

TRANSCEPTOR DE BAJO COSTE A 24 GHz PARA APLICACIONES SIN NECESIDAD DE LICENCIA

I. Molina, S. Ortigosa, A. Padilla, J. Mata, J.A. Doblas, J. Munilla, S. Luna, M. Fernández, E. Márquez, C. Camacho, T. Martín, A. Puerta, G. Wangüemert, N. Van Dijk*

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones
E.T.S.I. Telecomunicación. Málaga
(imf@ic.uma.es)

*H.F.D.A., S.L.
Alhaurín de la Torre. Málaga

ABSTRACT

There exist a growing number of applications which require low-cost medium-capacity transceivers (<20Mb/s) for ISM unlicensed operation. The use of the lower millimeter-wave frequency bands (20-40 GHz) for wireless point to point data links exhibit unique interesting features: high available bandwidth, high directivity with small size antennas... In this paper we present a low-cost, full-duplex, wireless transceiver in the 24.050 - 24.250 GHz ISM band offering more than 10Mb/s capacity for short haul links. The transceiver is based on a simple architecture, which reduces the system complexity. Design considerations of the 24 GHz front-end in low-cost microstrip technology, and of the IF subsystem, are presented.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones inalámbricas punto a punto, de alta velocidad, como alternativa a las soluciones cableadas, están sufriendo un rápido desarrollo para dar respuesta a la demanda de métodos baratos, flexibles, y ágiles para transporte de datos a regímenes elevados de transmisión. Dentro de esta demanda existe un buen número de aplicaciones que requieren transceptores con una capacidad media (<20Mb/s), alcance a distancia corta o media (<5Km) y que tienen como requisito fundamental la posibilidad de ser utilizados sin licencia administrativa previa, utilizando bandas de frecuencia de uso común. Aplicaciones actuales de este tipo son, por ejemplo: interconexión de terminales remotos a redes de área local (LAN), comunicación de datos en ambientes industriales, transporte en redes de área metropolitana (MAN) o 'Campus', distribución de señales de TV o transporte de tráfico telefónico en situaciones en las que no es posible/rentable el tendido de un cable, etc. El éxito de un sistema específico de estas características estará en función de que sea capaz de cumplir simultáneamente los siguientes requisitos: velocidad de transmisión 'full duplex' de varios Mb/s, sin necesidad de licencia, bajo coste, alcance medio, tamaño reducido, y fácil instalación.

El uso de las frecuencias milimétricas mas bajas ($20 < f < 40$ GHz) para enlaces inalámbricos punto a punto de alta capacidad presenta algunas ventajas inherentes como son: la disponibilidad de grandes anchos de banda, la posibilidad de conseguir elevadas directividades con un tamaño reducido de los elementos

radiantes, la escasa interferencia entre sistemas próximos y, a fecha actual, la descongestión del espectro radioeléctrico. La habilitación de la banda 24.050 - 24.250 GHz para aplicaciones ICM sin licencia, siguiendo la recomendación CEPT T/R 60-01, ofrece la posibilidad de utilizar un gran ancho de banda total de 200 MHz en el que es posible alojar velocidades de transmisión mayores de 10 Mb/s usando arquitecturas muy simples.

2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Para alcanzar el objetivo fundamental de que el sistema sea de "bajo coste" se debe simplificar al máximo la complejidad del mismo. Esta simplicidad debe ser especialmente notable en el caso del cabezal de 24 GHz en el que, debido a las tecnologías implicadas, se concentra una buena parte del coste total del equipo. Por esta razón, se ha elegido para el transceptor una arquitectura similar a la utilizada en los radares de onda continua en la que la señal recibida se mezcla con la propia señal transmitida para generar la primera frecuencia intermedia (en el caso del radar esta frecuencia intermedia es directamente la continua). De esta forma, el oscilador controlado por tensión del transmisor se utiliza también como oscilador local en recepción y se consigue una notable simplificación en el 'hardware' requerido. La arquitectura de uno de los transceptores se muestra en la Fig. 1.

