[[1]](#footnote-1)

Evaluación de desempeño de un ecualizador espacial no lineal en ambientes de comunicaciones móviles.

Performance evaluation of non linear space equalizer for mobile communications environment.

Apellido, Nombre1., Apellido, Nombre2 y Apellido, Nombre3.

{login1,login2, …}@xxx.yy.zz

Nombre Institución

*Resumen*—El problema de detección correcta de información transmitida a través de ambientes de comunicaciones móviles motiva a desarrollar un Ecualizador Espacial (SE) no lineal y evaluar su desempeño en estas condiciones. Para esto se construye la estructura general y se desarrolla un modelo matemático que permita el cálculo y actualización de los coeficientes del SE no lineal con el fin de garantizar un correcta detección de la información. Finalmente se evalúa el desempeño del ecualizador y se realizan comparaciones con un ecualizador lineal bajo diferentes condiciones de canal o ambientes de simulación y con distintas configuraciones de los ecualizadores.

*Palabras clave—*Arreglo de antenas, Canal con desvanecimiento, Comunicaciones móviles, Ecualizador espacial, Filtro adaptativo, Filtro de Volterra, LMS, MMSE, RLS.

*Abstract*— Reliable information detection on mobile communications environments lead us to develop a non linear Space Equalizer (SE) and evaluate its performance in different conditions. The general structure and the matematics model to estimate and update the equalizer coefficients are developed to achieve the goal of accurately detection of transmitted signals. Finally the SE performance is compared with the linear equalizer performance using different environment conditions and equalizers settings.

*Key words—* Antenna arrays, Adaptive filter, Fading channel, LMS, MMSE, Mobile communications, RLS, Space equalizer, Volterra filter.

# Introducción

Uno de los mayores problemas de los sistemas de comunicaciones móviles corresponde a la detección confiable de información, debido a que la señal o señales recibidas se han alterado o distorsionado al viajar a través del canal o medio de transmisión. Lo anterior destaca la importancia de la ecualización de señales para poder suprimir o compensar problemas presentes en la señal recibida tales como retardos, desfases, cambios en amplitud, interferencia intersímbolo (ISI), interferencia co-canal (CCI), distorsión, ruido o incluso superposición de múltiples versiones de la misma señal. El Ecualizador Espacial (SE) no lineal propuesto busca disminuir el impacto de efectos no deseados en la señal recibida sin incrementar la potencia de la señal transmitida e igualmente la del ruido, debido a que el incremento de potencia en el transmisor está condicionado por las características físicas de los dispositivos que forman el sistema.

En (MIT Lincoln Laboratory, n.d.), (Rappaport, n.d.), (A. J. Paulraj, 1997) y (A. Paulraj & Papadias, 1997) se explica uno de los problemas que se pueden presentar en la propagación de señales en sistemas de comunicaciones móviles, el desvanecimiento o fading, que corresponde con variaciones de la señal en amplitud, fase o retardo sobre un periodo de tiempo o la distancia recorrida por la señal. Los tipos de fading mencionados en (Rappaport, n.d.) debido al tiempo de retardo de propagación multi-camino son flat fading y frequency selective fading.

La integración de las múltiples técnicas formuladas y desarrolladas en (Flury, n.d.), (Rappaport, n.d.), (Diniz, 2008) y (Boccuzzi, 2008)como las series de Volterra, ecualizadores lineales, filtrado adaptativo y técnicas de opti- mización permitirán el desarrollo y evaluación del SE propuesto. El ecualizador propuesto utiliza un filtro polinomial cruzado que es capaz de generar información adicional a partir de la que se recibe originalmente en cada una de las antenas que componen el SE. El contar con mayor información permitirá conseguir una mejor ecualización de la señal y por ende una detección fiel de la información transmitida originalmente.

El artículo está organizado como sigue, en la Sección 2 se describe el ambiente de operación, la estructura y el desarrollo matemático para el SE no lineal propuesto. En la Sección 3 se muestran, comparan y analizan los resultados de evaluación del desempeño del ecualizador propuesto. Finalmente, en la Sección 4 se presentan las conclusiones.

# Ecualizador espacial no lineal

Se considera un sistema de comunicaciones inalámbrico de una antena transmisora y de *N* antenas receptoras, es decir, un sistema SIMO (*Single Input Multiple Output*) donde cada antena receptora recibe una versión diferente de la señal transmitida. Para el sistema de comunicaciones se considerará un modelo de canal *frequency nonselective flat fading* con ruido aditivo.

