

ANALISIS DE CONFIGURACIONES DE SISTEMAS BOOSTER DE FM

**Stan Salek
Hammett & Edison, Inc.
Consulting Engineers
San Francisco, CA**

**Un Proyecto
Para
TFT, Inc.
Santa Clara, CA**

Copyright:

**National Association of Broadcasters
in Convention, Las Vegas NV, 1992.**

ANALISIS DE CONFIGURACIONES DE SISTEMAS BOOSTER DE FM

EXTRACTO

Existe muy poca documentación acerca del rendimiento y características de los transmisores booster de FM que emplean diferentes tipos de sincronización con la señal de FM que proviene de la emisora. Este artículo describe las medidas de laboratorio que estudian sistemas de booster sin sincronización, con sincronización por portadora, y con sincronización por portadora y modulación combinadas. También se examina los efectos ventajosos (e inconvenientes) de añadir un retardo a la portadora para reducir interferencias en las áreas donde se solapan las señales principal y del booster.

INTRODUCCION

Las emisoras de FM con booster son una clase especial de repetidores que reciben las señales de la emisora de FM y las retransmiten a las áreas que de otro modo no la recibirían satisfactoriamente, debido a interferencias con el terreno u otros factores. Los repetidores de FM trabajan con la misma frecuencia de portadora que la emisora principal. Entre otros requisitos definidos en las "Federal Communications Commission Rules", se especifica que la cobertura de un repetidor no puede extenderse más allá del contorno previsto para su emisora primaria [1].

En Agosto de 1987, la "Federal Communications Commission" publicó un Informe y una Orden que corregía las normas respecto a los booster de FM y TV [2]. Para FM las nuevas normas permiten métodos alternativos de envío de señal e incrementos de potencia. Hasta entonces, los booster de FM estaban limitados al empleo de recepción directa de señal FM y métodos de retransmisión con una potencia de salida máxima de 10 vatios. El cambio de la norma permite, con algunas excepciones, el empleo virtual de cualquier método de envío de señal, así como niveles de hasta un 20% de potencia máxima radiada efectiva de la emisora principal que esté retransmitiendo.

Desde el momento que se implementaron las nuevas normas, muchas emisoras de FM han instalado sistemas booster para mejorar su cobertura. Desafortunadamente, como se ha descubierto en la práctica, los booster pueden también reducir la

cobertura al emplearlos en sitios donde sus señales se solapan con la señal de la emisora principal. Normalmente en estos casos se detectan incrementos de distorsión y pérdidas de señal debido a que las dos señales con diferentes retardos pueden crear efectos de modulación de amplitud en el área donde se solapan (distorsión auto-generada debida a diferentes caminos de la señal).

SINCRONIZACION DE LAS SEÑALES PRINCIPAL Y BOOSTER

Métodos de sincronización

Para combatir estos efectos, debe cuidarse la sincronización de las señales principal y del booster, así como seleccionar cuidadosamente el emplazamiento del transmisor booster [3]. La sincronización generalmente se realiza enlazando las frecuencias de las portadoras del booster y el transmisor principal mientras se ajusta el nivel de modulación del booster de modo que se iguale al principal lo máximo posible.

Sincronización de la portadora.

Un ejemplo de sincronización de portadora es el mostrado en la Figura 1a. Además de la señal estéreo, el enlace se alimenta con una subportadora de sincronización. Un método que ha sido empleado para generar la señal de sincronización ha sido la división de la señal de portadora de FM en RF del transmisor principal por 1000 para producir una subportadora cercana a 100 kHz, la cual se resta en el booster y se emplea para enlazar la frecuencia de la portadora del excitador. Otro método emplea una base de tiempo de alta estabilidad para derivar la señal piloto estéreo de 19 kHz (así como los otros componentes de la subportadora estéreo), que se emplea en el excitador del booster de un modo similar para enlazar la frecuencia. El enlace que alimenta el booster puede situarse en el estudio o en el transmisor de la emisora principal, o en cualquier otro lugar donde se pueda disponer de una muestra de señal de RF del transmisor principal.

Sincronización de la portadora y modulación. Los métodos descritos anteriormente emplean una técnica que demodula la señal compuesta antes de emplearla para re-modular el excitador del booster. La experiencia ha demostrado que el desajuste de los