El cabezal de 24 GHz está constituido por: a) un oscilador controlado por tensión que actúa como modulador/transmisor FSK, realizado siguiendo una configuración muy habitual que utiliza un transistor de efecto de campo con realimentación en

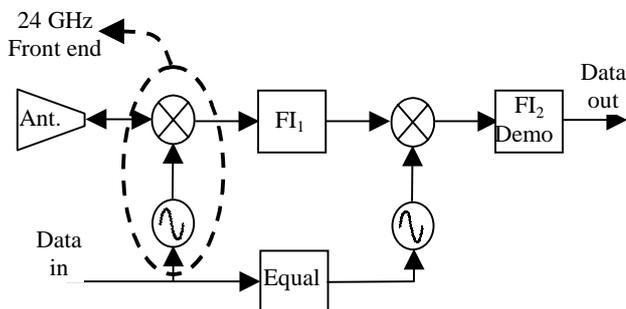


Figura 1. Arquitectura del transceptor

puerta a través de un resonador dieléctrico [1] y b) un mezclador especialmente concebido para esta aplicación [2] realizado con un transistor de efecto de campo en configuración fuente común, polarizado en una situación intermedia entre la correspondiente a

un amplificador lineal y un mezclador resistivo, en el que el OL se inyecta por puerta, y la RF y la FI se extraen de drenador.

Debe destacarse que, debido a la peculiar arquitectura del sistema, la señal que se introduce por la puerta de OL es la propia señal que se va a transmitir, es decir, que el oscilador local es una señal modulada en FSK que lleva la información a transmitir y que, por tanto, debe ser radiada por la antena. Así pues, y al contrario de lo que habitualmente se espera de un mezclador, el paso de señal de la puerta de OL a la de RF debe ser "transparente" (o incluso, si es posible, presentar ganancia). Obsérvese que la primera frecuencia intermedia tiene un valor igual a la separación de frecuencias entre transmisor y receptor estando limitada, debido a la banda ICM disponible, a un máximo de 200 MHz (en nuestro caso se ha elegido 130 MHz). Obsérvese también que la señal obtenida en la primera FI (FI_1), contiene información superpuesta de las señales transmitida y recibida (puesto que el funcionamiento es 'full-duplex') y que, por tanto, será necesario descontar la parte correspondiente a la señal transmitida para poder recuperar la señal recibida. Esta función la realiza el conjunto formado por el segundo mezclador y segundo OL, para lo cual este OL debe ser también modulado en FSK con unos parámetros de modulación idénticos a los del OL de 24 GHz. Para ello es necesario contar con un bloque ecualizador que, por un lado, reproduce la distorsión lineal que introduce el bloque de FI_1 (que realiza las funciones de amplificación y filtrado) y, por otro, sirve de 'driver' del segundo OL. Debe notarse que, para un correcto funcionamiento, el segundo mezclador debe funcionar como convertidor superior en uno de los transceptores de la pareja, y como convertidor inferior en el otro. Por último, en el último bloque se realiza la amplificación y filtrado de la segunda FI ($FI_2=715$ MHz) y la demodulación de frecuencia. Esta última realizada mediante un divisor $\div 4$ seguido de un detector de cuadratura.

