

4.º CONGRESO INFORMATICA Y AUTOMATICA

MADRID -16/19 OCTUBRE 1979

SESION

12

SISTEMAS DE TRANSMISION EN EL DISEÑO DE UN BUS DE DATOS

por

José A. Delgado Penín

E.T.S.I. Telecomunicación. Barcelona

RESUMEN

En esta comunicación se consideran los posibles sistemas de transmisión numérica en banda de base y uno en banda traslada para un Bus de datos. Se comentan las "capacidades de canal" de los posibles medios de transmisión-pares trenzados, cables coaxiales y fibras ópticas- por su influencia - decisiva sobre la velocidad de transmisión de los datos en el caso de no considerar colisiones en el acceso al "canal Bus". Los valores obtenidos son cotas superiores de velocidad y distancias (punto a punto). Se propone el empleo de - códigos de línea: CMI y WAL-2 para todas las velocidades, - por satisfacer unas determinadas condiciones. El modelo de "canal" se supone lineal, invariante y con ruido aditivo. - Se presentan unos resultados de Laboratorio para el esquema CPFSK-0,5 para pares trenzados y velocidades inferiores a - 10 Kbit/sg. Se concluye con datos de cálculo para los códigos CMI y WAL-2.

1. INTRODUCCION

En los sistemas teleinformáticos suelen coexistir -- fuentes de datos digitales y elementos que deben procesarlos. La conexión de fuentes y procesadores debe hacerse a -- través de los sistemas de transmisión presentes en las redes teleinformáticas. A medida que el número, de procesadores y terminales, aumenta, el diseño de la red se hace mas crítico en cuanto a: rapidez en el tiempo de respuesta del sistema - teleinformático, aprovechamiento del ancho del medio de transmisión, topología de la red, protocolo, etc.

La aparición de máquinas de tratamiento de la información con: capacidades diferentes -"micros", miniordenadores y ordenadores de gran capacidad- y, velocidades distintas de generación de los datos, plantea el problema de la interconexión entre terminales y máquinas junto con el de máquinas y máquinas.

En áreas locales -distancias cortas-, la técnica de interconexión con mayor incidencia es la conocida como "Bus de datos en serie". El Bus permite el uso de un único medio de transmisión para facilitar el intercambio de información entre todos aquellos usuarios que se "enganchen" al medio - de transmisión del Bus.

Desde un punto de vista funcional, el "Bus de datos en serie" lo constituyen:

- Un Control del Bus
- El medio de transmisión (canal del Bus de datos)
- "Modems" ó "Codecs".

La Figura 1 representa un diagrama funcional para un Bus serie.

Esta comunicación contempla el problema de la transmisión numérica bajo el punto de vista de la teoría de la Comunicación. No se tienen en cuenta hipótesis sobre las implicaciones que puedan tener: el Control del Bus, la topología de red diferente a la troncal con ramas y el protocolo del - sistema teleinformático. Por lo tanto, se comentan las diferentes capacidades de canal asociadas a los medios de transmisión que pueden configurar un Bus serie y los esquemas de señalización mas idóneos para los medios de transmisión propuestos. Se concluye considerando los esquemas mas adecuados para cada uno de los medios bajo las premisas de Tasa de -- error por km en función de la razón señal-ruído. Los diferentes valores numéricos calculados son cotas superiores para el comportamiento de los sistemas de transmisión bajo las hipótesis supuestas.

2. MEDIOS DE TRANSMISION

El medio de transmisión condiciona la velocidad máxi ma a la que pueden transmitirse los datos digitales. Se supondrá que el medio admite un primer modelo de canal -lineal, invariante y con ruido aditivo gaussiano- cuya capacidad limita la velocidad con que pueden transmitirse los datos digitales.

En el caso de redes locales, parece adecuado el empleo de soportes físicos como "Canal del Bus". A la vista de lo anterior, los soportes más adecuados para cada margen de velocidades son los que se comentan ahora.