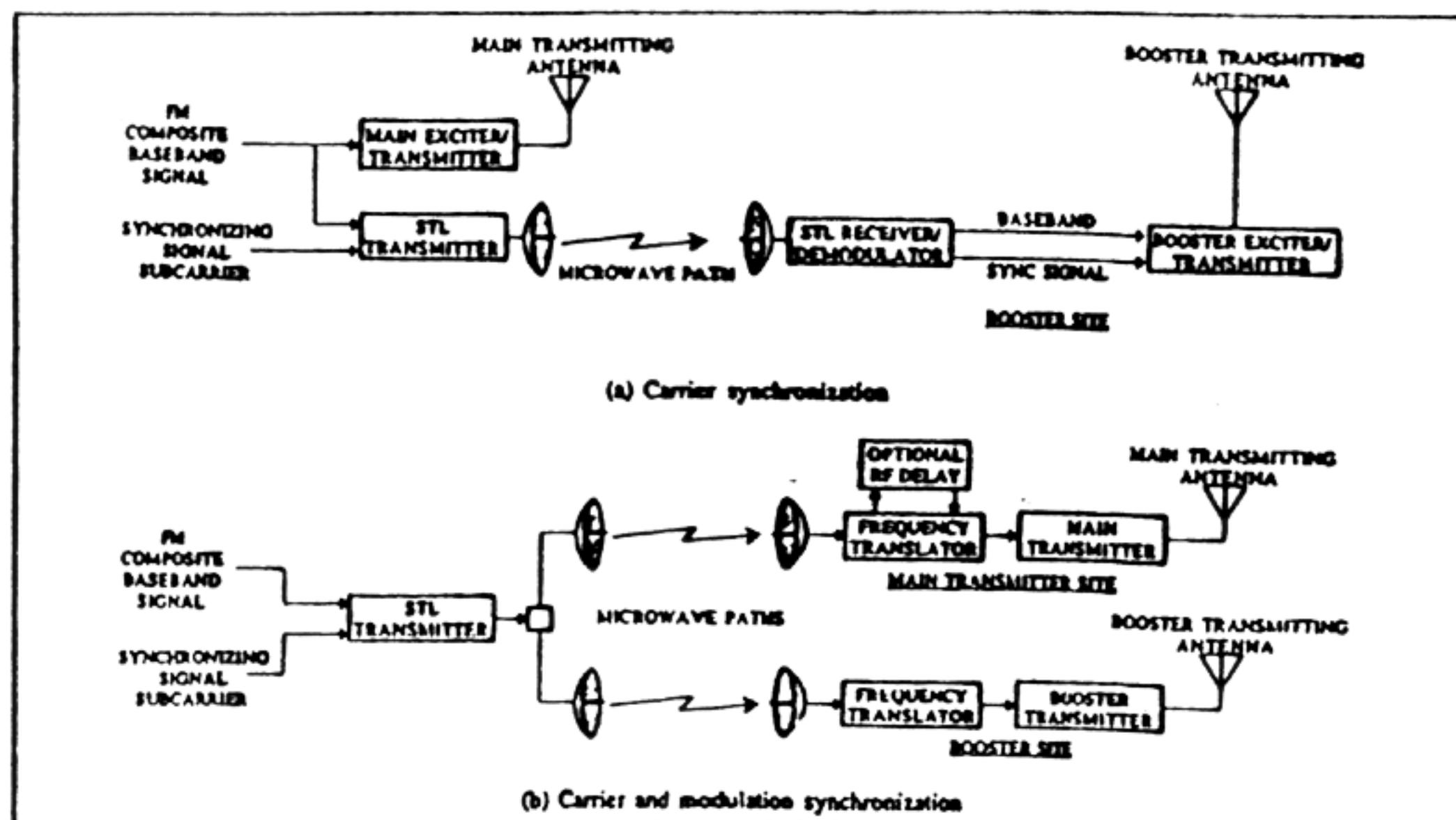


Figure 1. Booster synchronization schemes.

componentes de modulación de RF generado por los transmisores principal y booster (debido a diferencias de nivel, diferencias en las prestaciones de los equipos, sobremodulación, derivas u otros factores) pueden empeorar áreas de interferencias creadas por la implementación del booster.

Para reducir este efecto, puede emplearse un sistema que usa un modulador simple, tal y como se muestra en la Figura 1b. El modulador en el enlace se emplea como el único modulador en el camino de la señal, alimentando al transmisor principal y a los booster. En lugar de demodular la señal de microondas en el transmisor, ésta se convierte, en el dominio de la RF, a la frecuencia de la portadora de la frecuencia de emisión. La señal de sincronización se emplea para enlazar la frecuencia de cada conversor, produciendo señales de RF que son coherentes en frecuencia y modulación.

Retardo de la portadora. La sincronización cuidadosa de las señales de RF del transmisor principal y los booster no resuelven por entero los problemas de interferencias cuando se reciben las dos señales simultáneamente. Dependiendo de las condiciones del terreno, pueden haber diferentes lugares que reciban señales fuertes desde dos lugares, pero debido a tiempos de propagación de señal

distintos y a una suma de señales defectuosa, se crea una región de interferencias. Añadiendo un retardo de RF a la señal del transmisor principal o del booster se pueden equalizar las dos señales en una zona en particular, reduciendo significativamente las interferencias recibidas.

DESARROLLOS DEL LABORATORIO

Objetivos del estudio

Incluso aunque los métodos de sincronización descritos anteriormente han sido reconocidos para mejorar las características del booster, los ingenieros han confiado en la práctica para determinar el emplazamiento de un booster y calcular las zonas de interferencia. Para una mejor orientación, se diseñó el estudio en laboratorio sobre los siguientes objetivos: (1) Determinar el límite de capacidad de cada método de sincronización para reducir la auto-generación de caminos múltiples de la señal (componentes de amplitud excesiva) y distorsión en el receptor. (2) Determinar el margen de niveles de señal necesarios para crear zonas de interferencia, y (3) determinar el área útil de señal cuando se añade un retardo adicional al tiempo de sincronización a las dos señales en un lugar concreto.