Para representar los efectos del desvanecimiento introducidos por el canal, la señal transmitida se ve afectada por un factor multiplicativo como se muestra en (Proakis, Salehi, & Bauch, 2012) y (Yang et al., 2009) y que se mantiene constante durante el intervalo del símbolo, adicionalmente la señal también se ve afectada por el ruido del canal. Se analizarán diferentes modelos de ruido cambiando su función de densidad de probabilidad, se utilizará ruido con distribución de probabilidad Gaussiana Generalizada (Novey, Adali, & Roy, 2010)variando el parámetro de forma. Tanto las funciones del modelo del ruido como las funciones del modelo del fading son funciones complejas y que se asumen estadísticamente independientes de canal a canal e idénticamente distribuidas.

La descripción anterior del canal puede expresarse como:

# La matemática

Si usted está usando *Word*, use el Editor de Ecuaciones de Microsoft o el complemento *MathType* (http://www.mathtype.com) para las ecuaciones en su documento (Insertar | Objeto | Crear Nuevo | Editor de Ecuaciones de Microsoft o Ecuación MathType).

# Las unidades

Use SI (MKS) o CGS como unidades primarias. (Se prefieren las unidades del SI fuertemente.) Pueden usarse las unidades inglesas como unidades secundarias (en paréntesis). **Esto se aplica a los documentos en el almacenamiento de información.** Por ejemplo, escriba “15 Gb/cm2 (100 Gb/in2).” Una excepción es cuando se usan las unidades inglesas como los identificadores en el comercio, como “3½ en la unidad de disco.” Evite combinar SI y unidades de CGS, como la corriente en los amperios y el campo magnético en oersteds. Esto lleva a menudo a la confusión porque las

TABLE I

Units for Magnetic Properties

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Symbol | Quantity | Conversion from Gaussian and  CGS EMU to SI a |
| Φ | magnetic flux | 1 Mx → 10−8 Wb = 10−8 V·s |
| *B* | magnetic flux density,  magnetic induction | 1 G → 10−4 T = 10−4 Wb/m2 |
| *H* | magnetic field strength | 1 Oe → 103/(4π) A/m |
| *m* | magnetic moment | 1 erg/G = 1 emu  → 10−3 A·m2 = 10−3 J/T |
| *M* | magnetization | 1 erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3  → 103 A/m |
| 4π*M* | magnetization | 1 G → 103/(4π) A/m |
| σ | specific magnetization | 1 erg/(G·g) = 1 emu/g → 1 A·m2/kg |
| *j* | magnetic dipole  moment | 1 erg/G = 1 emu  → 4π × 10−10 Wb·m |
| *J* | magnetic polarization | 1 erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3  → 4π × 10−4 T |
| χ*,* κ | susceptibility | 1 → 4π |
| χρ | mass susceptibility | 1 cm3/g → 4π × 10−3 m3/kg |
| μ | permeability | 1 → 4π × 10−7 H/m  = 4π × 10−7 Wb/(A·m) |
| μr | relative permeability | μ → μr |
| *w, W* | energy density | 1 erg/cm3 → 10−1 J/m3 |
| *N, D* | demagnetizing factor | 1 → 1/(4π) |

No vertical lines in table. Statements that serve as captions for the entire table do not need footnote letters.

aGaussian units are the same as cgs emu for magnetostatics; Mx = maxwell, G = gauss, Oe = oersted; Wb = weber, V = volt, s = second, T = tesla, m = meter, A = ampere, J = joule, kg = kilogram, H = henry.

ecuaciones no cuadran dimensionalmente. Si usted debe usar unidades mixtas, claramente declare las unidades para cada cantidad en una ecuación.

La unidad del SI para la fuerza del campo magnético H es A/m. Sin embargo, si usted desea usar unidades de T, o referirse a densidad de flujo magnético *B* o la fuerza del campo magnético simbolizadas como µ0*H*. Use un punto en el centro para separar las unidades compuestas, por ejemplo, “A·m2.”

# Indicaciones útiles

## figuras y tablas

Las figuras grandes y tablas pueden ocupar el espacio de ambas columnas. Ponga los subtítulos de las figuras debajo de las figuras; ponga los títulos de las tablas sobre las tablas. Si su figura tiene dos partes, incluya las etiquetas “(a)” y “(b)” como parte de las obras de arte. Por favor verifique que las figuras y tablas que usted menciona en el texto realmente existan. **Por favor no incluya subtítulos como parte de las figuras. No ponga subtítulos en “cuadros de texto” vinculados a las figuras. No ponga bordes externos en sus figuras.** Use la abreviación “Fig.” incluso al principio de una frase. No abrevie “Tabla”. Las tablas se numeran con números romanos.