2.1 Soporte físico formado por pares trenzados

Este medio es el menos inmune a las perturbaciones: -- internas y externas. Entre las primeras están: el ruido térmico y los efectos que producen los ecos por reflexión. Entre -- las segundas: los efectos derivados de las diferentes causas -- que producen la diafonía. Los acoplamientos inductivos y capacitivos deben ser mínimos para obtener una Tasa de error por km. aceptable en presencia de la paradiafonía; esta condición es imprescindible en el caso de soporte sin ramas.

Cuando el soporte actúa como parte del Bus, la Tasa de error por km. viene condicionada por:

- La Z de carga de cada rama
- La separación entre ramas
- La pérdida de inserción en el punto donde se insertan las ramas.
- La Z de carga del soporte. En el caso de que esté cargado por la Z característica mejora la tasa de error.

Basándose en consideraciones de Jacobsen [1], si sólo se consideran perturbaciones externas se pueden lograr velocidades del orden de 500 kilobit/sg. para distancias de 1,7 km. como máximo y, con una Tasa de error de 10^{-7} . Se supone que no existen colisiones entre paquetes de datos al usar el canal de transmisión. Estos valores pueden considerarse cotas superiores.

2.2 Soporte físico constituido por un cable coaxial

Este soporte posee un límite teórico, a su capacidad, que está condicionado por el ruido térmico interior, el cual determina la atenuación máxima del cable para una velocidad de transmisión fija.

Supuesto un modelo para un sistema como el indicado en la Figura 2, la capacidad total vale:

$$C = \int_{-\infty}^{+\infty} \log_2 \left[1 + \frac{W_1(f) \cdot |L(f)|^2}{N(f)} \right] df$$

donde:

$$N(f) = N_0 \quad \text{y} \quad L(f) = \exp(\alpha \cdot p \cdot \sqrt{f})$$

con: α (atenuación en Neper/km a la frecuencia unitaria)
 p (distancia entre transmisor y receptor).

Para una potencia fija transmitida P_0 , se puede escribir:

$$\frac{P_0}{N_0} (2 \cdot \alpha \cdot p)^2 \cong \left[\frac{3 \cdot \ln 2}{(2\alpha p)^2} \cdot C \right]^{2/3} \cdot \exp \left\{ \left[\frac{3 \cdot \ln 2}{(2\alpha p)^2} \cdot C \right]^{1/3} \right\}$$

De esta expresión resulta un valor de capacidad "C" (bit/sg) - en función de la distancia entre un transmisor y un receptor - únicos (cota superior para el Bus).

Para cables de 2,6/9,5 (mm) es posible alcanzar 15 Megabit/sg para distancias de 50 km y tasa de error 10^{-7} ; mientras que para una distancia de 5 km, la capacidad previsible es de 500 Megabit/sg. Un caso extremo puede ser el del cable de 0,65/2,8 (mm), en el que pueden calcularse 15 Megabit/sg para 13 km y 500 Megabit/sg para 1,5 km. Una aproximación al problema con restricciones mas fuertes es el comentado en [2], en el que se reducen las distancias.

Como se puede observar, el cable coaxial ofrece superior capacidad frente al par trenzado. En la actualidad se --- tienen Buses con cables de la tecnología CATV que permiten anchuras de banda de hasta 300 MHz [3].

2.3 Soporte mediante fibra óptica

Los soportes ópticos poseen una inmunidad óptima a la perturbación externa si se comparan con los anteriores.

