

Interpretando el Gesto:  
Escucha, Tratamiento y Reacción en Sistemas  
Interactivos  
Analyzing Gesture:  
Listening, Processing and Reaction on  
Interactive Systems

**Juan Reyes**

Artelab, Fundación Maginvent,  
CCRMA, Stanford University  
juanig@Maginvent.ORG

Diciembre 19, 2008

**Resumen**

En este artículo se presentan algunos de los elementos primordiales para tener en cuenta en un sistema interactivo. Recientemente se ha abierto la posibilidad de una variedad de dispositivos de entrada de datos como sensores, micro-controladores, cámaras, aparatos portátiles, etc., todos con la posibilidad de capturar información, que en un momento puede ser concebida como expresiva. La otra cara de este proceso normalmente es un sinfín que captura estos datos en tiempo real para ser procesados posteriormente. Siendo el caso, esta información puede ser interpretada con algún tipo de semántica que define un gesto o un símbolo y, de acuerdo a esto, reacciona generando el producto del interactivo. Este artículo se enfoca en la interpretación de datos, la manipulación de la información obtenida y la realización de un producto acorde con la entrada del interactivo.

## **Abstract**

Basic elements pertaining to gesture, signal processing and dynamic reaction used on interactive systems are discussed on this paper. Recent research and technological innovations have made affordable and available input devices such as sensors, micro-controllers, embedded systems as well as cameras and complex data acquisition devices. This in turn has provided an opportunity to capture information which might as well be considered gestural and expressive. These systems are often designed as a loop which captures and extracts data on the time domain to be processed subsequently. Given the case, this information might be thought of as a semantic set defining symbols or gestures. According to several of rules an algorithm reacts to the input data and generates an output which is the product of the interactive system. This paper focuses on data extraction, features, meaning and furthermore to explain few elements in order to obtain a product (or reaction), according to a set of expectations on the design of interactive systems.

## **Palabras Clave**

Escucha de máquina, tratamiento de señal, sistemas interactivos, gesto, símbolo, segmentación, reconocimiento de patrones, clasificación de datos, distribuciones, sistemas dinámicos, mapeos, transposición, programación.

## **Introducción**

Uno de los productos de la era digital en la artes es el interactivo o, en otra dimensión, la posibilidad de que el interlocutor o vidente pueda interactuar con una obra, una instalación, un sistema de interpretación musical o, simplemente una presentación. Varias analogías y ejemplos se han desarrollado y han sido objeto de reflexión por artistas, diseñadores e ingenieros de sistemas. En casi todos los modelos desarrollados se expone una cualidad crucial en el diseño y concepción en sistemas u obras con la cualidad de interactivo: la respuesta en estos dispositivos cambia en función a su manipulación o entrada. Es decir que un interactivo se concibe como un dispositivo de acción y reacción o, simplemente con la acción se manipula un proceso que a la vez reacciona o causa un efecto.

Este tipo de interactividad puede apreciarse muy fácil en un mecanismo interactivo como el de un instrumento musical. La blandura o capacidad de responder a un gesto puede medirse de acuerdo a su interfaz <sup>1</sup>. Por ejemplo con la cuerda de guitarra se pueden producir notas cortas o largas y con un nivel de intensidad a lo “*pianissimo*” o “*fortissimo*”. Esto significa que la cuerda de guitarra reacciona al gesto del interprete de acuerdo a una expectativa. Otros tipos de sistemas de interacción (o SDI), reaccionan de diferentes maneras pero casi todos están compuestos de una interfaz que ofrece un umbral entre la manipulación y el efecto que se quiere generar. En dispositivos electrónicos de moda, el diseño de interactividad del objeto es casi mas importante que su apariencia visual <sup>2</sup>. Por esto existe un campo en el diseño y en la ingeniería de artefactos denominado: “*Desarrollo de la Interfaz Hombre-Maquina*”.

Las características comunes en casi todos los SDI se relacionan a tres componentes presentes en su flujo de información: características relacionadas a la escucha o entrada del sistema; características que influyen en el proceso de información y tratamiento de la información de entrada; especificaciones y reglas para clasificación de la información. El tercer componente son las características y atributos que producen el efecto y la reacción del sistema. Por lo tanto se puede decir que un dispositivo interactivo consta del proceso de escucha, de la clasificación y procesamiento de la información y, del efecto o proceso en reacción con la entrada (ver figura 1). Volviendo al ejemplo de la cuerda de guitarra, la entrada es el gesto del interprete, la tensión de la cuerda y su densidad, el mecanismo de clasificación y tratamiento del gesto y, el sonido la reacción o efecto.