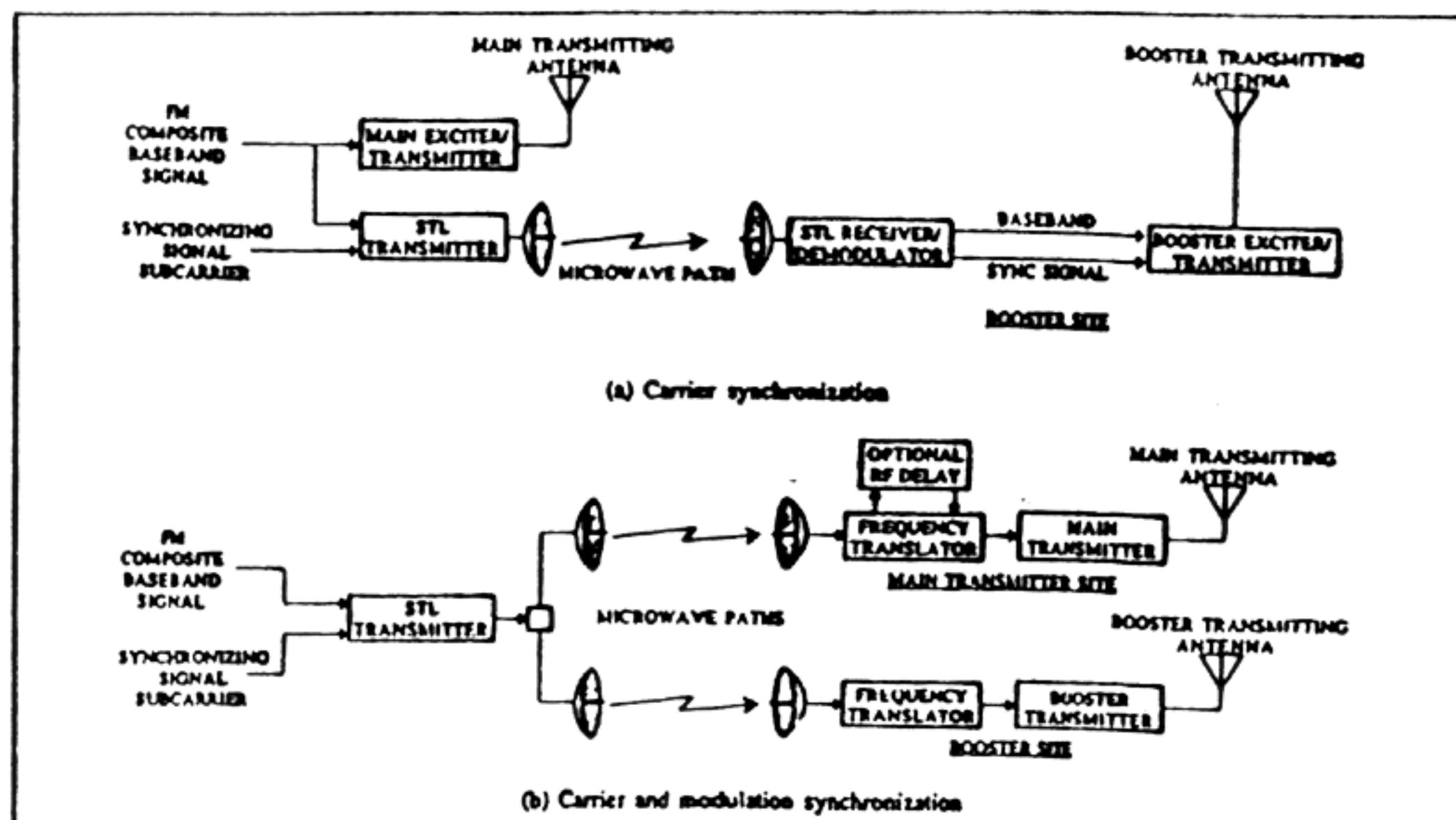


Figure 1. Booster synchronization schemes.

componentes de modulación de RF generado por los transmisores principal y booster (debido a diferencias de nivel, diferencias en las prestaciones de los equipos, sobremodulación, derivas u otros factores) pueden empeorar áreas de interferencias creadas por la implementación del booster.

Para reducir este efecto, puede emplearse un sistema que usa un modulador simple, tal y como se muestra en la Figura 1b. El modulador en el enlace se emplea como el único modulador en el camino de la señal, alimentando al transmisor principal y a los booster. En lugar de demodular la señal de microondas en el transmisor, ésta se convierte, en el dominio de la RF, a la frecuencia de la portadora de la frecuencia de emisión. La señal de sincronización se emplea para enlazar la frecuencia de cada conversor, produciendo señales de RF que son coherentes en frecuencia y modulación.

Retardo de la portadora. La sincronización cuidadosa de las señales de RF del transmisor principal y los booster no resuelven por entero los problemas de interferencias cuando se reciben las dos señales simultáneamente. Dependiendo de las condiciones del terreno, pueden haber diferentes lugares que reciban señales fuertes desde dos lugares, pero debido a tiempos de propagación de señal

distintos y a una suma de señales defectuosa, se crea una región de interferencias. Añadiendo un retardo de RF a la señal del transmisor principal o del booster se pueden equalizar las dos señales en una zona en particular, reduciendo significativamente las interferencias recibidas.

DESARROLLOS DEL LABORATORIO

Objetivos del estudio

Incluso aunque los métodos de sincronización descritos anteriormente han sido reconocidos para mejorar las características del booster, los ingenieros han confiado en la práctica para determinar el emplazamiento de un booster y calcular las zonas de interferencia. Para una mejor orientación, se diseñó el estudio en laboratorio sobre los siguientes objetivos: (1) Determinar el límite de capacidad de cada método de sincronización para reducir la auto-generación de caminos múltiples de la señal (componentes de amplitud excesiva) y distorsión en el receptor. (2) Determinar el margen de niveles de señal necesarios para crear zonas de interferencia, y (3) determinar el área útil de señal cuando se añade un retardo adicional al tiempo de sincronización a las dos señales en un lugar concreto.

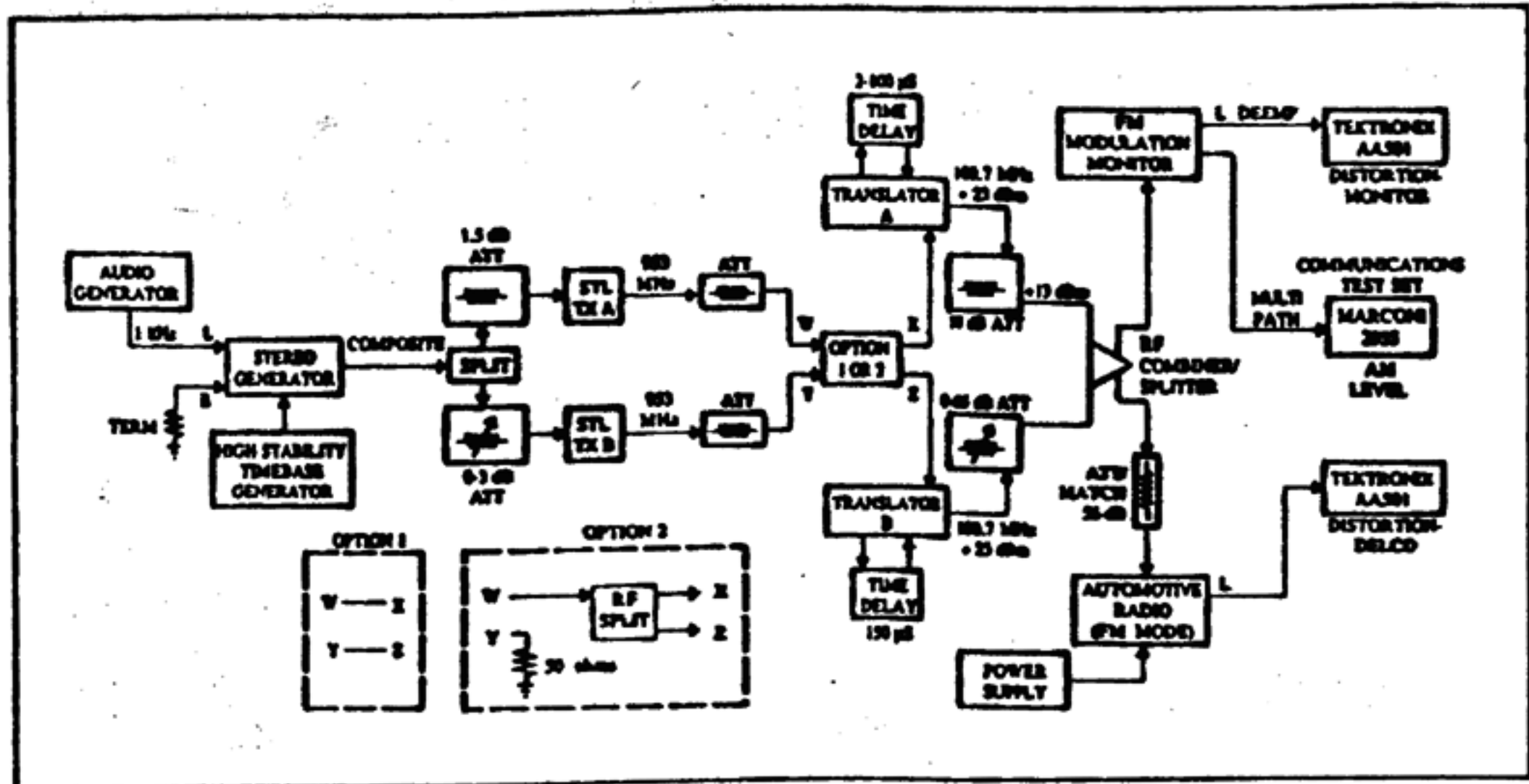


Figure 3. Equipment interconnection

alimentaba un divisor de potencia de RF, para los casos de portadora y modulación sincronizadas.

