TxRx Pong: Un Caso de Radio Arte
TxRx Pong: Touching Radio Art

Juan Reyes
Artelab, Fundación Maginvent,
CCRMA, Stanford Universtity
juanig@Maginvent.ORG

Resumen

El título *TxRx Pong*, de la obra de radio arte que se describe en este artículo, hace referencia a dos protocolos de comunicación utilizados en sistemas de transmisiones por el aire o por cables. Pong es un lado del pingponeo de una señal que va y viene, al igual que Tx es transmite y Rx recibe. Sin embargo y con mayor trascendencia, esta obra es parte de una búsqueda, técnica en gran parte pero también de probabilidades en un medio que multiplica, amplifica y transporta el gesto, no sólo a partir del sonido, sino con cualquier dominio que estimule la imaginación. Aquí se reflexiona sobre una aproximación sensible al medio de la radio, partiendo de varias de sus posibilidades de difusión en el aire y además se describe el pinchado al aire (por no decir intervención) y la formación de una burbuja seguida de ondas en un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Se parte de lo histórico y lo técnico para forjar ideas de transmisión y motivos que no pueden existir en otra dimensión. Este artículo muestra el proceso y desarrollo de *TxRx Pong*, que es una obra presentada en el Proyecto Transmisiones (ver dispositivo en la figura 1), en el marco de los 12 Salones Regionales del Programa Salón Nacional de Artistas, en Colombia, durante los años 2007 y 2008 [1].

[1] Bernal M. y F. Escobar, 2007

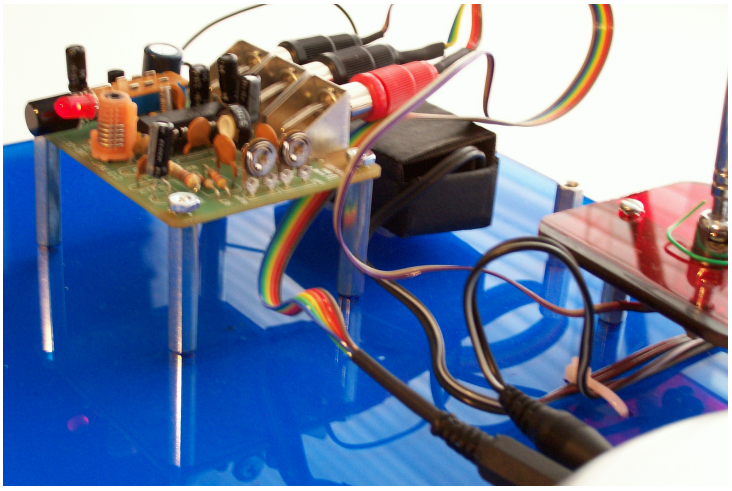

Figura 1: Un transmisor de *TxRx Pong*, que consta del dispositivo electrónico, la antena de emisión a la derecha y las conexiones al reproductor de discos compactos.

Motivación

Gregory Whitehead, en su artículo *Out of the dark: Notes on the Nobodies of Radio Art* [2], describe un universo por el aire, sin cables ni conexiones. En este universo la comunicación entre los seres está basada en varios poderes que van por el aire, quizá inspirado en la fantasía por capítulos de *Moby Dick*, la espada láser pero también en la profunda fuente de admiración que los seres humanos sentimos por ciertas fuerzas de la naturaleza como el rayo y el trueno. Este fenómeno normalmente percibido como un destello de luz y un fuerte sonido, es una representación de la fortaleza y de varios poderes ocultos que han sido siempre admiración entre las civilizaciones. Por esto es fácil pensar en un ser muy poderoso y sobre-dotado con poderes que se representan con un rayo de luz y mucho sonido. También en un gesto que aplica y transmite estas fuerzas por el aire benévolamente o no. El rayo o el sonido no son siempre homogéneos sino modulados y, por lo tanto, su trayectoria es poco predecible, aunque podría definir o delinear un gesto. Si a estas fuerzas audiovisuales sumamos otros poderes ocultos como el magnetismo y la electricidad, es posible que este ser poderoso sea invisible y con poderes impredecibles. Como evidencia por sinestesia, por los nervios o por el sentido del tacto, sabemos que sus gestos se percibirían para bien o para mal.

[2] Whitehead, 1994

Esta explicación un poco en el entorno metafísico o literario, simplemente sirve como motivación para reflexionar sobre el medio electromagnético. Aunque el sonido son moléculas de aire en oscilación, igualmente trasmiten la energía con ondas que intervienen el sentido de la escucha. El otro lado del espectro, como la luz, también son oscilaciones pero en el medio electromagnético. La potencia del uno o del otro sólo la puede medir nuestra percepción. El sonido acústico viaja cortas distancias comparado con energías a niveles electromagnéticos. La luz es percibida por la vista, pero el complemento de este espectro necesita de dispositivos adicionales para poderse describir. El caso de las ondas de radio es un ejemplo directo ya que el receptor de radio traduce un rango del espectro en ondas de sonido que percibimos con la escucha.