Las tendencias actuales van dirigidas al empleo de fibras multimodo con atenuaciones menores de 20 dB/km., lo que se puede conseguir con fibras de plástico, ya que en el caso de fibras de vidrio la atenuación/km está alrededor de valores < 1 dB/km y capacidades alrededor de 150 Megabit/sg. [4]; son permisibles capacidades superiores a 500 Megabit/sg. con fibras multimodo y en el caso monomodo, la capacidad vale [5]:

$$C = C_B \cdot N_p \cdot \log_2 L$$

donde: C_B es la capacidad de la banda de Nyquist asociada al pulso presente a la salida de la fibra monomodo; N_p número de frecuencias portadoras luminosas que acepta la fibra; L número de niveles de la señal transmitida. Con fibras trabajando en la región espectral: 1-1,3 μ m. y, atenuación inferior a --- 0,75 dB/km. se obtienen capacidades entre 2 y 10 Gigabit/sg. para distancias entre 30 y 50 km. considerando señales con 2 niveles.

3. SISTEMAS DE TRANSMISION

3.1 Métodos de transmisión

El "canal del Bus de datos" debe permitir la transmisión de los datos -y la mayoría de las veces la información de ordenes y control- en ambos sentidos, con lo que se plantean alternativas de transmisión, entre: el uso de bobinas para el paso de 2 a 4 hilos, un multiplexaje espacial o un multiplexaje temporal.

El uso de bobinas (2 a 4 hilos) para pares trenzados tiene la desventaja de reducir la longitud del Bus y duplicar el número de pares.

La segunda alternativa aprovecha el múltiplex por división de frecuencia, con lo que los dos sentidos de transmisión utilizan bandas de frecuencias diferentes; ya que la parte del "canal Bus" que utiliza frecuencias mas altas sufre una mayor atenuación y, se cubre una distancia menor que en el otro sentido de transmisión. A pesar de la desventaja anterior es uno

de los métodos utilizados con "Buses" que emplean cables coaxiales.

La técnica del múltiplex temporal aprovecha el principio del reparto del tiempo. Las consideraciones que se hacen en el apartado 2 y en éste, presuponen: cada Terminal accede a una "ranura temporal" para la utilización del "canal del Bus"; no existen colisiones entre paquetes de datos; no hay estragamientos de transmisión y el flujo de datos es uniforme.

3.2 Esquemas de señalización

Existen dos posibilidades para transmitir los datos: mediante un esquema sin modulación de portadora (codificación de línea) y, con modulación de portadora.

3.2.1 Sin modulación de portadora (códigos de línea)

Las condiciones mínimas a satisfacer por un código de línea para un Bus, son:

- 1) El mayor número posible de transiciones de nivel (Recuperación reloj buena).
- 2) Ausencia de componente continua
- 3) Ancho de banda limitado (menor, atenuación y diafonía)
- 4) Buena recuperación de la fase de la señal a detectar
- 5) Buena detección de los errores en el punto de de ci si ón

Con las condiciones anteriores, una señal NRZ no es -- útil para ningún Bus. Si la señal NRZ es "seudoaleatorizada" - es válida para un Bus de datos que emplee fibra óptica.

El esquema AMI (Alternate Mark Inversion) o bipolar es uno de los utilizados en los Buses actuales cuando el medio de transmisión es un par o un cable coaxial.

Otro esquema muy utilizado es el conocido como "código Manchester", ya que satisface las condiciones mínimas: 1), 2) y 4). [6]. Es válido para Buses sobre pares o cables coaxiales.

Las alternativas que se proponen a estos códigos son - las siguientes:

- 1) Código C.M.I. (Coded Mark Inversión)
- 2) Código WAL-2 (Función de Walsh de 2° orden en T)

El código C.M.I. (Inversión alternada de los "1" con codificación binaria) tiene dos niveles y cumple las cinco condiciones anteriores de manera satisfactoria. Las reglas de codificación asignan a un "0" binario una forma de onda fija y - al "1" binario se le van asignando alternativamente dos posibles niveles en el intervalo T (duración del símbolo). Figura 3. Frente al Manchester ofrece la ventaja de ser válido para Buses con fibras ópticas. Puede utilizarse en Buses con soporte conductor. Ocupa el mismo ancho de banda que el Manchester; pero tiene mayor contenido de potencia.