En un SDI como el ascensor en un edificio, el dispositivo de interacción dispone de una interfaz con varios números que corresponden a los pisos del edificio. El efecto que se pretende lograr es el desplazamiento al piso indicado. Para esto se oprime el número correspondiente en los interruptores de la interfaz de control. En este dispositivo hay instrucciones que activan el mecanismo para lograr un desplazamiento hacia arriba o abajo y, para abrir o cerrar las puertas. Los botones son la escucha, los motores el procesamiento y el desplazamiento la reacción del sistema.

---

<sup>1</sup>Rowe, 1992

<sup>2</sup>Moggridge, 2007

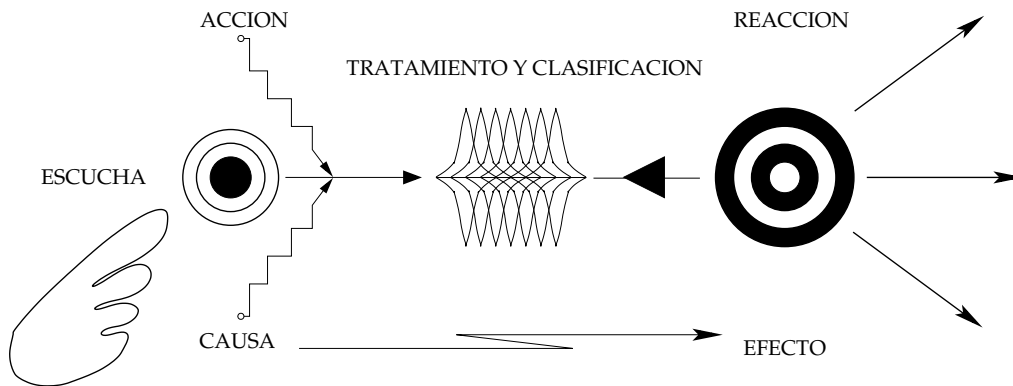


Figura 1: *GENERALIDADES DE UN SISTEMA INTERACTIVO O SDI*: Esta figura representa las tres etapas en un interactivo; la etapa de escucha en la que se captura el gesto y los datos de entrada; la etapa de tratamiento y clasificación en la cual se procesa la información obtenida y en la que se adapta, se mejora y acondiciona la señal en el interactivo. La tercera y última etapa es el producto o efecto del sistema en acorde con la información de entrada. En el proceso de escucha hay sensores que capturan la entrada de datos y el gesto. Posteriormente en la etapa de tratamiento y clasificación, se construye una tabla con un algoritmo de comparación y tratamiento de señal que interpretan el gesto. En la reacción se utilizan dispositivos y transductores para reproducir el efecto del SDI que también se espera percibir con los sentidos.

## Escucha y Adquisición de Datos

Para que un dispositivo de interacción responda debe estar provisto de un sistema de escucha. Esta escucha de máquina se restringe a diferentes dominios de los sentidos del cuerpo. En el caso de la interfaz de un teléfono, la escucha se restringe a los dedos y en gran parte al sentido del tacto cuando se va a realizar una llamada (el sentido del oído se utiliza al iniciar la conversación). También hay otros medios para la escucha como cámaras (relacionadas al sentido de la vista), micrófonos (relacionados al sentido de la escucha), etc. Tanto las cámaras como los micrófonos se denominan transductores porque pasan de una forma de energía a otra (por ejemplo de energía mecánica a eléctrica). Para otros procesos no tan evidentes se utilizan sensores. Los sensores también traducen un tipo de energía a otro pero ofrecen la cualidad de generar información a tasas de frecuencia mas bajas que los cambios de luz o sonido. Tanto la cámara como el micrófono también se incluyen en el conjunto de los sensores y como los otros similarmente son asociados a la escucha de máquina en el SDI.

La información que se genera, al volverse electrónica, adquiere el adjetivo de señal. De esta forma información visual o sonora se denominan señal de audio y vídeo respectivamente. Igualmente se puede hablar de una señal háptica que es la portadora de movimientos o gestos realizados por el tacto y las extremidades. También hay sensores asociados a lo químico o a diferentes estados de la materia que se relacionan o al sentido del gusto o, al sentido del olfato.