**No use color a menos que sea necesario para la interpretación apropiada de sus figuras.** Las etiquetas de los ejes de las figuras son a menudo una fuente de confusión. Use palabras en lugar de símbolos. Como ejemplo, escriba la cantidad “Magnetización,” o “Magnetización M,” no sólo “M.” Ponga las unidades en los paréntesis. No etiquete los ejes sólo con las unidades. Como en la Fig. por ejemplo, 1 escriba “Magnetización (A/m)” o “Magnetización (A·m-1)” no sólo “A/m.” No etiquete los ejes con una proporción de cantidades y unidades. Por ejemplo, escriba “Temperatura ( K),” no “Temperatura /K.”

Los multiplicadores pueden ser sobre todo confusos. Escriba “Magnetización (kA/m)” o “Magnetización (103 A/m).” No escriba “Magnetización (A/m) × 1000” porque el lector no sabrá si la etiqueta del eje de arriba en la Fig. 1 significa 16000 A/m o 0.016 A/m. Las etiquetas de la figura deben ser legibles, aproximadamente 8 a 12 tipo punto.

## Referencias

Numere las citas consecutivamente en paréntesis cuadrados [1]. El punto de la frase sigue los paréntesis [2]. múltiples referencias [2], [3] son numeradas con los paréntesis separados [1]–[3]. Al citar una sección en un libro, por favor dé los números de página pertinentes [2]. En las frases, simplemente refiérase al número de la referencia, como en [3]. No use “Ref. [3]” o “referencia [3]” excepto al principio de una frase: “la Referencia [3] muestra... .”

Numere las notas a pie de página separadamente en los exponentes (Insertar | Referencia | Nota a pie de página). Ponga la nota a pie de página actual al fondo de la columna en que se cita; no ponga las notas a pie de página en la lista de referencias (notas del final). Use letras para las notas a pie de página en la tabla (ver Tabla I).

Por favor note que las referencias al final de este documento están en estilo referido preferido. Dé todos los nombres de los autores; no use “el al del” a menos que hay seis autores o más. Use un espacio después de las iniciales de los autores. Documentos que no se han publicado deben citarse como “inédito” [4]. Documentos que se han sometido o se han aceptado para la publicación deben citarse como “sometido a publicación” [5]. Por favor dé afiliaciones y direcciones para las comunicaciones personales [6].

Escriba con mayúscula sólo los primeros términos del título del documento, salvo los nombres propios y símbolos del elemento. Si usted esta corto de espacio, puede omitir los títulos del documento. Sin embargo, los títulos del documento son útiles a sus lectores y se recomiendan fuertemente.

## Abreviaciones y Siglas

Defina las abreviaciones y siglas la primera vez que sean usadas en el texto, incluso después de que se hayan definido en la teoría. Las abreviaciones como IEEE, SI, ac, y dc no tienen que ser definidas. Las abreviaciones que llevan puntos incorporados no deben tener espacios: escriba “C.N.R.S.,” no “C. N. R. S.” No use las abreviaciones en el título a menos que ellas sean inevitables (por ejemplo, “IEEE” en el título de este artículo).

## Ecuaciones

Numere las ecuaciones consecutivamente con los números de la ecuación en paréntesis contra el margen derecho, como en (1). Primero use al editor de ecuaciones para crear la ecuación. Luego seleccione estilo de encarecimiento “Ecuación”. Presione la tecla tab y escriba el número de la ecuación en los paréntesis. Para hacer sus ecuaciones más compactas, usted puede usar (/), la función exp, o exponentes apropiados. Use los paréntesis para evitar las ambigüedades en los denominadores. Puntúe las ecuaciones cuando ellos son parte de una frase, como en

 (1)

Esté seguro que los símbolos en su ecuación han estado definidos antes de aparecer la ecuación o inmediatamente enseguida. Ponga en cursiva los símbolos (*T* podría referirse a la temperatura, pero T es la unidad tesla). Refiérase a “(1),” no a “Eq. (1)” o “la ecuación (1),” excepto al principio de una oración: “la Ecuación (1) es... .”