Sobre el caso del ser sobre-dotado y con poderes extraños y externos a los cinco sentidos comunes en los humanos, es posible pensar en una persona que despliega su fuerza y poderes por medio de rayos de luz y vibraciones con magnetismo. Así mismo, es fácil imaginarse que su energía se traduce a un protocolo de comunicación o simplemente en una expresión. Al ser un gesto, éste revela alguna fuerza en defensa propia o algún instinto de supervivencia pero igualmente la señal de un saludo, o un gesto sensible. De esta forma la fuerza electromagnética es portadora de una señal que expresa gestos que pueden ser interpretados al otro extremo. Además como este medio se encuentra aislado de frecuencias que percibimos con los sentidos del cuerpo, no es mucha la imaginación necesaria para ver una multitud de posibilidades en su exploración. La restricción está dada por los dispositivos que transmiten y que traducen ondas a sentidos como la escucha, la vista o el tacto. Por lo tanto el caso a seguir es el de algún rango de ondas que traspasan el aire para pensar en el radio-arte como un ambiente de modulación de señales gestuales que se transmiten, que recorren una distancia y que llegan a algún destino dentro de un perímetro esférico y circular. Una introducción técnica sobre la radio se encuentra en el apéndice 1.

Entorno

Ver para creer es motivación suficiente para una reflexión en las artes. Sin embargo la sensación de lo invisible y la esperanza de un fantasma en el espacio que pueda delinear un gesto que forma una obra con dimensiones fuera de lo físico, también puede ser el deseo de querer descubrir un velo. Para los

futuristas y en el manifiesto *La Radia* de F.T. Marinetti y Pino Masnata, el medio de la radio se define bajo la aéreo-poesía, un drama igual a teatro sin limites de espacio, dinamismo plástico, aéreo-pintura y cinematografía abstracta, entre otros. La idea de este manifiesto es sobreponerse a la máquina, la pintura, la química, y a la muerte, con la metalización del ser, abriendo la posibilidad de viajes ínter-celestiales. Así mismo, la radio no debe ser teatro, cine o libros. La radio suprime espacios, escenarios, tiempo, unidad de acción y, desde luego, audiencia física como la del concierto.

Entre las cualidades que la radio debe poseer se añade la liberación de otras tradiciones artísticas. La inmensificación del espacio. La recepción y amplificación de vibraciones producidas por el gesto. Un arte sin lugar, sin ayer o mañana. Lucha entre ruidos a distancias variadas. La utilización de interferencias entre emisoras, etc [3]. Whitehead también comenta que este manifiesto no es más sino la personificación de un medio invisible, como el fantasma que nunca muere; pero también añade que son fronteras de trabajo y guías para explorar este arte [4].

Sin embargo, el grupo de artistas radiales para un entorno histórico es limitado, quizás porque la imaginación de un cuerpo invisible en la mitad de un quasi-estado físico no va mas allá de la práctica. También porque el fantasma ha sido restringido a lo comercial y socio-político; porque ha sido relegado al confort pero igualmente a lo meteorológico, sistemas de control de misiles y viajes de sondas espaciales. Porque la radio es la voz de los gobiernos y la iglesia, todo dirigido y pre-meditado.

Pero se puede hablar de Antonin Artaud como el poeta que agota el papel y trasciende a la radio. En su obra *Pour En Finir Avec le Jugement de Dieu,* se inventa un sistema de sonidos a partir de letras, silabas, combinaciones y palabras para generar ideas y gestos que se transmitirían por Radio Francia en el año de 1947. Esta obra concebida totalmente en torno al medio radial, no logró su puesta al aire sino treinta años más tarde (circa 1977), por haber sido prohibida su transmisión gracias a la incomprensión de los entes a cargo de la emisora en esa época[5]. *Pour En Finir Avec le Jugement de Dieu* es considerada como un punto de partida del arte radial porque sigue muchos de los objetivos del manifiesto de *La radia*. Cabe notar que lo importante no es el sonido, son los gestos que se forjan al mezclar los sonidos, muchos

[3]Marinetti F.T. y P. Masnata, 1933
[4]Whitehead, 1994
[5]Weiss, 1994

ahora reconocidos y, percibidos como expresión verbal. Fuera de algunos instrumentos no temperados, Artaud inventa un conjunto de semánticas no tan solo por la conjugación verbal o el atractivo semántico de las palabras, sino por lo que expresan las combinaciones, prejuicios y el concepto mental como tal[6].

Comienzos del medio radial

Si el número de artistas radiales solía ser contado con los dedos, no así el sin-número de artistas, músicos, escritores y otros, a quienes la radio y las transmisiones ha afectado. Un caso notable es *Finnegans Wake*, de James Joyce. Durante los días de su exilio en París, Joyce fue un aficionado a la cultura popular y, por ende la radio. En *Radio Free Joyce*, James Connor afirma cómo bajo la influencia del medio de la radio, Joyce re-estructura la forma de la novela incrementando la cantidad de información expresada en lenguaje que puede transmitirse a través del medio[7].

Finnegans Wake, que a simple vista es una amalgama de eventos simultáneos, sin orden secuencial y aparentemente un caos, apenas se re-lee, desdobla su texto y refleja su estilo. Si la repetición estimula la memorización, entonces también implica reconocimiento y afinación del juicio; lo que Joyce utiliza en *Ulysses* para crear el paradigma de la propaganda que trasciende al mensaje publicitario. A partir de esa época (circa 1922), este hecho definiría la segmentación de la programación radial y el comercial de veinte segundos. La repetición y el concepto de tema y variaciones es un método común utilizado en las artes pero con más frecuencia en música [8].