## Interpretación del Gesto

Para una interpretación fiel del gesto capturado en los datos de entrada, es necesario reflexionar en los diferentes esquemas de comunicación desarrollados por la humanidad a través del tiempo. Por ejemplo tanto el lenguaje oral como el lenguaje escrito son fruto del desarrollo de símbolos y señales, además de normas para sus combinaciones. Quizá es mas intuitivo el lenguaje oral por lo que es mas fácil producir un gesto con un sonido, pero también su interpretación es mas abstracta. El lenguaje escrito puede ser mas conciso, pero producir un gesto con letras y palabras tiende a ser marginalmente mas complicado. Entre los dos puede encontrarse un tipo de expresión que se produce con gestos faciales, con las manos, con las extremidades y otros, comúnmente conocida como expresión corporal.

Debido a que el número de símbolos que se generan con el cuerpo es mucho menor comparado con los otros lenguajes, su poder de expresión es mayor por la facilidad en su interpretación. Una cara feliz o triste puede acentuar un sonido con la voz y generar un gesto que se relaciona a algún tipo de emoción. Varios estudios en ciencias cognoscitiva explican por qué la expresión y el gesto están relacionados con la emotividad <sup>3</sup>.

Consecuentemente suena inspiradora la idea de tomar un subconjunto de varios símbolos del lenguaje de expresión corporal para ser interpretados y traducidos por un dispositivo interactivo. Se puede pensar en un sistema que capture gestos a partir de movimientos y rozamiento con la piel, donde la duración del contacto y la presión sobre la superficie, son factores determinantes para la generación del gesto. Siendo así el sistema de escucha del SDI se programa para capturar datos por medio de una superficie con sensores. Los factores de duración del gesto y la presión determinan la interacción con este dispositivo. Nótese que un sistema concebido así, utiliza la analogía de

---

<sup>3</sup>Levitin, 2006

la caricia. Las caricias son percibidas por el sistema del tacto y clasificadas de acuerdo a un conjunto de preconcepciones; es decir, diferentes caricias generan diferentes estados de animo.

## Percepción

La percepción de los movimientos y sus acciones son importantes en una variedad de actividades pero más en situaciones de sociabilidad y en la comunicación entre personas. La interpretación de varios de los movimientos del cuerpo son cruciales para generar patrones adecuados en una situación. Por ejemplo la expresión facial, la postura y movimientos reflejan prejuicios y esquemas socio-culturales que permiten la interacción con otras personas. Este esquema de interpretación del gesto puede ser adaptado a una aplicación que busque, escuche e interprete gestos en un SID. Los gestos se analizan ya sea como una forma de movimientos expresivos o, también como formas específicas de acciones simbólicas en donde el símbolo adquiere significado (por ejemplo el mover una mano al despedirse). Este tipo de acciones simbólicas producen gestos que mediante una cámara, cualquier tipo de sensor táctil o de movimiento, capturan el gesto para luego ser interpretado y procesado como acción y reacción <sup>4</sup>.

Un ejemplo práctico enmarcado en este modelo puede ser un sistema alerta a gestos que simbolizan el “*pare*” o “ *siga*”, en la conducción de un vehículo en el tráfico. Igualmente estos gestos se podrían mapear a las flechas de “*adelantar*” o “*atrasar*” en un interactivo con páginas Web o para teleoperadores en red.

## Patrones y Clasificación

Un patrón es la repetición periódica de un gesto en cualquiera de los dominios. Cuando en la escucha de máquina se repiten los parámetros, se clasifican y se ordenan dentro del sistema para establecer su significado o su definición. Esto se obtiene al activar un proceso de comparación entre la información de entrada con los factores almacenados que causan la interacción. Si la comparación es positiva, se establece su significado y se hace la

---

<sup>4</sup>Dittrich, 1999

conexión para disparar el proceso de reacción. Ejemplos de sistemas de reconocimiento de patrones incluyen las variaciones en parámetros para reconocer la cara de la personas, huellas dactilares, etc. También un patrón puede ser una agrupación de palabras para que una frase haga sentido. Igualmente las instrucciones en la búsqueda de una llave para abrir un candado <sup>5</sup>.