Las dos señales del enlace en RF se conectaron a las entradas de los convertidores de frecuencia, los cuales convirtieron las señales de RF en señales apropiadas de FM a 100.7 MHz. En el proceso, las desviaciones de la portadora del enlace fueron convertidas ± 75 kHz empleando un método de duplicación de frecuencia intermedio. El convertidor también contenía la circuitería necesaria para enlazar la señal piloto de sincronización (o su propia referencia interna si la señal de piloto estéreo estuviera desconectada). [6]

Las unidades digitales de retardo se conectaron a cada convertidor a través de un punto en bucle cerrado de frecuencia intermedio de 2.5 MHz [7]. El retardo B del convertidor se fijó a 150 microsegundos, lo cual representa un período de tiempo arbitrario (pero razonable) para que la señal viajará desde el booster y volviera a la zona de interferencias de 69 dBu. (A la velocidad de la luz, las señales de radio viajan un kilómetro en 2.99 microsegundos). EL retardo del convertidor A era ajustable en períodos de tiempo menores o mayores que el retardo del convertidor B; su ajuste se empleó como una variable de la prueba.

Las salidas de RF del convertidor, las cuales fueron ajustadas a +23 dBm (después de hacer bypass a los

amplificadores finales de potencia), alimentaban las redes de atenuación. El convertidor A, que representaba el transmisor principal, fue atenuado a +13 dBm por un atenuador fijo de 10 dB. El convertidor B, que representaba el booster estaba alimentado a través de un atenuador variable de 0-65 dB. Esto permitió ajustar la relación de las dos fuentes en un margen muy amplio.

Las salidas de los dos atenuadores se sumaron y dividieron para alimentar a un monitor de modulación estéreo típico y un receptor de radio de automóvil doméstico, ambos sintonizados a 100.7 MHz. El atenuador de 56 dB empleado en el receptor de automóvil atenuó las señales combinadas del transmisor principal y el booster sobre unos 1.6 milivoltios, lo que corresponde al voltaje de antena resultante que se había calculado con anterioridad.

Medida de parámetros. Se midieron dos parámetros, la distorsión de la señal de audio y la amplitud de modulación, con varios niveles de señal, retardo, y relaciones de nivel de señal entre el transmisor principal y el booster. Se conectaron equipos de prueba separados de distorsión armónica a la salida izquierda de audio con de-énfasis del monitor y del receptor. Se seleccionó un ancho de banda de medida de 30 kHz. Incluso pensando que los efectos de audio no relacionados con las señales armónicas estuvieron

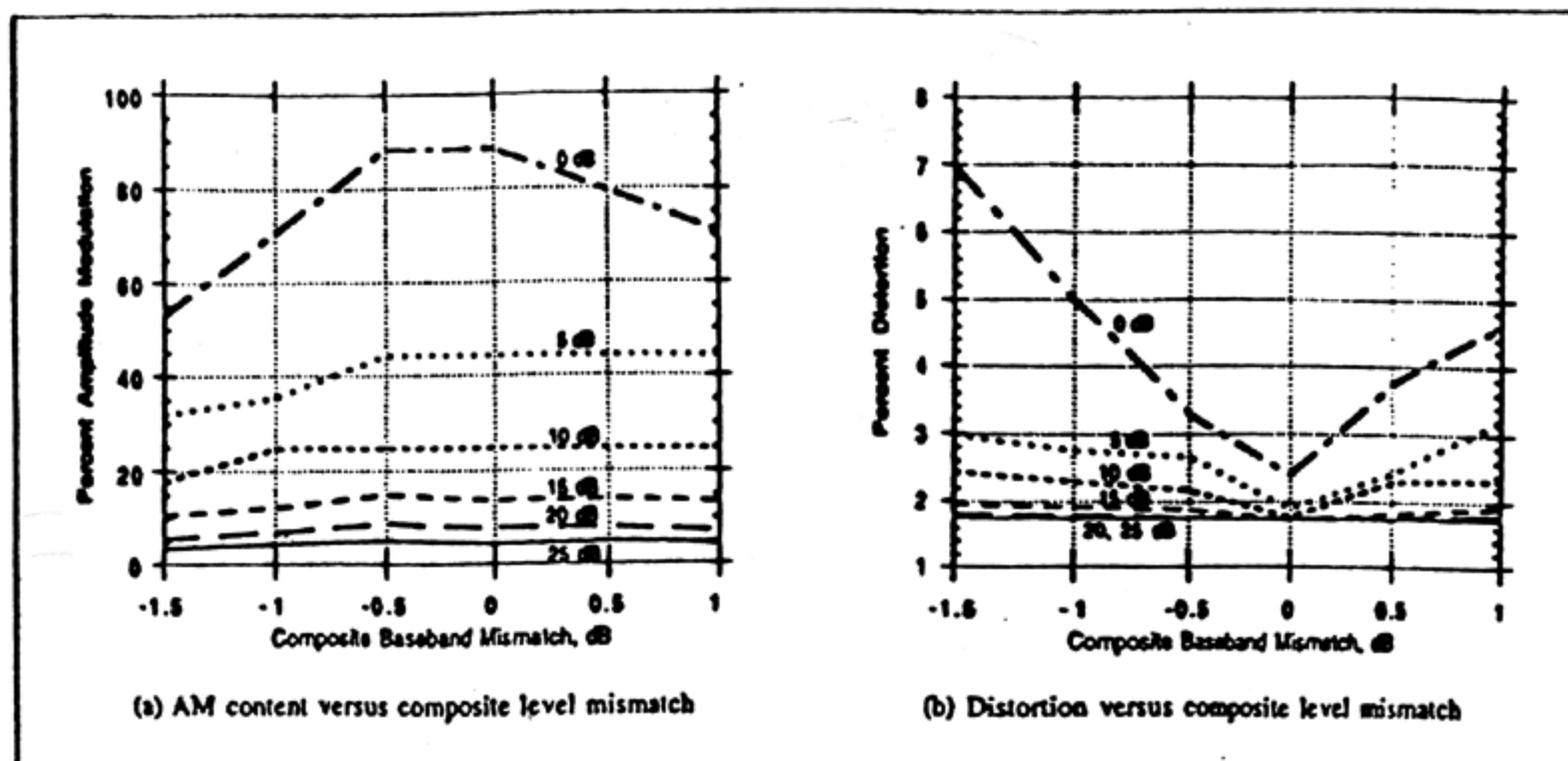


Figure 4. Data taken for unsynchronized operation over 0-25 dB carrier signal ratios

presentes durante la recopilación de datos, fueron incluidos en las medidas para producir figuras de distorsión por sobremodulación.

