dpt.TSC,ETSETB,UPC-Apdo.30002-08080 Barcelona
93+4016815-Fax:93+4017200-DELPEN@TSC.UPC.

Abstract.-The use of residue number system techniques and systolic arrays provides two dimensions of parallelism that may be used for simulating random dispersive channels or systems. In this paper are applied both techniques on a random dispersive channel.

1.-Introducción

El análisis del comportamiento de los canales dispersivos aleatorios ha presentado siempre dificultades de tratamiento debido a las características no estacionarias de aquellos. Dichos canales suelen utilizarse como modelos para transmisiones ionosféricas, troposféricas y medios en los que se puede prever una dispersión de las señales transmitidas a través de los mismos[1].

Una posible solución al problema del análisis antedicho recurre a la herramienta de simulación digital mediante ordenador frente a la simulación "hardware" que ha sido (y es) muy utilizada en este campo tecnológico. En estas circunstancias, la modelización del canal dispersivo aleatorio recurre a hipótesis de estacionariedad verificadas con experiencias de campo. Un caso particular en el que se basa esta comunicación es el del radiocanal de onda corta para transmisiones digitales [2] estudiado en alguna ocasión mediante técnicas de simulación secuencial [3].

A pesar de las ventajas que presentan las máquinas computadoras secuenciales para resolver cuestiones relacionadas con los canales no estacionarios, resulta a veces complicado obtener conclusiones debido al tiempo de proceso que se necesita. El procesado paralelo de la información y de las señales ha sido una solución parcial hoy en día. La utilización de sistemas sistólicos para su posterior uso en máquinas computadoras paralelas[4] facilita el análisis de modelos digitales de sistemas lineales invariantes que configuran un modelo más complicado como es el que puede representar un canal aleatorio dispersivo.

Por otra parte, un modelo "sistólico" de señales y sistemas facilita la simulación paralela mediante ordenadores vectoriales y/o multiprocesadores y el diseño VLSI de simuladores complejos como es el caso para macrosistemas de HF [5].

En determinadas circunstancias de complejidad algorítmica y numérica como es el caso que se está comentando, el uso de técnicas relacionadas con la teoría de los números (técnicas de los números residuales[6]) puede facilitar el procesado paralelo.

En esta comunicación se considera el modelo de canal dispersivo aleatorio, al que se han aplicado las técnicas antedichas, en el párrafo siguiente. Posteriormente se plantea y presenta un modelo sistólico de canal y en un párrafo sucesivo se aplican las técnicas RNS a este modelo. Se concluye el trabajo presentando resultados sobre un test del canal para una señalización digital DPSK.

2.-Modelo de canal dispersivo aleatorio

En este caso se ha considerado un modelo de canal dispersivo aleatorio conocido como canal cuasi estacionario de Watterson[2] cuyo diagrama de bloques se indica en la Figura 1 y donde la respuesta del canal en el dominio tiempo-frecuencia se puede formular como:

$$H(f, t) = \sum G_i(t) \cdot e^{-j2\pi f t}$$

Tanto $G_i(t)$ como $H(f, t)$ son procesos aleatorios que se suponen estacionarios en sentido amplio. Las funciones $G_i(t)$ son funciones complejas cuyas expresiones son:

$$G_i(t) = G_{sia}(t) \cdot e^{j2\pi v_{sia} t} + G_{sib}(t) \cdot e^{j2\pi v_{sib} t}$$

y donde $G_{sia}(t)$ y $G_{sib}(t)$ son dos procesos complejos gaussianos independientes, estacionarios y ergódicos con valor medio nulo. Además, dadas las características de los procesos aleatorios antedichos, las densidades espectrales de potencia de $G_i(t)$ son:

$$G_{si}(f) = \frac{C_{sia}(0)}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{sia}} \cdot e^{-(f-v_{sia})^2/2\sigma_{sia}^2} + \frac{C_{sib}(0)}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{sib}} \cdot e^{-(f-v_{sib})^2/2\sigma_{sib}^2}$$

donde $C_{sia}(0)$ y $C_{sib}(0)$ son las potencias a la salida del canal con relación a la potencia de entrada; v_{sia} , v_{sib} son los deslizamientos en frecuencia y $2\sigma_{sia}$ y $2\sigma_{sib}$ son las dispersiones en frecuencia.

3.-Construcción sistólica del canal dispersivo aleatorio

Los sistemas sistólicos digitales se caracterizan por estar formados por células iguales que trabajan en paralelo realizando cálculos para muestras distintas de la señal de entrada a aquellas. El diseño de un sistema sistólico se basa en el denominado grafo de cálculo que es un conjunto de nodos y ramas que se unen configurando un sistema [4].

La simulación empleando la "sistolicidad" se realiza en dos fases: en la primera se lleva a cabo el cálculo de las operaciones aritméticas en cada una de las células que configuran un modelo completo y en la segunda se transfiere la información entre células contiguas. Una vez una célula ha calculado su nueva muestra de salida, ésta se transfiere a la célula contigua que inicia el cálculo para esa muestra. Al mismo tiempo, la primera célula puede iniciar el proceso de la muestra siguiente de la señal de entrada.