Suena lógico buscar la manera para diseñar y construir mecanismos que puedan reconocer patrones porque de una u otra forma este es el método que se utiliza a diario, gracias a los sentidos. En el caso de una aplicación interactiva que apoya al usuario en dibujar a mano alzada figuras geométricas como círculos, cuadrados y triángulos, los gestos del movimiento con la mano se leen o con sensores o con una cámara. Subsecuentemente se comparan con la definición almacenada de las figuras mencionadas. Cabe notar que el movimiento del gesto no siempre va a ser el mismo y entonces el sistema debe estar dispuesto a hacer aproximaciones sobre la señal obtenida. Siendo el caso, si el gesto se aproxima a un trazo netamente horizontal o vertical, se puede estar deseando dibujar un cuadrado o un triángulo. Si el trazo es oblicuo, existe alta probabilidad de que se apunte hacia la figura de triángulo. Si el movimiento no es recto, lo mas seguro es que el gesto esté delineando una figura circular.

Este tipo de clasificación es una especie de detección de claves que ayudan al interactivo a tomar una dirección en su proceder. Dependiendo del sistema muchos SDI consisten de algoritmos que analizan la señal (datos) de entrada y la comparan con una base de datos en memoria para establecer una aproximación. Con las características establecidas se procede al mapeo o transposición de los datos de la señal portadora del gesto. La operación de transposición es congruente con la señal de entrada y con la reacción del interactivo. Por ejemplo, si el gesto es un trazo horizontal seguido de un oblicuo, la transposición de datos genera la figura de un triángulo.

## Reacción, Causa-efecto

Una vez que la señal de información del gesto ha sido procesada y destilada, está lista para ser utilizada en el proceso de reacción en un algoritmo que se puede pensar como de causa y efecto. Es decir (en términos filosóficos), ¿ que hacemos con la información obtenida?. Esta parte en el diseño de interactivos es quizás donde lo creativo o, la intuición de artista toma mas

---

<sup>5</sup>Duda, 2000

relevancia; es en este proceso donde el artista aplica su toque. Esta señal puede ser pasada por filtros y, en el caso de una señal de luz acentuar los verdes, por ejemplo. Otro caso podría ser un filtro que deja pasar valores de frecuencias en sonidos para producir las vocales en la voz de un niño. También podría ser un sistema para la amplificación del gesto en movimiento en un interactivo basado en expresión corporal.

Los diferentes tipos de mapeos y transposición se diseñan a partir de la meta del interactivo y en general son un conjunto con las diferentes posibilidades de reacción-causa-efecto. Si la entrada son símbolos que interpreta el sistema positivamente y de acuerdo a una tabla de percepción, el SDI genera el efecto. Esta tabla también se puede diseñar de acuerdo a una distribución de probabilidades (normal) o simplemente al azar, lo que facilita restringir el número de opciones en la reacción del sistema pero a la vez generando variaciones dependiendo del gesto de entrada. En esquemas más sofisticados hay tablas que utilizan ordenamientos, expectativas además de modelos estocásticos y sistemas dinámicos entre otros.

El proceso de reacción produce una señal que es transpuesta o mapeada a dispositivos que se perciben con los sentidos. Sin embargo este tipo de señal no necesariamente debe coincidir con el dominio de la señal de entrada. Por ejemplo, información táctil puede transponerse a información sonora en un dispositivo interactivo que utilice la metáfora del instrumento musical.

## Aplicación: *Horace in San Mateo*

La aplicación de esta metodología en el desarrollo de interactivos puede apreciarse en la obra *Horace in San Mateo*, realizada por Juan Reyes como una composición para improvisación de piano en tiempo real. Varios algoritmos con sucesiones melódicas se disparan de acuerdo a la improvisación del pianista y bajo las duraciones descritas en una línea de tiempo adaptada a la partitura tradicional. Los patrones armónicos y el ritmo también son inspirados por la interacción con el sistema.

La obtención del gesto puede ser lograda por medio del teclado del piano utilizando *MIDI*<sup>6</sup> o, también por datos implícitos capturados del teclado *QWERTY* del computador. En el caso de una sucesión de notas en el piano, se analizan varios factores comenzando por la dirección melódica (ascendente o descendente), duración de las notas y alturas específicas. Por ejemplo si el

---

<sup>6</sup>Wikipedia, 2008



intérprete repite una nota varias veces, dentro de un intervalo de tiempo, las notas alrededor se restringen a una tonalidad o a un selecto grupo de notas. De igual forma si se establece un patrón en las duraciones, el “*tempo*” se acelera o se disminuye.