Radio-aficionados

Sin restarle importancia, es imperativo mencionar el papel de los radioaficionados al pensar en el concepto de radio-arte. Mucho del desarrollo técnico del medio, al igual que un sistema de transmisiones, se obtuvo de este sector. Quizás también el desarrollo de la electrónica debido al deseo de querer amplificar señales de radio, principalmente de lugares lejanos. Por necesidad

[6]Artaud, 1974
[7]Connor, 1998
[8]Reyes, 2006b

los radio-aficionados inventaron dispositivos de amplificación como tubos con electrodos para transmisores y receptores. Años después, esto conduciría al invento del transistor y a la masificación del receptor de radio, eclipsado únicamente por el advenimiento de la televisión.

Como anécdota James Connor también comenta sobre los inicios de las transmisiones de música al aire[9]. En 1920, Frank Conrad, un ingeniero a cargo de experimentación en la Westinhouse, piensa en la idea de transmitir grabaciones de música al aire, como respuesta a numerosas conversaciones y chismes entre los radio-aficionados de los vecindarios de Pittsburg (EE.UU.). Poco a poco la gente comienza a escuchar y a disfrutar de la idea apreciando el medio, e incrementando peticiones de música y canciones que se utilizarían como entretenimiento. Aparentemente de forma ingenua, surgen las transmisiones de música al aire y con esto la posibilidad de emisoras comerciales e industrias de la difusión.

Emisoras y radio-difusoras

Para una lista de personajes interesados en radio-arte, hay que mencionar la importancia de la radio difusora y de las emisoras en los años cincuenta. Aunque en muchos casos eran instituciones del estado, en otros establecimientos comerciales, las emisoras y sus estudios de grabación también eran laboratorios y lugares para la experimentación y desarrollo. En Radio Francia, Pierre Scheaffer, realizó obras como *Etude aux Chemins de Fer*, que son el pivote del legado de la *Musique concrète*. También Herbert Eimert y Karlheiz Stockhaussen, en Radio Colonia, desarrollaron los fundamentos de la música electrónica y del género "electrónica en vivo" [10]. La obra *Ozeanflug*, de Bertolt Brecht, concebida bajo el término de verosimilitud, incorpora aspectos técnicos de la radio y fue motivada por una red de emisoras en Alemania que transmitían radio-arte en la primera mitad del siglo veinte, en particular, Radio Weimer [11]. La BBC, la RAI y la NHK en Japón, no fueron ajenas a éste espíritu de experimentación. Así mismo obras como *Cantos*, del poeta Ezra Pound; *The Wasteland*, de T.S. Elliot; y *Helen in Egypt* de Hilda "H.D." Doolitle, son poesía épica que sólo resonó por la radio. Sus transmisiones

[9] Connor, 1998
[10] Schrader, 1982
[11] Cory, 1994

generaron afectos y emociones en las generaciones de los días del radio [12].

Descripción del objeto

TxRx Pong, es una obra radiofónica pensada en el contexto de radio-arte, siguiendo algunos de los parámetros del manifiesto *La Radia* de los futuristas. La idea original enmarca un espacio circular con un radio no mayor a $20mts$. En el centro de esta circunferencia se colocan dos transmisores de radio en el rango de la FM, que emiten señal de radio, cada uno en una frecuencia independiente. La señal de emisión es lograda a partir de dos variaciones dispuestas en pistas de disco compacto. El toca-discos de CD está conectado a las entradas del circuito de oscilación de los transmisores. Este dispositivo reproduce la señal de audio que viene del disco al circuito para enviar al aire a través de una antena (ver foto figura 2). Para la reproducción de las señales de radio se colocan varios receptores con sintonizador FM dentro del perímetro de la circunferencia enmarcada por el foco de los transmisores. El sonido que se puede escuchar tiende a una cacofonía con elementos sonoros que se alinean o se desfasan, produciendo variaciones al pasar del tiempo. En esta obra, la señal de radio es generada a partir de un gesto logrado por sonidos provenientes de la disolvencia entre señales de voz hablada y sonidos temperados.

Transmisores en *TxRx Pong*

Los dispositivos utilizados para cada uno de los transmisores pueden verse en la foto de la figura 2, que muestra el sistema. A simple vista este objeto consiste en un circuito electrónico con entradas y salida, una antena conectada al circuito y el dispositivo de reproducción que es un toca-discos portátil de disco compacto adaptado a este sistema. La energía es suministradas por una batería de $9V.$, o se pueden utilizar adaptadores. Un esquema del sistema puede apreciarse en la figura 3.

En referencia al circuito electrónico para generar las ondas de radio, hay que especificar que es un diseño disponible comercialmente y puede ser obtenido directamente de Electronic Rainbow bajo la referencia FMST-100D [13].