El canal dispersivo aleatorio de Watterson se puede dividir en células sistólicas que ejecutan sus operaciones en paralelo buscando una analogía entre el modelo de canal dispersivo y un filtro FIR[7,8].

La célula sistólica que se considera aquí se muestra en la Figura 2 donde $g(i)$ es un "tap-gain" asociado a la función $G_{\lambda}(t)$ comentada anteriormente.

El modelo sistólico de canal dispersivo con un número finito de "taps" se indica en la Figura 3 donde puede apreciarse la presencia de "n taps" o "caminos de propagación" en el caso de un radiocanal de H.F. Por otra parte, puede apreciarse una estructura celular que facilita el tratamiento paralelo utilizando técnicas numéricas que aprovechan el teorema llamado de RNS [6].

4.-Estructura RNS sistólica

La estructura de un sistema RNS responde a la Figura 4. Donde una señal de entrada se trata por un bloque que genera un conjunto de residuos para cada valor de entrada. Los residuos se procesarán de acuerdo con los requerimientos del sistema en vías paralelas de forma separada. Los residuos resultantes a la salida de cada vía serán números confinados dentro del rango de los números primos utilizados en cada vía, ya que todas las opciones se realizan en módulo p_{λ} .

Los sistemas RNS, al trabajar con bloques "mod p_{λ} " independientes permiten que cada procesador pueda construirse por un "array" sistólico trabajando en una vía paralela.

La estructura sistólica que emplea técnicas RNS es en definitiva la de la Figura 5 donde se incluyen un emisor y un receptor de señales al objeto de verificar el canal dispersivo.

5.-Resultados y conclusiones

El canal fue evaluado tomando como referencia dos sistemas de modulación/demodulación DPSK de dos y cuatro fases respectivamente. Se confrontaron parámetros característicos de transmisión como Tasa de error, velocidad de modulación, razón señal-ruido y ancho de banda equivalente de ruido. Además se comprobaron los tiempos de procesado por parte de la máquina Convex C200 utilizando sistolización y/o técnicas RNS.

En la Figura 6 puede apreciarse la tasa de error para unas pruebas realizadas con DPSK binario en función de la velocidad de modulación y razón señal-ruido, para el caso de recepción subóptima buscando el mejor instante de muestreo.

En la Figura 7 puede verse la comparación de los tiempos de CPU entre sistemas de procesado paralelo con y sin RNS. La opción O2 es la mejor, ya que al incluir la vectorización de matrices es especialmente adecuada para sistemas sistólicos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto TIC90-0713 y 1168. Se han utilizado las instalaciones del CEPBA para realizar las simulaciones.

Referencias

- [1] P.A. Bello, "Characterization of randomly time-variant linear channels", IEEE Trans. on Comm. Systems, vol. CS-11, Diciembre 1963.
- [2] J. Watters et al., "Experimental confirmation of an HF channel model", IEEE Trans. on Comm. Technology, vol. Com-18, n°6, Diciembre 1970.
- [3] J.A. Delgado-Penín, "Simulación digital en el dominio temporal de un modelo de canal HF mediante TOPSIM-III", URSI '86, Gerona, pags. 333-335, Septiembre 1986.
- [4] S.Y. Kung, "VLSI array processors", Ed. Prentice-Hall, USA 1986.
- [5] P. Haggarty et al., "A revolutionary design method for VLSI signal processors", M83-4 Report, The MITRE Co., Bedford M.A., 01730 USA, Abril 1983.
- [6] N.S. Szabo et al., "Residue arithmetic and its application to computer technology", Ed. Mc Graw-Hill, USA, 1967.
- [7] J.C. Baztán, "Aplicación de técnicas RNS en la simulación de canales HF. Caso de banda estrecha", PFC, ETSETB, Barcelona, Septiembre 1993.
- [8] P. Miguela, "Idem. Caso de banda ancha", PFC, ETSETB, Barcelona, Septiembre 1993.

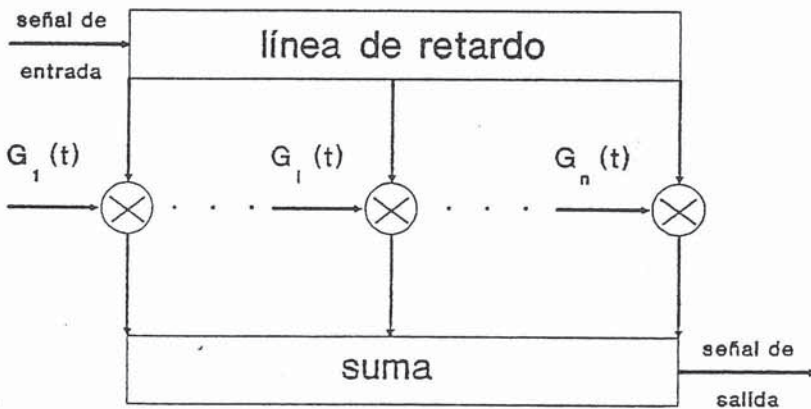
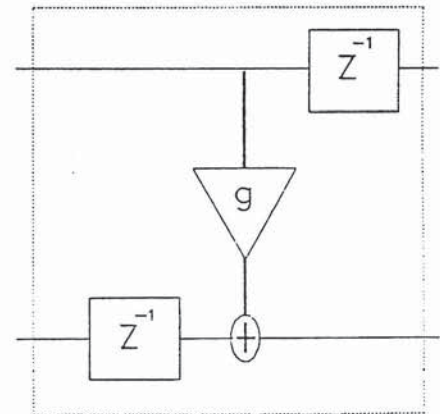