El código WAL-2, recibe este nombre a causa de las formas de onda presentes en el intervalo de duración del símbolo (T), las cuales coinciden con las funciones de Walsh de segundo orden. Es un código de dos niveles con formas de onda como las indicadas en la Figura 3. Satisface las cinco condiciones anteriores; pero posee menor contenido espectral que el código C.M.I. Es idóneo para Buses con soporte físico.

3.2.2 Con modulación de portadora (CPFSK-0,5)

Es un esquema válido para Buses con velocidades bajas. La ventaja principal, es la de que permite usar una banda de frecuencias donde los efectos debidos a la atenuación y al retardo son menos severos que en otras bandas de frecuencias. -- Otra ventaja es aquella derivada de las posibles variaciones -- de la velocidad de producción de los datos: este esquema es -- transparente a diferentes velocidades hasta 10 kilobit/sg.

Utilizando este esquema se ha construido un Modem en laboratorio para 9.600 bit/sg. y se ha comprobado su funcionamiento en un canal sin distorsión en la banda telefónica, tomando un par trenzado. La Figura 4 indica la señal binaria -- NRZ y la salida del modulador CFSK-0,5. La Figura 5 indica la entrada y salida de los datos, respectivamente, para el caso de NRZ.

4. CONFRONTACION DE SISTEMAS Y CONCLUSION

A causa de la inexistencia de estandarización para este tipo de sistemas se considera una tasa de error por km, de 10^{-7} , lo que implica una tasa para un circuito de referencia de 2500 km del orden de $2,5 \times 10^{-4}$ (referencia usual para otros sistemas con soporte físico "punto a punto").

Basándose en el modelo de Jacobsen [1] y, teniendo en cuenta la paradiafonía para pares trenzados, se cree idóneo -- el esquema de señalización C.M.I. frente a cualquier otro esquema del tipo código de línea, ya que, por ser de dos niveles consiente --a igual tasa de error-- una razón señal ruido inferior a la de cualquier otro sistema de un número superior de niveles. Con una atenuación de 40 dB (cota superior) son posibles velocidades del orden de 480 kilobit/sg para distancias comprendidas en el intervalo 3,75 km y 2,8 km. Con el código WAL-2, y bajo las mismas condiciones son posibles distancias comprendidas entre 2,3 y 1,5 km, respectivamente.

En el caso de cable coaxial para velocidades de 35 Megabit/sg. y 140 Megabit/sg. se prevee como idóneo el código C.M.I. con distancias no superiores a 2 km. No existen datos concretos sobre el WAL-2, estando el problema abierto. El modelo toma como base la referencia [2].

Para el caso de fibras ópticas multimodo, para 8 Megabit/sg y una tasa de 3×10^{-8} por km. se ha visto que el código C.M.I. es válido. La fibra presenta en esta situación una atenuación de 4 dB/km., lo que hace estos sistemas los mas competitivos para velocidades hasta 10 Megabit/sg con la tecnología actual. Son posibles velocidades de 35 y 140 Megabit/sg (Jerarquías numéricas) pero todavía no son operativas [4,5]. Para el código WAL-2 el problema permanece abierto.

Estos resultados son presentados a título indicativo, en cuanto no agotan el panorama de las evaluaciones que deben hacerse para un proyecto concreto de sistema. Queda abierto el problema, principalmente para cables coaxiales y fibras ópticas con otros códigos de línea y la sincronización a medida que aumenten, la velocidad de transmisión y, el número de usuarios del Bus de datos.