[12] Morris, 1998
[13] Electronic, 1998

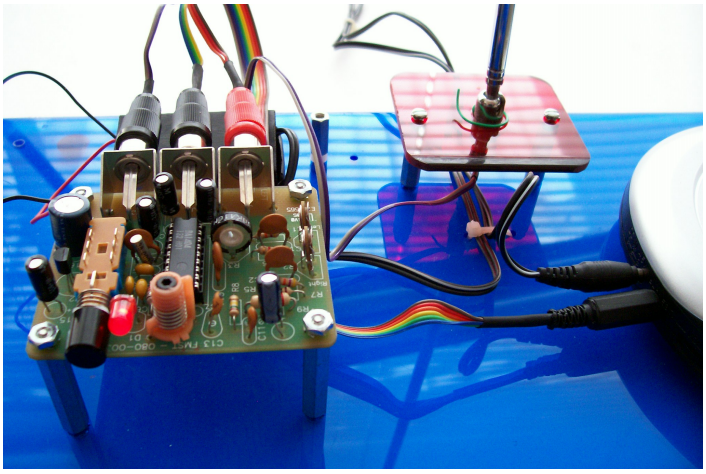

Figura 2: Dispositivo de *TxRx Pong*. En primer plano, la tarjeta con la parte electrónica con sus conexiones a la antena y al reproductor de discos compactos. En el circuito se pueden apreciar algunos componentes como el inductor para ajustar las frecuencias, el potenciómetro para la separación de la señal estéreo al lado del circuito integrado BA-1404. En el extremo derecho están los reóstatos para ajustar ganancias y atrás las conexiones de entrada y salida.

Este circuito está basado en el integrado BA-1404, que contiene un multiplexor para señal de audio estéreo, un modulador para FM y un amplificador de radio-frecuencias. Los controles de este dispositivo electrónico constan de una bobina de inducción para ajustar las frecuencias de emisión y reóstatos para la ganancia de señales de audio de entrada. Además, el circuito contiene un potenciómetro que afina la separación de los dos canales de audio para la señal estereofónica. El flujo de la señal parte del dispositivo de disco compacto, pasa al circuito del transmisor convirtiéndose en señal de radio para ser emitida al aire por la antena (ver foto figura 4).

Gesto y Sonido en *TxRx Pong*

Los sonidos para la señal de audio en *TxRx Pong*, son resultado de una composición que evita las restricciones de forma, contrapunto o armonía impuestas por la tradición musical. Para esta obra se utilizan dos archivos de audio o bandas sonoras que están relacionadas por el principio de tema y variaciones. Para el desarrollo de estos archivos, se tomó material de voz

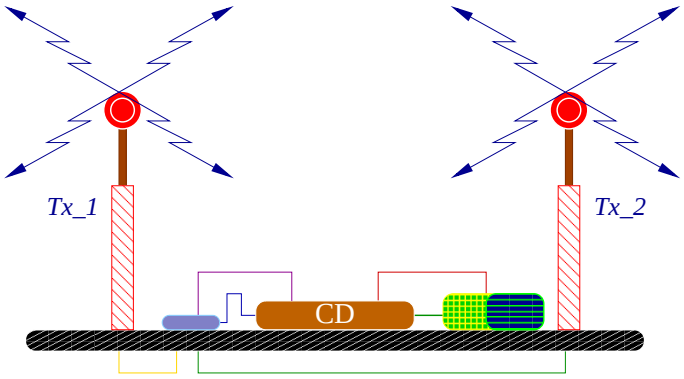

Figura 3: Esquema con el perfil del sistema de transmisión original y completo de *TxRx Pong*. Incluye dos antenas de emisión, la electrónica para amplificación y generación de ondas de radio además de una fuente de potencia y un reproductor de CD.

hablada (locución), de la obra *Las Meninas* (1991), compuesta por Juan Reyes. Otro material temperado fue tomado de secciones instrumentales de ésta obra. El propósito fundamental en *TxRx Pong*depende de la repetición y el sinfín, además de estar basado en la superposición de sonidos de ambas bandas con tema y variaciones. Por lo de las repeticiones, el concepto de ritmo toma relevancia en el proceso de composición. Para el desarrollo de la composición se utilizan varios sonidos en un esquema vertical, que se desfasan al transcurrir el tiempo. Para lograr este objetivo se utilizó la idea de tiempos y sonidos paradójicos descrita por K. Knowlton y J. C. Risset[14] y también en la cronología sobre los cincuenta años de la música por computador[15]. Al utilizar esta idea se producen *accelarandi* y *ritardandi*, creando la ilusión de que un gesto nunca termina de acelerar o parar. Esto se logra al sobreponer accelerandos y ritardandos, fuera de manipular las duraciones e intensidades en cada sonido proporcionalmente, al transcurrir el tiempo[16]. Tensiones y alivios se generan a partir de las texturas en los ritmos, además de sus combinaciones.