En el proceso de causa-efecto y reacción se utilizan varios procesos para generación de tema y variaciones. En el teclado *QWERTY* que ha sido restringido a media docena de teclas, cada una de estas tiene asignado un valor que es semilla para el sistema dinámico del mapa de Henon que produce variaciones melódicas de acuerdo a valores de inicio <sup>7</sup>. Otras seis teclas generan melodías de acuerdo a distribuciones con procesos de Bernoulli y Poisson. El repetir la nota MI-bemol de la segunda octava, en un intervalo de cinco segundos, dispara un proceso para generación de notas con azar a partir de tres dados.

Algunos ambientes como “*Chuck*” <sup>8</sup> y, “*Processing*” <sup>9</sup>, están provistos de un agendador que controla eventos y duraciones al transcurrir el tiempo y por ende son apropiados para desarrollar interactivos del tipo escucha-causa-efecto. “*Chuck*” es un paquete de funciones optimizado para manipular sonido por medio de señales de audio o *MIDI*, además de varios de los protocolos de redes de computador como UDP, TCP/IP y OSC <sup>10</sup>. *Processing* dispone de una funcionalidad similar pero su objeto está más relacionado a señales de vídeo, tratamiento de señal con archivos gráficos además de síntesis de la imagen digital. Por su arquitectura ambos ambientes ofrecen diversidad en sus entradas y salidas, pudiendo conectar sensores, transductores y otros dispositivos, en la etapa de escucha y, altavoces, monitores, pantallas, motores, motores, etc., en su etapa de reacción y efecto. Aunque su manejo no es intuitivo, ofrecen la posibilidad de desarrollo en un sub-dialecto similar al lenguaje de programación *Java*. El desarrollo para el sistema interactivo de *Horace in San Mateo*, ha sido desarrollado en *Chuck*.

## Procedimiento

A continuación se muestran algunos de los procedimientos desarrollados como funciones de *Chuck*. La obtención del gesto se traduce a la señal de

---

<sup>7</sup>Reyes, 2006

<sup>8</sup>Wang, 2003

<sup>9</sup>Reas, 2008

<sup>10</sup>Wright, 2008

entrada como un valor numérico o una serie de números. Por su cualidad numérica, los procesos de análisis y transposición de datos se convierten en normas que fácilmente pueden manipularse con ecuaciones y reiteraciones. En *Horace in San Mateo*, el tratamiento de estas señales se logra utilizando métodos numéricos tales como restricción de datos a un subconjunto de valores (notas MIDI y frecuencias de audio) por un lado, y para el producto de la reacción interactiva, sistemas dinámicos, azar, y densidades con distribuciones de probabilidades.

Para procesamiento con valores discretos, al oprimir una tecla del computador o una altura como '*MI-bemol-2*', se utiliza un algoritmo que comienza un proceso de azar y tira tres dados con los que se obtienen 18 valores diferentes. Cada uno de estos valores se asignan a la frecuencia de una altura con una duración y ritmo también función del azar. El algoritmo de esta descripción puede apreciarse en listado 1 del apéndice.

Con otros valores de entrada al interactivo se pueden generar valores de alturas utilizando probabilidad con distribuciones como la prueba de Bernoulli y la distribución de Poisson. La utilización de estos métodos en las artes y música está descrita mas a fondo en "*Elements of Computer Music*"<sup>11</sup> y, en "*Concrete Mathematics*"<sup>12</sup>. Procesos estocásticos para una respuesta natural al gesto de entrada se describen en "*Affective Gesture Interface for Expressive Music Performance*",<sup>13</sup>.

En el caso de un sistema dinámico como el "*Mapa de Henon*" y su aplicación descrita a fondo en "*Señales Musicales con Sistemas Dinámicos y Frecuencias Hápticas*"<sup>14</sup>, se obtienen valores a partir de varias reiteraciones con este método. Partiendo de valores semilla de entrada asignados al teclado QWERTY, se produce una variación melódica no muy predecible que dependiendo de sus repeticiones puede alcanzar el equilibrio produciendo un patrón melódico o rítmico o, continuando con el azar. Las ecuaciones del *Mapa de Henon* en dos dimensiones son:

$$\begin{aligned} X_{[n+1]} &= AX_{[n]}^2 + BY_{[n]}, \\ Y_{[n+1]} &= X_{[n]}. \end{aligned}$$

$X_{[n+1]}$  y  $Y_{[n+1]}$  son los nuevos valores que dependen de valores pasados