El contenido de AM, el otro parámetro monitorado, fue definido como el componente de amplitud creado por la interacción de las señales de transmisor principal y del booster. Fue medido empleando un circuito de detección de envolvente contenido en el monitor de modulación, que normalmente se mide para tener una indicación relativa de diferentes caminos de señal para el ajuste de la antena en el receptor [8,9]. La selección de este detector se basó en estudios internacionales de circuitos de de-énfasis automáticos (máscara de distorsión por rebotes) empleados en los receptores de automóvil [10]. Se empleó un osciloscopio con memoria para hacer la proporción de la componente de amplitud monitorada sobre varios segundos por muestra.

DATOS DE MEDIDA Y RESULTADOS

Recopilación de datos

La recopilación de datos para el estudio se realizó en tres fases. Durante las dos primeras fases, los enlaces trabajaron independientemente (empleando la Opción 1 mostrada en la Figura 3). La tercera fase empleaba sólo un enlace (empleando la Opción 2). Para las tres fases, las lecturas del nivel de AM y distorsión fueron tomadas en función de la relación de niveles

de señal entre el transmisor principal y el booster, y en función de otros parámetros descritos más adelante. Debido a que existió una excelente relación entre las lecturas de distorsión tomadas del monitor y del receptor del automóvil, en los gráficos sólo se muestra la distorsión del receptor.

Fase I: funcionamiento no sincronizado. La primera fase midió el sistema en modo no sincrónico, con los conversores empleando sus propios osciladores internos de referencia en lugar de enlazar con la referencia piloto (las frecuencias de la portadora fueron igualadas manualmente con un margen de algún Herzio de diferencia entre uno y otro). En este modo de operación, no se emplearon las unidades de retardo. Los datos se tomaron como una función de diferencia del nivel, sobre un margen entre -1.5 y +1 dB en incrementos de 0.5 dB. Los gráficos de las Figuras 4a y 4b ilustran los resultados.

La Figura 4a muestra el componente de la modulación de amplitud para seis diferentes relaciones de nivel de RF frente a la diferencia de nivel de señal en banda base. Mientras que la línea base de generación de AM fue sobre el 2.5% para cada uno de los sistemas principal o booster trabajando independientemente, no se apreció un