[14]Risset, 1991
[15]Risset, 2007
[16]Varios, 2003

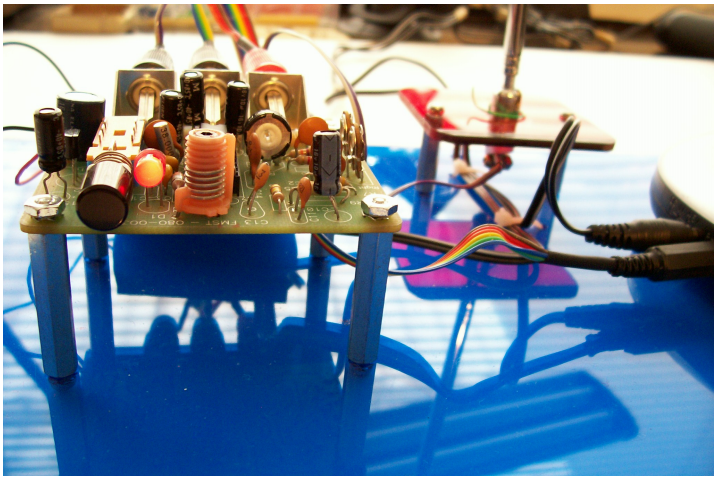

Figura 4: Dispositivo electrónico de un transmisor de *TxRx Pong*.

Descripción Técnica: (Componente Radiofónico)

Aparte de la construcción y ensamblaje del dispositivo eléctrico y experimentación con diferentes tipos de antenas para optimizar las transmisiones, la producción de las bandas sonoras, la composición del componente radiofónico también impuso varios retos de carácter técnico. Para que los sonidos estuviesen delimitados por un marco de arte-radial, se escogió señal de voz hablada y un texto que es más expresión verbal que narrativa. Para esto se utilizó la voz en un ámbito de locución con Pía Barragán, periodista cultural reconocida en Colombia y quién a su manera ha apoyado las artes de este tipo dentro del medio colombiano.

Entonces, la idea de composición se convierte en la posibilidad de extraer segmentos de la señal de texto logrando un gesto con el sonido. Para esto se diseñaron un grupo de algoritmos que van recogiendo segmentos del texto del archivo con el audio de la voz hablada, y lo disponen en un nuevo archivo con la señal del nuevo gesto sonoro. Los algoritmos utilizados para este propósito están escritos en el lenguaje de programación SCHEME y pueden apreciarse en el apéndice 2.

Para lograr los cambios en duraciones de cada segmento, al igual que las intensidades (volumen), se utilizaron varias formulas que se aproximan

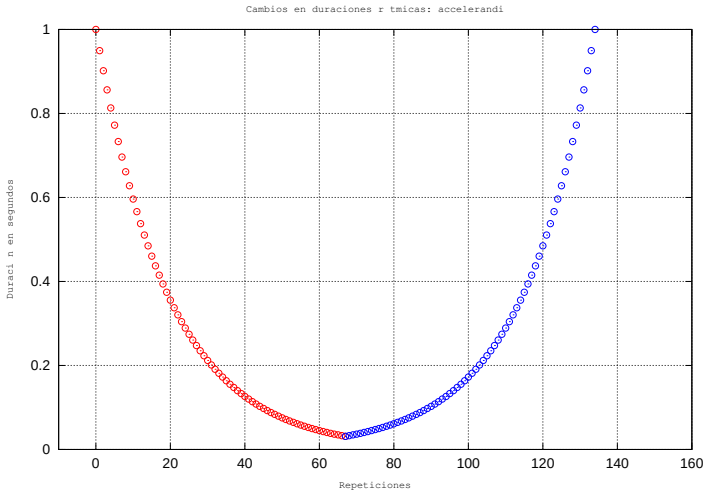

Figura 5: Gráfica con cambios en las duraciones de un evento sonoro. Nótese que las primeras notas a la izquierda son un *accelerando* puesto que la duración en tiempo disminuye. Hacia el final, las duraciones se incrementan produciendo un *ritardando*.

a los eventos paradójicos sugeridos por Knowlton y Risset[17]. Las ecuaciones para cambios en una duración cada vez más corta *(accelarandi)* o cada vez más larga *(ritardandi)*, están basadas en funciones de Gauss o *gaussianas*. La ecuación utilizada para los cambios en la duración de cada segmento es de la forma:

$$dur = e^{kt},$$

donde $t = \{0, 1, 2, \ldots, m\}$, con m como el máximo de repeticiones y $k = \frac{-1}{m} log32$. La gráfica de valores para $n = m = 67$ repeticiones puede verse en la gráfica de la figura 5. Para cambios en la intensidad de un sonido que se repite n veces generando el efecto de *crescendo* (al subir la amplitud de la señal) o *decrescendo* (al bajar la intensidad), se puede utilizar una función gaussiana como[18]:

$$i = e^{\sigma^2(\frac{t}{r}-1)^2},$$

donde $t = \{0, 1, 2, \ldots, m\}$, con m como el máximo de reiteraciones, $r = m/2$ y σ es el parámetro de convexidad (desviación estándar). Con $\sigma = 4{,}0$ y