REFERENCIAS

- [1] B.B. Jacobsen: "Cable crosstalk limits on low capacity pulse code modulation systems" - Electrical Communication - Vol. 48, nº 1 y 2 - 1973.
- [2] L. Bellato, A. Tavella, G. Vanmucchi: "Considerazioni sui metodi di ottimizzazione nei sistemi di trasmissione per informazioni numeriche. Applicazione alla trasmissione su portanti fisici".- Alta Frequenza, nº 9, Vol. 40-pp. 705-724. Settembre 1971.
- [3] N.B. Meisner, Willard, Hopkims: "Time division digital Bus techniques implemented on coaxial cable". IEEE Computer Network symposium, pp. 112-117 1977.
- [4] E.G. Rawson, Metcalfe: "Fibernet: multimode optical fibers for local computer networks". IEEE Transactions on Communications -pp. 983-991, Vol. COM-26, July 1978.
- [5] L. Bosotti, G. Tamburelli: "Factors affecting the capacity of optical fibre links". Alta Frequenza - English Edition. June 1978.
- [6] R.C. Kuhns, M.C. Shoquist: "A serial data Bus system for local processing networks". CH 1393-8/79. pp. 266-271. IEEE, 1979.

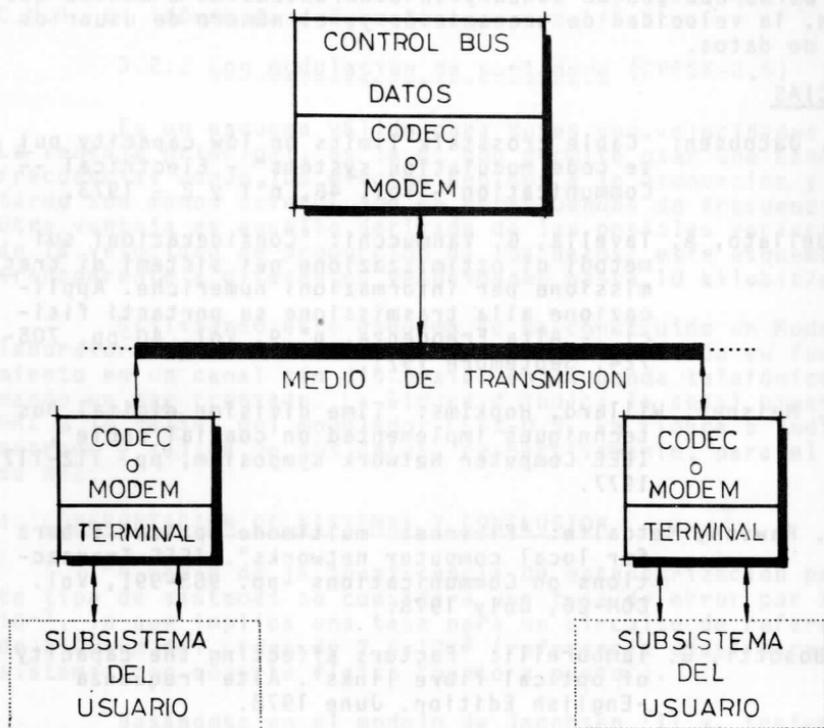
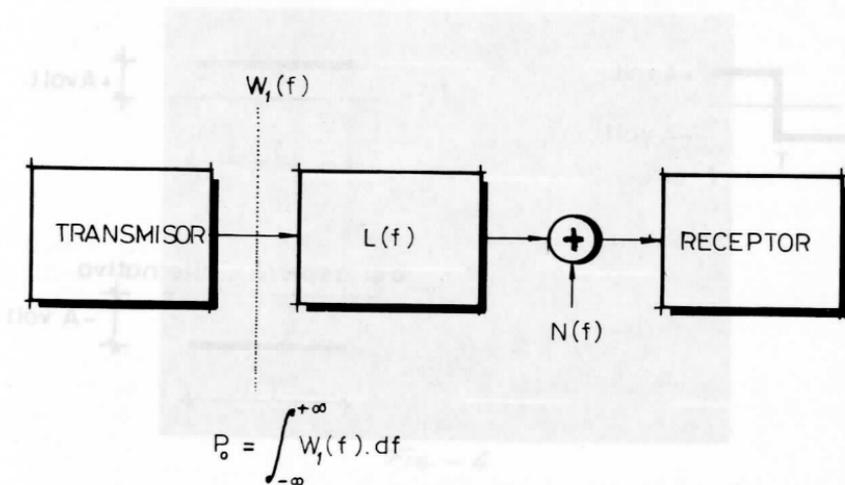