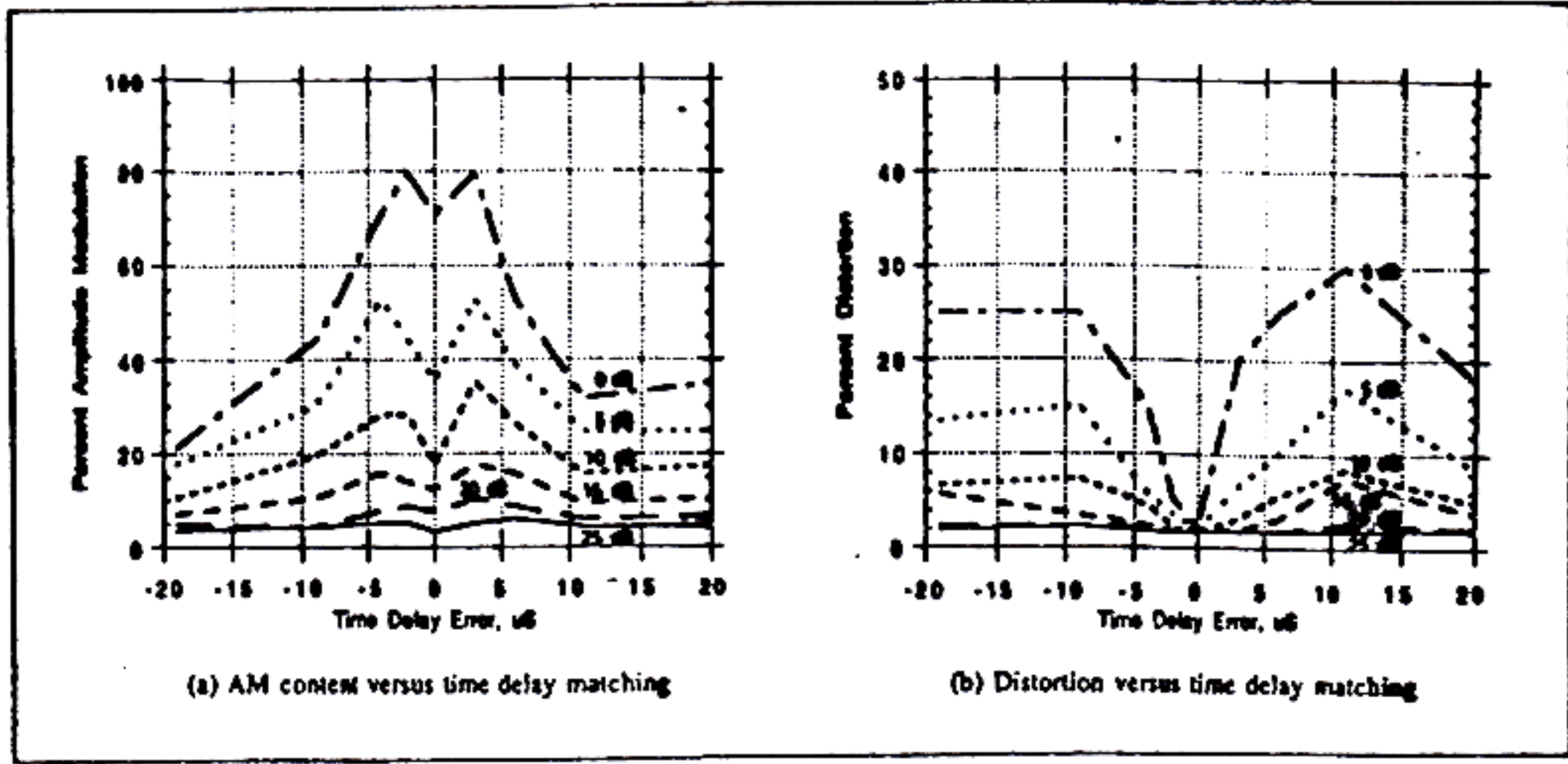


Figure 5. Data taken for carrier synchronized operation

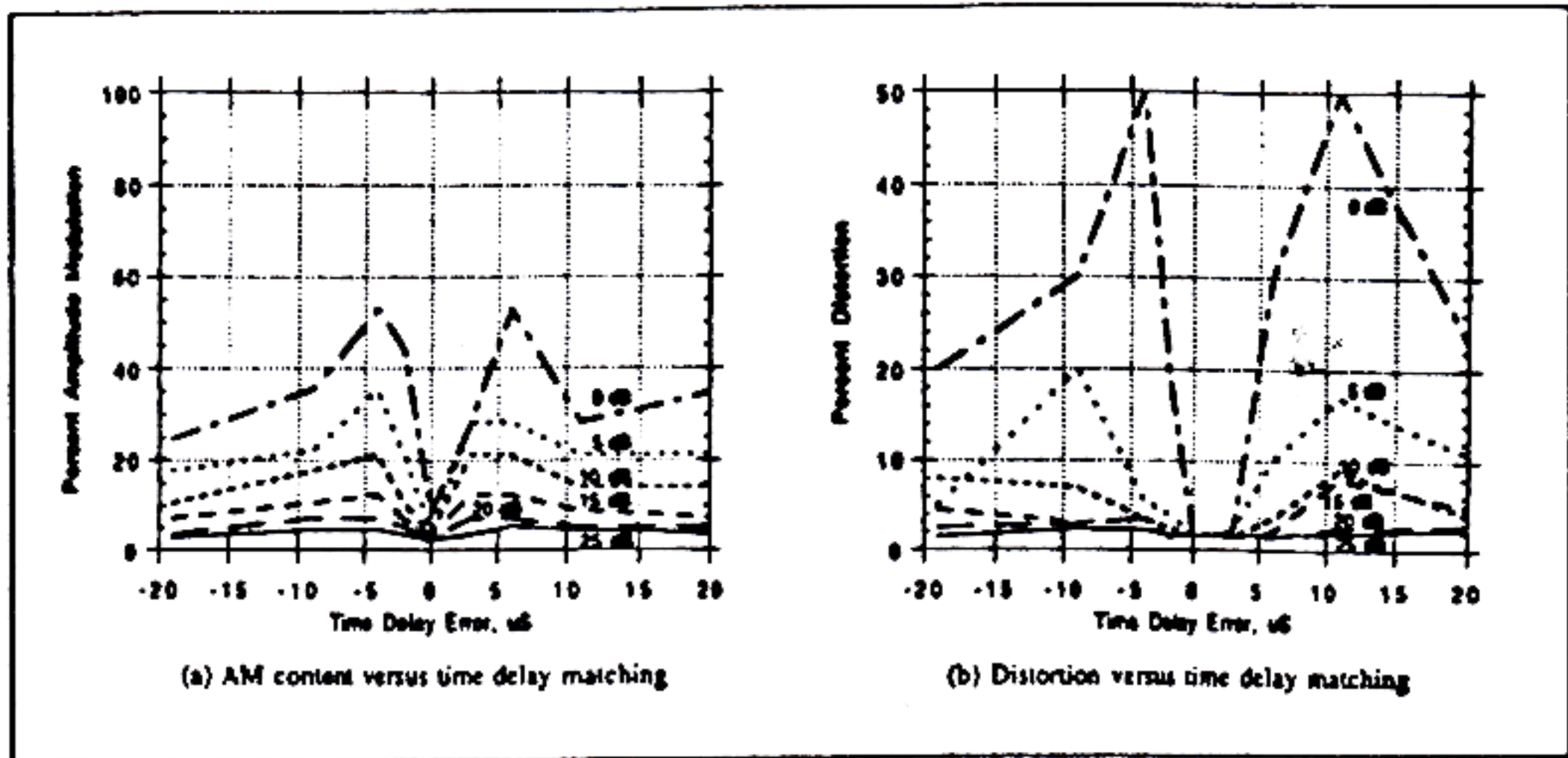


Figure 6. Data taken for carrier and modulation synchronization

empeoramiento hasta que los niveles de RF se fijaron dentro de un margen de 20 dB el uno del otro. Cuanto más disminuye la proporción de niveles de la señal, el componente de AM se incrementa rápidamente, pasando por encima del 50% cuando los niveles de señal caen por debajo de 5 dB entre uno y otro. Aún ajustando cuidadosamente los niveles de señal no se produjeron mejoras significativas.

La Figura 4b muestra la distorsión de audio medida para las mismas condiciones de prueba. No se midió un empeoramiento significativo inherente a la distorsión del audio (sobre un 1.5 %) hasta que la relación de la señal cae por debajo de 10 dB, con la última medida de distorsión alcanzando el 7%. Del mismo modo, cuando los niveles de señal compuesta se igualaron muy cercanos, se midió una menor distorsión.

Otra prueba fue realizada con las frecuencias de las portadoras del transmisor principal y el booster separadas por 500 Hz. No se detectó empeoramiento de la distorsión, pero el nivel de AM se incrementó más rápidamente, sobrepasando el 50% a relaciones de nivel menores de 15 dB.

Fase II: sincronización de la portadora. La segunda fase del estudio midió el sistema en modo de portadora sincronizada, con los convertidores de frecuencia enlazados a la señal piloto estéreo de referencia de 19 kHz. La unidad de retardo variable conectada al convertidor A se fijó para nueve retardos de tiempo individuales entre 131 y 171 microsegundos para cada nivel de señal medida, el cual fue equivalente al desplazamiento de tiempo relativo entre las señales del transmisor principal y el booster de -19 a +21 microsegundos. Los datos se tomaron en función del tiempo relativo de ajuste de los transmisores principal y booster, así como el ajuste del atenuador de nivel a la entrada del enlace transmisor A.

Los gráficos de las Figuras 5a y 5b muestran los resultados de las medidas para un mismo nivel de señal. La Figura 5a muestra el incremento del componente de AM cuando disminuye el nivel de RF, alcanzando cerca del 80% a 0dB. Cuando se ajustaron las señales más cerca en el tiempo, se observaron mayores niveles, con la medición de algunos niveles más bajos en el punto donde la relación de tiempo era exacta, así como cuando las señales que fueron eliminadas durante más de 10 microsegundos.