[17] Pierce, 1983
[18] Press, 1998

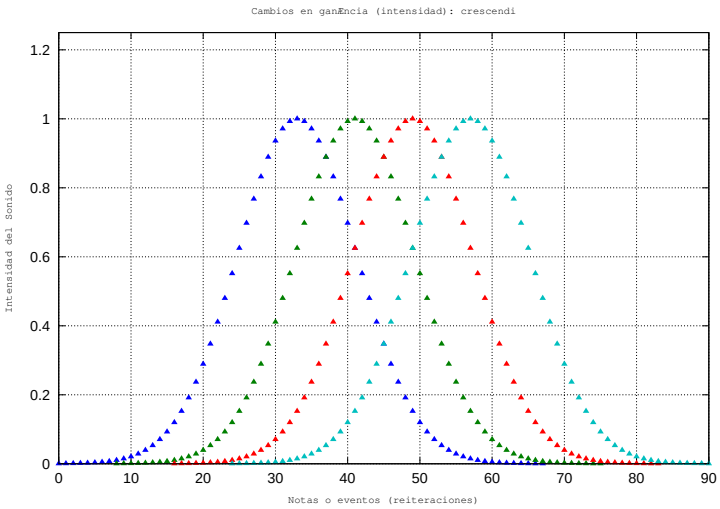

Figura 6: Gráfica con cambios en las intensidades de un evento sonoro. Nótese que la intensidad del sonido gradualmente se va incrementando en un *crescendi* porque la ganancia es mayor. Hacia el final las ganancias son menores atenuando el volumen de cada sonido. Al sobreponer varias de estas funciones de ganancia se logra un efecto de percepción infinita de las paradojas de Rissett y Knowlton.

$m = n = 65$, se produce la curva de amplitud (factor de ganancia) de la figura 6. Estas curvas se van sobreponiendo al pasar el tiempo con las reiteraciones. Para lograr los efectos paradójicos a los cambios en duraciones también se utiliza la función de ganancia, como se ve en la gráfica de la figura 7. La utilización de estas ecuaciones puede apreciarse en los algoritmos del apéndice 2. Estas funciones fueron transcritas al lenguaje de programación SCHEME para procesar y producir archivos sonoros en el editor de audio SND[19]. Una introducción a la manipulación de sonidos con este tipo de heurísticas se encuentra en la *Introducción a la Plástica Sonora* [20].

Problemas y Retos

La fantasía de querer traspasar un idea sensible y estética a medios diferentes al audiovisual, requiere del espíritu de experimentación y del descubri-

[19]Schottstaedt, 2007
[20]Reyes, 2005

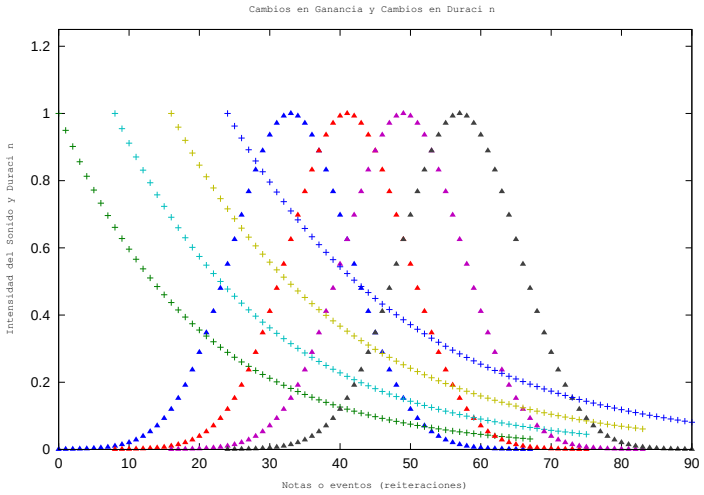

Figura 7: Gráfica con cambios en las intensidades y cambios en las duraciones para lograr *accelerandi* y *ritardandi* al igual que *decrescendi* y *crescendi*. Con este tipo de cambios se logra una aproximación a los sonidos paradójicos de Knowlton y Risset. Nótese que a medida que termina un sonido hay otro con el máximo de intensidad y duración lo que hace que estos gestos se escuchen como paradójicos.

miento. También del deseo de exploración de dominios extraños a las artes tradicionales. El radio-arte, al igual que otros géneros de la artes electrónicas o inclusive nuevas músicas con nuevos medios, no se puede producir ni percibir en forma banal. En cierta forma requiere de un entrenamiento interdisciplinario, de la interacción con mecánicas de grupo entre personas con diferentes conocimientos, además de formación de públicos para garantizar un mínimo de audiencia [21].

El caso de *TxRx Pong*, como radio-arte dentro de un salón de artistas, resalta las posibilidades del medio pero evidencia retos para lograr su objetivo de expresión estética. En primera instancia, exige una reflexión sobre las artes del tiempo, y por otro lado, un mínimo de conocimiento técnico para notar la plasticidad del medio electromagnético. Como el vídeo-arte, lo radiofónico no está simplemente limitado a la imagen, a una narrativa o al sonido. Existen gramáticas generativas y otras herramientas en el campo de la lingüística que asistirían en la exploración del medio[22]. Otro reto im-

[21] Reyes, 2006a

[22] Jackendoff, 1995

portante es poder ablandar la radio comercial y abrir pequeñas bandas para programar y transmitir con más independencia. La potencia de emisoras comerciales supera la potencia y alcance de cualquier transmisor disponible al artista. Así mismo, la interferencia de otras señales como la telefonía celular es motivo de experimentación. En cierta forma es aparente que el aire del planeta no es del todo gratuito.

Resultados y Conclusiones

*TxRx Pong*es un caso de arte radial porque, desde el contexto físico, los dos transmisores producen ondas de radio en el espectro de la FM, bajo el control del artista. Para generar la señal de radio se utilizan bandas sonoras en pistas de disco compacto con un contenido gestual y propósito estético. La señal de audio es portadora de una cadena de eventos sonoros que se combinan creando desfasamientos, formas, tensiones y distensiones. La posibilidad del radio y su tratamiento de señal, permite que se logren eventos sonoros y una intervención que es inalcanzable de otra forma.