Figura 1

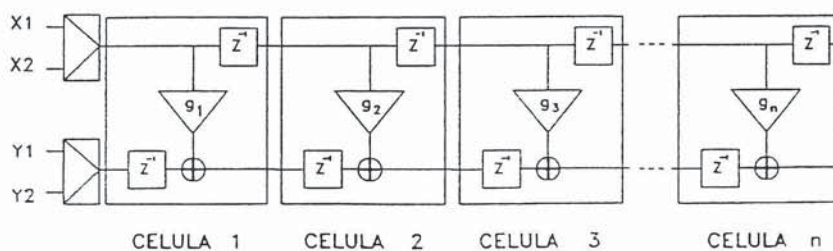


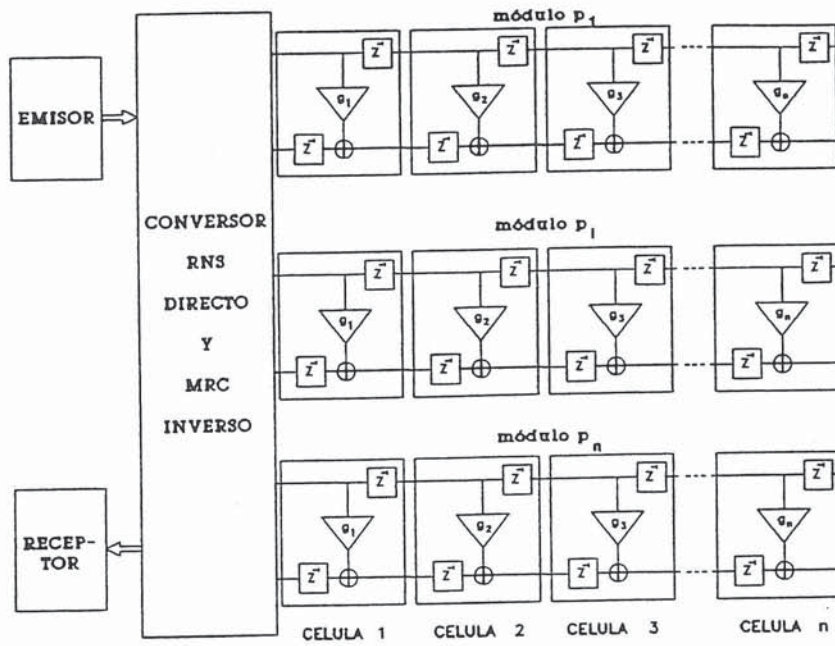
CELULA SISTOLICA

Figura 2

MODELO SISTOLICO DEL CANAL HF

Figura 3





Figuras 4 y 5

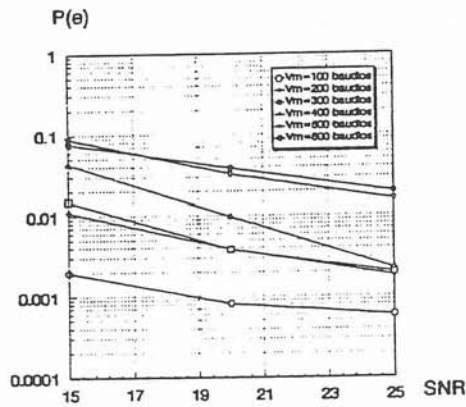


Figura 6

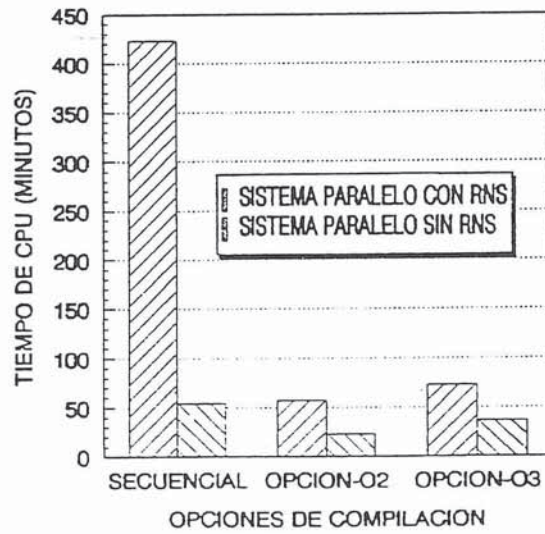


Figura 7