## Otras Recomendaciones

Use un espacio después de los puntos finales y de los dos pontos. Una con guión los modificadores complejos: “campo - cero -refrescando la magnetización.” Evite hacer balancear en el aire los participios, como, “Usando (1), el potencial era calculado.” [No está claro quién o que usó (1).] Escriba en cambio, “El potencial era calculado usando (1),” o “Usando (1), nosotros calculamos el potencial.”

Use un cero antes de los puntos decimales: “0.25,” no “.25.” Use “cm3,” no “cc.” Indique las dimensiones simplificadas como “0.1 cm 0.2 cm,” no “0.1 0.2 cm2.” La abreviación para “segundos” es “s,” no “sec.” No mezcle los nombres completos y abreviaciones de unidades: use “Wb/m2” o “webers por metro cuadrado,” no “webers/m2.” Al expresar un rango de valores, escriba “7 a 9” o “7-9,” no “7~9.”

Una declaración en paréntesis al final de una frase se puntúa fuera del paréntesis del cierre (gusta esto). (Una frase en paréntesis se puntúa dentro de los paréntesis.) En inglés americano, los puntos finales y comas van dentro de las comillas, como “este punto.” Otra puntuación va “afuera”! Evite las reducciones; por ejemplo, escriba “do not” en lugar de “don’t.” La coma consecutiva se prefiere: “A, B, y C” en lugar de “A, B y C.”

Si usted desea, puede escribir en primera persona singular o plural y puede usar la voz activa (“yo observé que...” o “Nosotros observamos que...” en lugar de “fue observado que...”). Recuerde verificar la ortografía. Si su idioma nativo no es inglés, por favor consiga que un colega angloparlante nativo corrija su documento.

# Algunos Errores Comunes

La palabra “data (datos)” es plural, no singular. El subíndice para la permeabilidad del vacío µ0 es cero, no un escriba en letras minúsculas la letra “o.” El término para la magnetización residual es “remanente. Use la palabra “micrómetro” en lugar de “microm.” Un gráfico dentro de un gráfico es una “intercalación,” no una “inserción.” La palabra “alternativamente” se prefiere a la palabra “alternadamente” (a menos que usted realmente quiera decir algo que alterne). Use la palabra “considerando que” en lugar de “mientras” (a menos que usted está refiriéndose a los eventos simultáneos). No use la palabra “esencialmente” para significar “aproximadamente” o “eficazmente.” No use la palabra “emisión” como una alusión para “problema.” Cuando las composiciones no son los símbolos químicos especificados, separados por-guiones; por ejemplo, “NiMn” indica la aleación Ni0.5Mn0.5 compuesto considerando que “Ni-Mn” indica una aleación de alguna composición NixMn1-x.

Sea consciente de los diferentes significados de los homófonos “afectar” (normalmente un verbo) y “efecto” (normalmente un nombre), “complemento” y “cumplimiento,” “continúo” y “discreto,” “principal” (por ejemplo, “el investigador principal”) y “principio” (por ejemplo, “el principio de medida”). No confunda “implicar” e “inferir.”

Los prefijos como “non,” “sub,” “micro,” “multi,” y “" ultra” no son palabras independientes; ellas deben unirse a las palabras que ellos modifican, normalmente sin un guión. No hay ningún período después “et” en la abreviación latina “*et al.*” (también se pone en cursiva). La abreviación “i.e.,” significa “es decir,” y la abreviación “e.g.,” significa “por ejemplo” (estas abreviaciones no se ponen cursiva).

Un excelente manual de estilos y fuente de información para escritores de la ciencia es [8]. Una guía general de estilos IEEE, *Información para Autores*, está disponible en http://www.ieee.org/organizations/pubs/transactions/information.htm

# Política editorial

No se requiere sumisión de un manuscrito por la participación en una conferencia. No someta una versión de una nueva presentación de un documento que usted ha sometido o ha publicado en otra parte. No publique datos o resultados “preliminares”. El autor sometido es responsable para estar de acuerdo con todos los coautores y cualquier consentimiento requerido de los patrocinadores antes de someter un documento (paper). IEEE TRANSACTIONS and JOURNALS disuade fuertemente la paternidad literaria de cortesía. Es obligación de los autores citar el trabajo previo pertinente.

Las TRANSACCIONES publican documentos relacionados a conferencias que se han recomendado para la publicación en base a la revisión del par.

Por lo menos se requieren dos revisiones para cada documento sometido. Para los documentos relacionados a conferencias, la decisión para aceptar o rechazar un documento es hecho por los editores de la conferencia y el comité de publicaciones; las recomendaciones de los árbitros sólo son asesorías. Inglés indescifrable es una razón válida para el rechazo. Los autores de documentos rechazados pueden revisar y resometer ellos a las TRANSACCIONES como los documentos regulares, después de lo cual ellos se repasarán por dos nuevos árbitros.