*TxRx Pong*no es una obra de tipo interactivo; es una instalación para percibir durante un lapso de tiempo que requiere de dispositivos de recepción, pudiéndose apreciar como una intervención del espacio. Se puede decir que es un pinchazo al aire por querer traspasar el espacio, utilizando el medio electromagnético. Los obstáculos para una libre ejecución de esta obra están primordialmente relacionados con diferentes tipos de interferencias. Mientras en áreas rurales se logra mejor recepción, los espacios en lugares metropolitanos presentan mayor riesgo para encontrar interferencias.

Al haber construido dos sistemas para emisión al aire, se permite libertad de programación en bandas de frecuencia disponibles en un espacio circunscrito a un contexto de transmisión portátil. La transmisión se concibe como el gesto de expresión del artista que se dispersa por el aire que se retiene mediante mallas de receptores. Normalmente esto es algo inconcebible en emisoras del tipo comercial.

Apéndice 1:
Sobre lo Electromagnético

Apartándose un poco de la fantasía y ficción que motivan la composición y el desarrollo de arte-radial, cabe comentar sobre la naturaleza del espectro electromagnético y como se generan ondas de radio. Estas ondas fueron descubiertas por H. Hertz (Alemania 1888) al tratar de comprobar las ecuaciones de J. Clerk Maxwell sobre campos eléctricos y campos magnéticos (Inglaterra 1855). Esta investigación ya había sido comenzada por M. Faraday a partir de su demostración sobre el fenómeno de inducción y del electro-imán (Londres, 1831). En esta teoría Faraday explica cómo efectos eléctricos y magnéticos producen fuerzas perpendiculares en materiales conductores e imanes. La idea fundamental consiste en que cada vez que hay una fuerza magnética alrededor de un conductor, se produce una fuerza eléctrica en sentido perpendicular a la magnética y viceversa[23]. Por efectos de mecánica cuántica, estas fuerzas se propagan por medio de ondas produciendo, por ejemplo, ondas de luz y de radio. La energía en ondas de este tipo puede traspasar el vacío (a diferencia del sonido), además de varios gases y líquidos. En muchos casos, estas fuerzas se convierten en energía térmica produciendo agitación en las moléculas del ambiente que recorren, y dispersión de calor.

Las ondas de radio oscilan a frecuencias con longitudes de onda muy largas comparadas con la luz; se encuentran en la parte baja del espectro electromagnético (la longitud de onda de transmisiones en la banda de Amplitud Modulada es un promedio de $100 Mts.$). Según el experimento de Hertz, con un circuito que oscila a una frecuencia determinada ($700 KHz.$, o $700,000$ veces por segundo), se producen chispas o descargas por la corriente eléctrica inducida en el circuito. Estas chispas a la vez generan ondas en el espectro electromagnético.

Para comprobar la transmisión de ondas, Hertz construyó un anillo de metal recortado a un lado, como si fuera una antena, obteniendo dos puntas separadas por un pequeño segmento. Por este segmento igualmente pasarían chispas similares a las generadas por las descargas de los electrodos del circuito de corriente inducida aparte. Consecuentemente, el paso por el aire de ciertas fuerzas, confirmaría la existencia de ondas electromagnéticas y de su hipótesis[24]. A partir de este experimento, los dispositivos para generar

[23] R. Feynman y M. Sands, 1963

[24] Jones, 2007

descargas fueron refinándose, encaminándose hacia tubos electrónicos por su capacidad óptima de controlar flujos de corriente eléctrica y por su potencia, optimizando los transmisores de radio y radares. Marconi, en 1895, fascinado con el descubrimiento de Hertz, fue el visionario que propone las transmisiones de radio a largas distancias. Su invento del telégrafo también utilizó este principio de transmisión por el aire[25].

Apéndice 2: // Algoritmos

Los siguientes son algoritmos utilizados en la realización de *TxRx Pong*. Para generar estos sonidos se utilizó el editor de sonido SND[26] que traduce el código de programación en SCHEME a señal de audio. Mayor información y teoría para la aplicación de estos métodos puede encontrarse en la *Introducción a la Plástica Sonora*[27].

Listado 1: Algoritmos para cambios en duración y amplitud en SCHEME.

```
(define ampgaussian
  (lambda (t m)
    (let* ((s m)              ;; Máximo de reiteraciones
           (r (/ s 2))        ;;
           (sigma 4.0)        ;; sigma > 1 curva convexa
           (sigmasq (expt sigma 2)) )
      (exp (* (* (/ -1 2) sigmasq) (expt (- (/ t r) 1) 2))) )))

(define jcrcurve
  (lambda (t m)  ;; m = Máximo de reiteraciones
    (let ((k (* (/ -1 m) (log 32)))
          (e (exp 1)))
      (expt e (*  k t)))) )
```

Listado 2: Algoritmo para leer un archivo de audio en SCHEME.

```
(load "ws.scm")

(definstrument (env-sound file beg clip att :key
                          (offset 0.00)
                          (amp-env '(0 1 10 1 100 0)))
  (let* ((st (seconds->samples beg))
         (len (- (mus-sound-duration file) offset))
          (dur (if (> len clip)
                   (- len (- len clip))
```