---

<sup>11</sup>Moore, 1998

<sup>12</sup>Knuth, 1994

<sup>13</sup>Vassilios-Fivos and Maniatakos, 2008

<sup>14</sup>Reyes, 2006

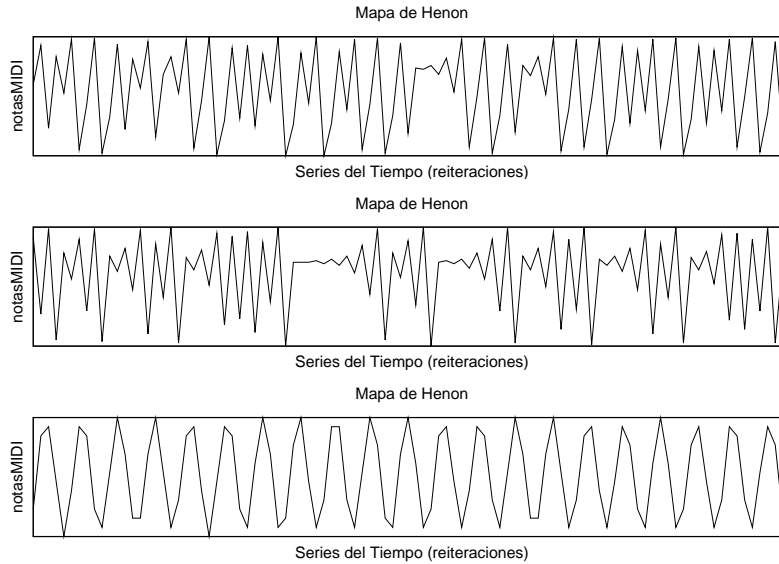


Figura 2: *LINEAS MELODICAS RESULTADO DEL MAPA DE HENON*: Valores con notas *MIDI* a partir del Mapa de Henon que son utilizadas en la generación de líneas melódicas en *Horace in San Mateo*. Nótese que en la primera y en la segunda gráfica las señales son quasi-periódicas con la primera siendo más caótica. La tercera señal tiende a ser periódica y es útil en la generación de patrones.

$X_{[n]}$  y  $Y_{[n]}$ . En la primera reiteración se asignan valores de inicio o semilla a  $X_{[n]}$  y  $Y_{[n]}$ . El escoger un valor congruente para las constantes  $A$  y  $B$ , es importante para la generación de una secuencia útil musicalmente. Gráficas que representan líneas melódicas generadas por el Mapa de Henon se pueden apreciar en la figura 2. La ventaja de utilizar este método es la facilidad en la creación de líneas melódicas que parecen una improvisación natural y espontánea parte de los objetivos en *Horace in San Mateo*.

Código base en el lenguaje de “*Chuck*” se puede analizar en el listado-2 del apéndice. En este caso los valores del Mapa de Henon están asignados a alturas y el ritmo también se controla con valores al azar, restringidos a no mas de cuatro duraciones.

## Conclusión

El gesto está asociado a la entrada de datos o a la adquisición de información en un SDI. Esto implica una reflexión significativa para entender la cualidad y el tipo de información que se obtiene cuando se manipula un interactivo. La información puede tener simplemente datos de control pero también puede relacionarse a un tipo de control expresivo. Los gestos dependen de conceptos a priori y de varios niveles semánticos en la comunicación entre personas. Algunos de estos pueden modelarse con algoritmos que interpretan lo que puede significar el tipo de información que carga una señal portadora con datos de cualquier tipo de expresión gestual. Por su simpleza el movimiento de las manos o las extremidades generan diferentes tipos de gestos que son utilizados para producir señales hápticas aptas en una variedad de interfaces hombre-máquina.

Por lo tanto es importante entender que un SDI consta de tres procesos casi siempre secuenciales: escucha, tratamiento y procesamiento de la información, además del efecto y reacción. Un interactivo puede concebirse como un dispositivo de causa y efecto. Para determinar las causas que intervienen cuando el sistema reacciona, son de gran ayuda, análisis e interpretación de los signos y símbolos que entran al sistema. De acuerdo con los datos de entrada se puede construir una tabla de condiciones que generan la reacción y el efecto del interactivo.