# Principios de publicación

El contenido de las TRANSACCIONES y PERIÓDICOS de IEEE son repasados por el par y archivados. Las TRANSACCIONES publican artículos eruditos de valor del archivo así como exposiciones tutoriales y revisiones críticas de asuntos clásicos y temas de interés actual.

Los autores deben considerar los puntos siguientes:

Documentos técnicos sometidos a publicación deben adelantar el estado de conocimiento y deben citar el trabajo previo pertinente.

La longitud de un documento sometido debe ser correspondiente con la importancia, o apropiado a la complejidad, del trabajo. Por ejemplo, una extensión obvia de trabajo previamente publicado no podría ser apropiada para la publicación o podría tratarse adecuadamente en sólo unas páginas.

Los autores deben convencer a ambos críticos del par y los editores del mérito científico y técnico del documento; las normas de prueba son más altas cuando se reportan resultados extraordinarios o inesperados.

Porque la repetición se requiere para el progreso científico, documentos sometidos a la publicación deben proporcionar información suficiente para permitirles a los lectores realizar experimentos similares o cálculos y usar los resultados informados. Aunque no todo necesita ser descubierto, un documento debe contener nueva, usada, e información totalmente descubierta. Por ejemplo, la composición química de un espécimen necesita que no se informe si el propósito principal de un documento es introducir una nueva técnica de la medida. Los autores deben esperar ser desafiados por críticos si los resultados no son soportados por los datos adecuados y los detalles críticos.

Documentos que describen el trabajo continuo o anuncian el último logro técnico que es conveniente para la presentación en una conferencia profesional no pueden ser apropiados para la publicación en TRANSACCIONES o PERIÓDICOS

# Conclusiones

Una sección de conclusiones no se requiere. Aunque una conclusión puede repasar los puntos principales del documento, no reproduzca lo del resumen como conclusión. Una conclusión podría extender la importancia del trabajo o podría hacer pensar en aplicaciones y extensiones.

Apéndice

Los apéndices, si son necesarios, aparecen antes del reconocimiento.

Reconocimiento

La ortografía preferida de la palabra “acknowledgment” en inglés americano es sin una “e” después de la “g.” Use el título singular aun cuando usted tiene muchos reconocimientos. Evite las expresiones como “Uno de nosotros (S.B.A.) gustaría agradecer... .” En cambio, escriba “F. A. agradecimentos del autor... .” **reconocimientos a patrocinador y de apoyo financieros se ponen en la nota a pie de página de la primera página sin numerar.**

referencias

Boccuzzi, J. (2008). *Signal Processing for Wireless Communications* (p. 537). Mc Graw Hill.

Diniz, P. (2008). *Adaptive Filtering Algorithms and Practical Implementation* (Third., p. 627). Rio de Janeiro: Springer.

Flury, M. (n.d.). An Enhanced Space-time Equalizer for MIMO Multi-code CDMA Systems. *2006 IEEE 63rd Vehicular Technology Conference*, *6*, 2848–2853. doi:10.1109/VETECS.2006.1683388

MIT Lincoln Laboratory. (n.d.). *Nonlinear Equalization for Receiver Dynamic Range Extension* (pp. 1–2).

Novey, M., Adali, T., & Roy, A. (2010). A Complex Generalized Gaussian Distribution- Characterization, Generation, and Estimation. *IEEE Transactions on Signal Processing*, *58*(3), 1427–1433. doi:10.1109/TSP.2009.2036049

Paulraj, A. J. (1997). Space-time processing for wireless communications, *14*(6), 49–83. doi:10.1109/79.637317

Paulraj, A., & Papadias, C. (1997). Space-time processing for wireless communications. *Signal Processing Magazine, IEEE*, *14*(November), 49–83. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\_all.jsp?arnumber=637317

Proakis, J., Salehi, M., & Bauch, G. (2012). *Contemporary Communication Systems Using Matlab* (Third., p. 640). Cengage Learning.

Rappaport, T. (n.d.). *Wireless Communications Principles And Practice* (Second., p. 641). Prentice Hall.

Yang, W., Cho, Y., Jeon, W., Lee, J., Kim, J., Paik, J., … Woo, K. (2009). *MATLAB/Simulink for Digital Communication* (p. 437). A-JIN.

1. [↑](#footnote-ref-1)