[25] Parker, 2007
[26] Schottstaedt, 2007
[27] Reyes, 2005

```
            (+ len 0.001)))
      (nd 0.0)
      (rdA (make-readin :file file
                        :start (seconds->samples offset )))
      (attf (make-env :envelope amp-env
                      :scaler att
                      :base 42
                      :duration dur))
      (nd (+ st (seconds->samples dur))))
  (run
    (lambda ()
      (do ((i st (1+ i)))
          ((= i nd))
        (let ((outval (* (env attf) (readin rdA))))
          (outa i outval *output*)  ))))))
```

Listado 3: Algoritmo para lograr un *decresendo* en la señal en SCHEME.

```
(define voxdecr
  (lambda* (notes r fi #:key
                  (offs 0.00))
    (with-sound(:srate 44100)
               (let* ((sta 0.00)
                      (sndlen (mus-sound-duration fi))
                      (rhy (if (> r sndlen)
                               (/ sndlen r)
                               (/ 1 r))) )
                 (do ((i 0 (1+ i)))
                     ((= i notes))
                   (let ((rhythm (+  3.35464e-4 (/ rhy (jcrcurve i notes))))
                         (ampfun (* 0.75 (ampgaussian i notes)))  )
                     (env-sound fi sta
                                rhythm
                                ampfun
                                :offset (+ offs (/ i (+ notes 4))))
                     (set! sta (+ sta rhythm))))  ))))
```

Referencias

Artaud, A. (1974). ¨pour en finir avec le judgement de dieu¨. In *Ouvres Completes*, volume 13. Gallimard, Paris.

Bernal M. y F. Escobar (2007). Transmisiones: 12 salones regionales de artistas - zona centro. `http://www.transmisiones.org/html/descripcion.htm`.

Connor, J. A. (1998). *Sound States*, chapter ¨Radio Free Joyce, Wake Language and the Experience of Radio¨, pages 17–31. University of North Carolina Press.

Cory, M. E. (1994). *Wireless Imagination*, chapter ¨Soundplay, The Plolyphonous Tradition of German Radio Art¨. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.

Electronic, R. (1998). FMST-100D Data Sheet. `http://www.rainbowkits.com/kits/fmst-100p.html`.

Jackendoff, R. (1995). *Languages of the Mind: Essays on Mental Representation*. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.

Jones, R. V. (2007). ¨heinrich hertz's wireless experiment¨. `http://people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/nu_lectures/lecture6/hertz/Hertz_exp.html`.

Marinetti F.T. y P. Masnata (1933). ¨la radia¨. In *Wireless Imagination*, pages 265–268. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.

Morris, A. (1998). *Sound States*, chapter ¨Sound Technologies and The Modernist Epic, H.D. on the Air¨. University of North Carolina Press.

Parker, B. (2007). ¨the history of radio¨. `http://www.localhistory.scit.wlv.ac.uk/Museum/Engineering/Electronics/history/radiohistory.htm`.

Pierce, J. (1983). *The Science of Musical Sound*. Scientific American Library.

Press, W. H. (1998). *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press.

R. Feynman y M. Sands (1963). *The Feynman Lectures on Physics*, volume 2, chapter one, ¨On magnetism and the Electromagnetic Field¨. Addison Wesley, Menlo Park CA, EE.UU.

Reyes, J. (2005). ¨Introducción a la Plástica Sonora: Tutoría para Artistas y Músicos¨. `http://www.maginvent.org/articles/psontoot/Tecnicas_Plastica_Sonora.html`. Contiene Tutorías en el lenguaje de programación SCHEME, además de una introducción metódica a la síntesis de sonido.

Reyes, J. (2006a). ¨artelab: Hacia la integración arte,ciencia y tecnología¨. *Revista El Artista*, 1(3):132–141.

Reyes, J. (2006b). ¨perpendicularidad entre el arte sonoro y la música¨. *Cuadernos del Centro de Estudios en DyC*, 20. Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires, Argentina.

Risset, J. C. (1991). *Current Directions in Computer Music Research*, chapter ¨Paradoxical Sounds¨, pages 149–158. The MIT Press.

Risset, J. C. (2007). ¨fifty years of digital sound for music¨. In *Proceedings SMC07*. National and Kapodistrian University of Athens.

Schottstaedt, W. (2007). ¨snd¨. `http://ccrma.stanford.edu/software/snd/snd/snd.html`.

Schrader, B. (1982). *Introduction to Electro-Acoustical Music*. Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, EE.UU.

Varios (2003). ¨the increasing beat¨. `http://hebb.mit.edu/courses/9.29/2003/athena/auditory/beat.html`. Descripción de experimentos en audición y percepción que incluyen sonidos paradójicos.

Weiss, A. S. (1994). *Wireless Imagination*, chapter ¨Radio, Death, and The Devil. Artaud's Pour en Finir Avec le Judgement de Dieu¨. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.

Whitehead, G. (1994). *Wireless Imagination*, chapter ¨Out of the dark: Notes on the Nobodies of Radio Art¨, pages 253–264. MIT Press, Cambridge MA, EE.UU.