En ocasiones hay que destilar y aproximar los datos de entrada para que la información haga sentido en el sistema. Los datos de entrada se constituyen en una señal que es fiel representación del gesto. Esta señal es procesada de acuerdo con normas que reflejan un objetivo estético y es transpuesta generando la señal de salida, producto del interactivo. Análisis a las expectativas de la reacción del interactivo también son cruciales en el diseño de estos dispositivos, puesto que debe existir algún tipo de correspondencia lógica que garantice el objetivo. Para respuesta en sistemas interactivos se pueden utilizar métodos lingüísticos o numéricos basados en distribuciones, modelos estocásticos, sistemas dinámicos, ordenamientos y expectativas.

# Apéndice

Listado 1: Código en ChuckK para generar notas a partir de tres dados.

```
/* *****  
/*  
/*      Modal.ck  ChuckK  
/*      Algoritmo para las barras de madera o metalicas  
/*      utilizado en 'Horace in San Mateo'  
/*      basado en STK's ModalBar (a la Cook, Essl)  
/*  
/*      (c) MMVIII  juanig <at> ccrma_dot_stanford [dot] edu  
/*  
  
float dur;  
  
// Flujo de senal (patch en ChuckK)  
ModalBar mallet1 => PRCRev reva => dac.left;  
ModalBar mallet2 => PRCRev revb => dac.right;  
  
// cantidad de reverberacion  
.25 => reva.gain;  
.25 => revb.gain;  
  
// mezcla de reverberacion con senal seca  
.025 => reva.mix;  
.025 => revb.mix;  
  
// Funcion para tirar los dados  
fun int thisNote ( )  
{  
  // cada vez se tiran tres dados y  
  // se asigna la frecuencia correspondiente  
  int dice;  
  int frequ;  
  Std.rand2(1, 18) => dice;  
  //  
  if (dice == 1) 300 => frequ;  
  if (dice == 2) 350 => frequ;  
  if (dice == 3) 400 => frequ;  
  if (dice == 4) 460 => frequ;  
  if (dice == 5) 325 => frequ;  
  if (dice == 6) 375 => frequ;  
  //  
  if (dice == 7) 440 => frequ;  
  if (dice == 8) 520 => frequ;  
  if (dice == 9) 225 => frequ;  
  if (dice == 10) 275 => frequ;  
  if (dice == 11) 340 => frequ;  
  if (dice == 12) 390 => frequ;  
  //  
  if (dice == 13) 330 => frequ;  
  if (dice == 14) 425 => frequ;  
  if (dice == 15) 330 => frequ;  
  if (dice == 16) 475 => frequ;  
  if (dice == 17) 640 => frequ;  
  if (dice == 18) 490 => frequ;  
  
  return frequ;  
}  
  
// Reiteraciones para generar la secuencia de sonidos  
  
while (true )  
{  
  // Condiciones inciales del sonido con modelo de barras  
  //  
  Std.rand2f( 0.5, 1 ) => mallet1.stickHardness;  
  Std.rand2f( 0, 0.95 ) => mallet1.strikePosition;  
  4 => mallet1.preset;  
  Std.rand2f( 0.5, 1 ) => mallet2.stickHardness;  
  Std.rand2f( 0, 0.75 ) => mallet2.strikePosition;  
  4 => mallet2.preset;  
}
```

```

// asignar frecuencia
(thisNote()-140) => mallet1.freq;
(thisNote()-140) - (Std.rand2(2,8) * 12) => mallet2.freq;

// duracion de esta nota
(Std.rand2f(0.25, 5.75)*800) => dur;

// se produce sonido
0.75 => mallet2.noteOn;
dur*0.006::ms => now;
0.75 => mallet1.noteOn;

// rango dinamico del sonido
0.125 => mallet1.directGain => mallet2.directGain;
0.95 => mallet1.masterGain => mallet2.masterGain;

// duracion
dur::ms => now;

// silencio
1.0 => mallet1.noteOff;
1.0 => mallet2.noteOff;

// avanza a la siguiente nota
dur*0.2::ms => now;
}