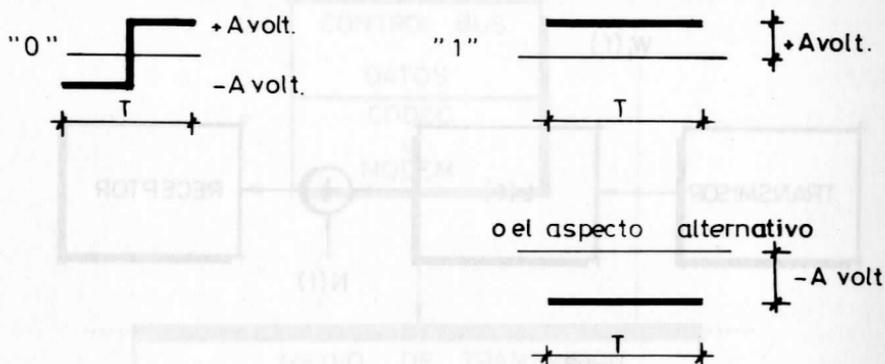
DIAGRAMA FUNCIONAL DEL BUS

FIG - 1

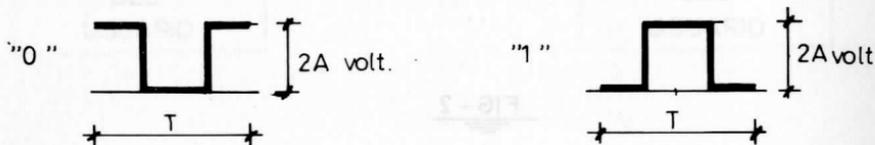


MODELO PARA CABLE COAXIAL

FIG - 2



FORMAS DE ONDA "C.M.1"



FORMAS DE ONDA "WAL - 2"

FIG. - 3

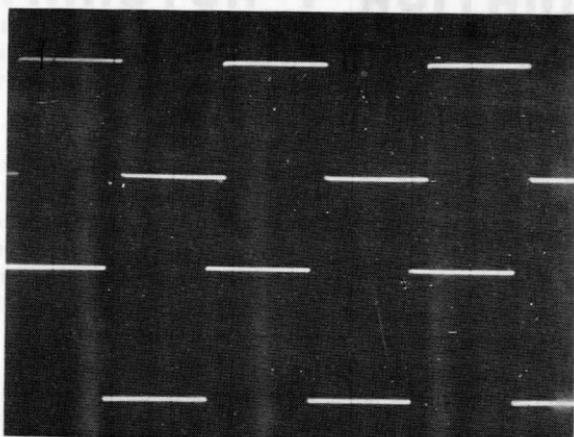


Fig. - 4

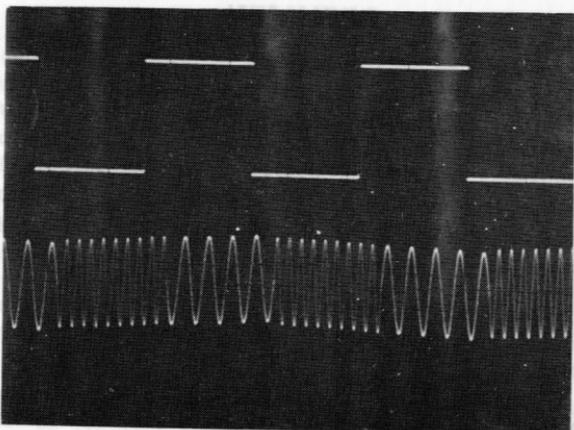


Fig.- 5