3. REALIZACIÓN Y RESULTADOS

El sistema completo, incluyendo los subsistemas de microondas y los de frecuencia intermedia, fue totalmente realizado y evaluado. El subsistema de 24 GHz está realizado en tecnología híbrida de microstrip sobre sustrato RT/Duroid 6006 de 10 mils con vías de 300 micras de diámetro. Los componentes discretos utilizados han sido conectados mediante wire-bonding (chips) o mediante adhesivo conductor (beam-lead y montaje superficial). En la Fig. 2 se puede ver un dibujo del 'layout' del subsistema completo de 24 GHz, incluyendo el oscilador modulable, estabilizado mediante resonador dieléctrico, y el mezclador. Tanto la tecnología (microstrip sobre sustrato plástico) como el reducido número de componentes esenciales utilizados (básicamente: 2 transistores en chip, un diodo varactor beam-lead, y un resonador dieléctrico para cada transceptor) hace que el cabezal de RF cumpla el objetivo fundamental de ser de "bajo coste". Durante el desarrollo y medida de los prototipos del cabezal de RF se ha utilizado un analizador de redes HP8510 con un sistema de medida coplanar 'on wafer', calibrado mediante TRL. Los restantes subsistemas del transceptor incluyendo: los subsistemas de FI_1 y FI_2 , el demodulador de frecuencia, los ecualizadores, fuentes de alimentación, etc., fueron también diseñados, realizados con tecnología de montaje superficial y medidos. Las

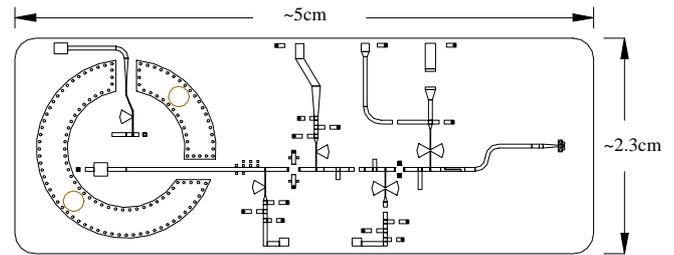


Figura 2. 'Layout' del cabezal de 24 GHz

medidas de probabilidad de error se realizaron utilizando patrones pseudoaleatorios, tanto para el modo de funcionamiento 'simplex' como para el 'full duplex'.

Finalmente el sistema total fue integrado, y sometido a pruebas generales de funcionamiento. Entre estas pruebas se incluyeron medidas de la estabilidad en frecuencia con la temperatura, al ser éste un parámetro crítico del sistema, obteniéndose excelentes resultados. Los parámetros fundamentales medidos en el sistema se pueden ver en la siguiente tabla:

Parámetro	Transceptor 1	Transceptor 2
f_{tx}	24.450 GHz	24.580 GHz
P_{tx}	10.9 dBm	11.4 dBm
Ruido fase (a 100 KHz)	-100 dBc/Hz	-94 dBc/Hz
Sintonía mecánica	>0-40 MHz (tornillo dieléctrico)	>0+200 MHz (tornillo metálico)
Estab. Frec. Temp. (-3°C +70°C)	4 ppm/°C	7 ppm/°C
Fig. Ruido Total	21 dB	20 dB
Δf_{FSK}	30 MHz	
'Bit rate'	10 Mb/s	
f_{FI1}	130 MHz	
f_{FI2}	715 MHz	
f_{OL2}	585 MHz	845 MHz
$S/N_{in FI1} P_e=10^{-8}$	12.5 dB	

Los cálculos realizados permiten asegurar que, con estos transceptores, es posible obtener, de forma realista, un enlace full-duplex a 10Mb/s sobre una distancia de 5 km usando antenas parabólicas de aproximadamente 40 cm de diámetro.

En conclusión, en esta comunicación se han presentado las características principales de un sistema transceptor a 24 GHz de alta capacidad diseñado, realizado y evaluado por los autores. Los resultados obtenidos permiten pensar que este tipo de sistema podría tener aplicaciones industriales interesantes en el corto/medio plazo.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en colaboración con la empresa H.F.D.A. (Málaga) y financiado por la C.I.C.Y.T. (Proyecto TIC 1FD97-0597)

4. REFERENCIAS

- [1] D. Kajfez and P. Guillon Editors, "Dielectric resonators", Artech House, 1986.
- [2] C. Camacho, I. Molina, J. Mata, "Circuito mezclador para transceptores de microondas/milimétricas de bajo coste", Solicitud de Patente P200001643, 3 Julio 2000