```

---

## Listado 2: Código en ChucK para generar notas a partir del Mapa de Henon

```

// * *****
// *
// * Bowed.ck (Bajo): algoritmo para 'Horace in San Mateo'
// * se utiliza el mapa de Henon para generar alturas
// * con timbres del modelo de cuerda frotada (Bowed)
// *
// * (c) MMVIII juanig <at> ccrma-dot-stanford [dot] edu
// *

// variables
dur duration;
1::second / 1::samp => float srate; // frecuencia de muestreo sistema
float length, rhy, silence;
float frequ;
0 => int i; // variable de reiteración

// Valores de iniciales para el mapa Henon Map
0.63135448 => float x; // X(n)
0.18940634 => float y; // Y(n)
-1.85039 => float a; // A
0.00393701 => float b; // B
0 => float newx; // X(n+1)
0 => float newy; // Y(n+1)

// Flujo de senal (ChucK patch)

Bowed bow => ADSR e;
e => Chorus c1 => PRCRev r1 => Gain g1 => dac.left;
e => Chorus c2 => PRCRev r2 => Gain g2 => dac.right;

// Factor de reverberacion
0.05 => r1.mix;
0.05 => r2.mix;

// Control del efecto de chorus
0.1 => c1.modDepth;
0.25 => c1.mix;
4.0 => c2.modFreq;
0.01 => c2.modDepth;
0.25 => c2.mix;

```

```

// Ganancia total de la senal
1.86 => g1.gain;
1.86 => g2.gain;

//
// Reiteraciones: (sucesion de valores del Mapa Henon)
//

while( true )
{
  // Duraciones
  Std.rand2f(0.4, 5.2)*600.0 => rhy;
  rhy::ms => duration;
  Math.floor(duration / 1::samp) => length;
  Std.rand2f(0.1, 6.25)*300.0 => silence;

  // Envolvente de amplitudes (ADSR)
  e.set(400::ms, 20::ms, 0.8, 400::ms);

  Std.rand2f( 0.1, 0.7 ) => bow.bowPressure;
  Std.rand2f( 0.1, 1 ) => bow.bowPosition;
  Std.rand2f( 0, 12 ) => bow.vibratoFreq;
  0.0025 => bow.vibratoGain;
  Std.rand2f( 0.1, 0.9 ) => bow.volume;

  // Asignamos frecuencia
  //
  // Se utiliza el mapa de Henon

  (a*(x*x) + (b*y) + 1 => float newx;
  x => float newy;
  newx => x;
  newy => y;

  // normalizar factor a frecuencia (altura)

  (50*y + 0.0) => frequ;
  (100.0 + frequ) => bow.freq;

  // generar nota
  e.keyOn();
  .8 => bow.noteOn;
  // advance time
  length::samp => now;

  // apagar
  e.keyOff();
  1 => bow.noteOff;

  // avanzar en el tiempo
  500::ms => now;

  if ((i%16) == 0) // después de 16 repeticiones
  {
    // % Valores melodia cuasi-periodica:
    -1.77 => float a;
    -0.01 => float b;
  }
  if ((i%24) == 0) // después de 24 repeticiones
  {
    // % valores para melodia caotica :
    -1.01 => float a;
    -0.09 => float b;
  }
  // aumentar No. de re repeticiones
  1 +=> i;
}

```

---

## Referencias

- Dittrich, W. H. (1999). Seeing biological motion - is there a role for cognitive strategies. In *Proceeding of International Gesture Workshop, GW'99*, volume Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1739, pages 3–22. Springer Verlag.
- Duda, R. (2000). *Pattern Classification*. Wiley-Interscience.
- Knuth, D. (1994). *Concrete Mathematics*. Addison-Wesley Professional.
- Levitin, D. (2006). *This Is Your Brain on Music: The Science of a Human Obsession*. Dutton Adult.
- Moggridge, B. (2007). *Designing Interactions*. The MIT Press.
- Moore, F. R. (February 17, 1998). *Elements of Computer Music*. Pearson Education POD.
- Reas, C. (2008). Processing. <http://www.processing.org/>.
- Reyes, J. (2006). Señales musicales con sistemas dinámicos y frecuencias hápticas. In *Memorias de STSIVA*. Capítulo Colombiano de la Sociedad de Procesamiento de Señales del IEEE, Facultad de Ingeniería, Universidad javeriana.
- Rowe, R. (1992). *Interactive Music Systems: Machine Listening and Composing*. The MIT Press.
- Vassilios-Fivos and Maniatakos, A. (2008). Towards an affective gesture interface for expressive music performance. In *Proceedings of New Interfaces for Musical Expression Conference: NIME08*. NIME08, Genova, Italy.
- Wang, G. (2003). Chuck: A concurrent, on-the-fly, audio programming language. In *Proceedings of ICMC*. International Computer Music Association.
- Wikipedia (2008). Midi. <http://es.wikipedia.org/wiki/MIDI>.
- Wright, M. (2008). Osc documentation. <http://opensoundcontrol.org/introduction-osc>.