La medida de la distorsión bajo las mismas condiciones puede verse en la Figura 5b. Cuando las señales de RF del transmisor principal y del booster fueron perfectamente temporizadas, casi no hubo incremento de la distorsión, pero se detectó una rápida degradación a relaciones de bajo nivel cuando el ajuste de tiempo se desplazó más de cinco microsegundos.

También se descubrió la importancia de la igualación del nivel cuando se emplea este método de sincronización. 1 dB de desajuste empeora el área de medida de la componente de AM y distorsión a un punto por encima del mismo que se encontró para operación no sincronizada. Para un desajuste mayor de 1 dB, no se obtuvo ninguna ventaja en cuanto al ajuste de temporización de las señales de RF del transmisor principal y el booster; la componente de

AM excedió uniformemente el 50% para una señal menor que 10 dB.

Fase III: sincronización de la portadora y la modulación. La fase final de medida evaluó las prestaciones del sistema empleando un enlace simple y alimentando ambos convertidores. Otra vez, la señal piloto de 19 kHz se empleó para enlazar la frecuencia de los convertidores. Los datos se tomaron como una función relativa del ajuste de temporización de los transmisores principal y booster, sobre el mismo margen que las medidas realizadas sólo con la sincronización de la portadora. Los resultados de las medidas se muestran en los gráficos de las figuras 6a y 6b.

La figura 6a muestra la capacidad de este método de sincronización para reducir la generación de señal incidental de AM. La componente de AM encontrada cuando el ajuste de error de tiempo es cero, virtualmente no existe, con una generación menor de picos que la que se midió en las otras fases de la prueba.

El margen de medida de baja distorsión también se mejoró empleando este tipo de sincronización. La Figura 6b muestra que para una señal de RF mayor de 5 dB, la región de más de 10 microsegundos (correspondiente a unos 3 kilómetros, a 2.99 segundos por kilómetro), se redujo por debajo del 10% de distorsión, con lecturas más altas de distorsión sólo cuando se encontraba una señal de RF cercana a los tiempos de retardo relativos de cinco a diez microsegundos.

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Discusión

Las medidas tomadas en la configuración no sincronizada fueron sorprendentes, en tanto que los niveles de distorsión medidos se mantuvieron bajos en todos los casos, sin tener en cuenta la igualación de nivel de la señal en banda base. Sin embargo, los altos niveles de AM encontrados para niveles de RF menores que 10 dB son casi con certeza el factor dominante en la creación de las zonas de interferencia debidas a señales rebotes de señal que se manifiestan en un vehículo en movimiento.

El método de sincronización de la portadora redujo la generación de AM y mejoró las características de distorsión frente a la operación no sincronizada, tanto cuanto más igualados estuvieran los niveles de entrada de señal y las cadenas de transmisión. En la práctica, sin embargo, la componente de AM puede ser difícil de reducir en una moda predecible. Como en el caso de operación no sincronizada, los niveles de señal mayores de unos 15 dB produjeron una degradación a la señal recibida, sin tener en cuenta el retardo de tiempo relativo.

La sincronización de portadora y modulación proporcionó el mejor balance, reduciendo la componente incidental de AM y distorsión cuando las señales se ajustaron muy cercanas la una de la otra respecto al tiempo. Interpretando las áreas de mejora mostradas en los gráficos de las Figuras 6a y 6b, se determinó que el tiempo de ajuste selectivo puede mejorarse en una área hiperbólica. De nuevo, si el nivel de la señal excede 15 dB, los niveles de AM incidental y distorsión permanecieron bajos cuando los otros parámetros variaron.

La Figura 7 ilustra una zona alargada del modelo de estudio, mostrando la zona de interferencias y un área potencial de mejora cuando se emplean los métodos de ajuste de tiempo. La zona de interferencias se define por la región de sombras entre el límite de los contornos del transmisor principal y el booster que difieren 15 dB, fuera del contorno de 54 dBu de la emisora principal.

Las zonas de bandas sin sombra muestran un ejemplo del área que puede mejorarse sincronizando el tiempo de llegada de las señales de RF del transmisor principal y del booster. Cuando la señal es 0 dB es más estrecha, alrededor de 1,6 kilómetros,

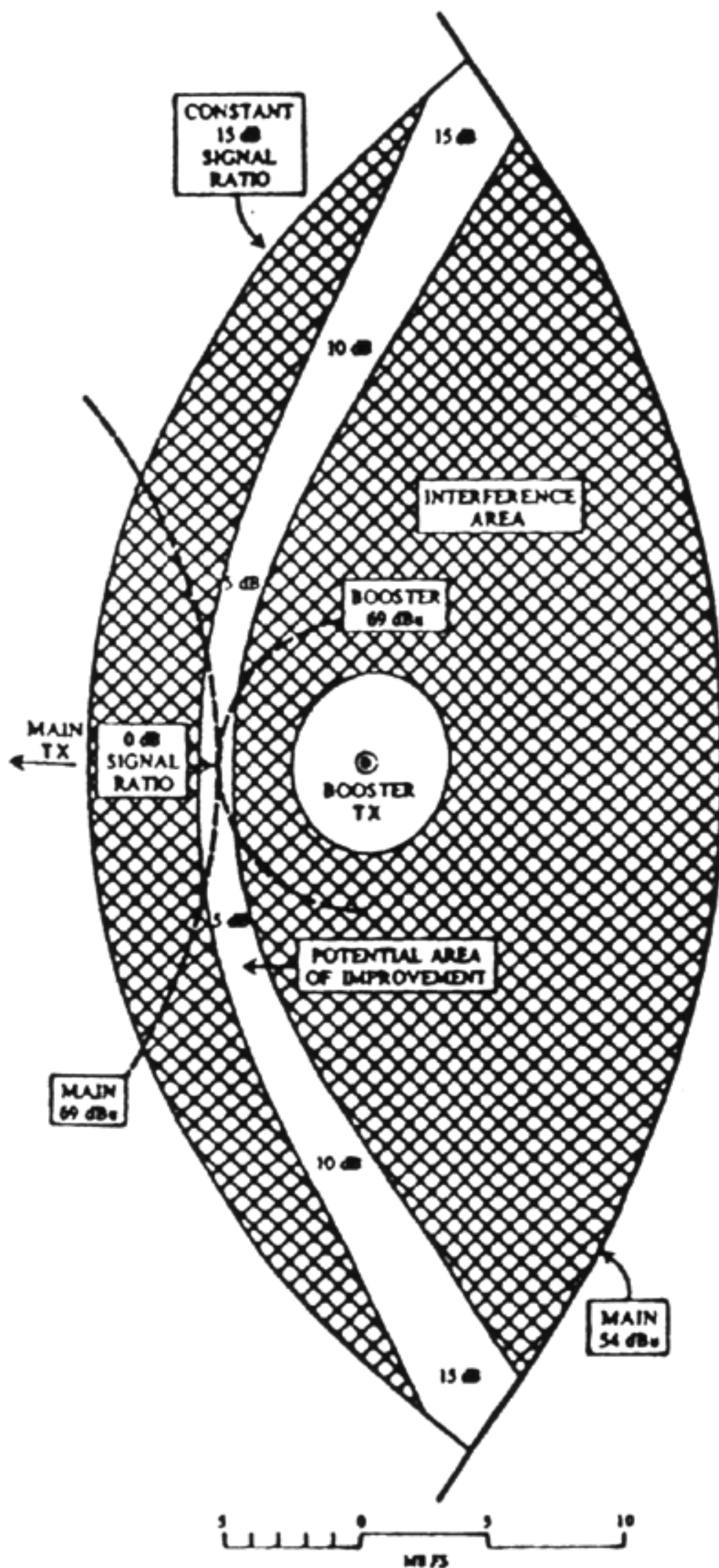


Figure 7. Study model showing interference zone and potential area of improvement

incrementándose a unos 3 kilómetros por 5 dB de señal y unos 5 kilómetros para 10 dB. Ajustando el retardo de tiempo, el área de mejora puede desplazarse a cualquier lugar dentro de la región de interferencias. En el caso del ejemplo, el área de mejora potencial es relativamente pequeña comparada con el área de interferencia total. En situaciones reales que incluyen colinas, montañas, u otros accidentes del terreno entre dos lugares, la mayoría de las zonas de interferencias pueden situarse en áreas no pobladas.

Líneas generales de mejora con un booster

La interpretación de los datos obtenidos indica que los booster construidos empleando cualquiera de los métodos de sincronización, incluyendo la no sincronización, pueden funcionar sin interrupciones significativas en áreas donde el nivel de RF se mantenga por debajo de 15 dB. En áreas de cobertura que estén limitadas por obstáculos del terreno, un booster sin sincronizar puede funcionar perfectamente.

Sin embargo, cuando se predicen los solapamientos de señal menores de 15 dB en áreas de cobertura importantes, los métodos de sincronización pueden introducir alguna mejora dentro de la región de solapamiento. Empleando el método de sincronización de modulación y portadora se añade una mejora en las características del sistema en cuanto al tiempo, debido a que las etapas de demodulación y modulación, propensas a desviar el sistema, no son necesarias. Además, la capacidad de guiar las mejoras de recepción en áreas críticas de la zona de interferencias, empleando igualaciones precisas de retardo de tiempo, puede ser muy útil en muchas situaciones.

Basados en el estudio de los resultados, se indican los pasos a seguir para el diseño de un booster de FM:

1. Identificación de los límites aproximados del área con problemas de cobertura a partir de los informes de la audiencia y la recepción de llamadas informales.
2. La toma de datos de fuerza de señal o el empleo de análisis por ordenador son los métodos para verificar los emplazamientos y el alcance de la cobertura perdida.

3. Identificar los emplazamientos potenciales del booster y los patrones de cobertura de las antenas.
4. Emplear técnicas de análisis del terreno por óptimo para el booster y el sistema de antenas para ampliar la zona de cobertura libre de interferencias del área afectada. Emplear un nivel de señal de 15 dB como base para identificar las zonas de interferencia.
5. Si todas las áreas de interferencia se encuentran en zonas no pobladas, puede no ser necesaria la sincronización del transmisor principal y el booster. De otro modo, identifique los emplazamientos que pueden mejorarse empleando la sincronización de RF. (Los ejemplos típicos de emplazamientos importantes incluyen las carreteras y áreas de población importantes). Calcular el tiempo de retardo necesario (a 2.99 microsegundos por kilómetro) para ajustar el retardo de las señales en el área escogida.

Se entiende que en las condiciones de un caso real, incluyendo las distorsiones por rebotes de señal y otros factores no inherentes al sistema booster, pueden degradar las últimas mejoras sugeridas por este estudio. Las futuras experiencias de estudio sobre el terreno deberán confirmar la validez de los datos presentados.

AGRADECIMIENTO

El fundamento para la parte de medición realizada en este estudio fue aportada por TFT Inc. El autor quiere agradecer a Joseph Wu, Darryl Parker, y Terry Peterson de TFT la cesión de su laboratorio, equipos, y orientación en el desarrollo de las pruebas.

REFERENCIAS

- [1] "FM Broadcast Translator Stations and FM Booster Stations" Code Federal Regulations, Título 47, Parte 74, Subparte L, Secciones 74.1201 a 74.1284.
- [2] Informe y Orden a los medios de comunicación Docket No. 87-13, adoptado el 16 de Julio de 1987, 2 FCC Rcd 4625 (1987).
- [3] Goldman, B. y D. Gooch, "Designing and Modeling High Power FM Boosters", procedente de la conferencia "42nd Annual Broadcast Engineering Conference", Asociación Nacional de Broadcasters, Abril de 1988, pp. 64-69.
- [4] Smith C.E. "Directional Antenna Patterns" Instituto de Radio Electrónica de Cleveland, 1958 p. 1.7.
- [5] Manual de Instrucciones del Generador de Base de Tiempos TFT Inc. modelo 8921. Octubre 1990.
- [6] Manual de Instrucciones del Reciter Síncrono TFT Inc. modelo 8900 FM. Octubre 1991.
- [7] Manual de Instrucciones de la Línea de Retardo Digital TFT Inc. modelo 8920. Enero 1991.
- [8] Manual de Instrucciones del Monitor de Modulación y Estéreo TFT Inc. modelo 844A. Enero 1991.
- [9] RCA Corporation Tipo CA3189E Sistema de IF en FM. "Linear Integrated Circuits Databook". 1982 pp. 1036-1041.
- [10] Informe 1067 del CCIR. "Improvement of the Reception Quality in Automobiles for Frequency Modulation Sound Broadcasts in Band 8 (VHF)". Informes y Recomendaciones del CCIR, XVIth Asamblea Plenaria en Dubrovnik 1986, Volumen X, Parte I, Broadcasting Service (Sound) pp. 256-262.