

# Inferencia musical basado en redes neuronales mediante Protocolo MIDI

*Gustavo G. Vilchez B.\* y Ernesto J. Franchi B.*

*Instituto de Cálculo Aplicado (ICA), Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia  
Apartado 526. Maracaibo, Venezuela*

Recibido: 18-06-98 Aceptado: 07-12-99

## Resumen

Se desarrolló un programa de computación que permite realizar un acompañamiento musical en tiempo real, basado en el reconocimiento de los acordes de una pieza musical utilizando el algoritmo de redes neuronales de Back-propagation, Elman y Jordan, y en base a estos acordes, establecer un acompañamiento armónico en tiempo real. Con el mismo, se pretende que el computador participe de forma activa en la ejecución. También se pretende introducir en Venezuela una investigación conjunta de dos áreas importantes dentro de la computación, que son las redes neuronales y la manipulación de la interfaz digital para instrumentos musicales (MIDI).

Se estudiaron los fundamentos teóricos musicales para la construcción de escalas y acordes, la teoría de redes neuronales artificiales, el protocolo MIDI (Musical Instruments Digital Interface) y finalmente los comandos de programación de las tarjetas de interfaz MIDI para PC-IBM compatibles con la ROLAND MPU-401.

Se realizó un programa de computación grabador de secuencias musicales y un programa que permite el reconocimiento de los patrones notas y de acordes e inferir el acompañamiento utilizando los pesos calculados para las redes de Elman, Jordan y Backpropagation de acuerdo al estilo musical entrenado.

**Palabras clave:** Back-propagation; instrumentos musicales; MIDI; MPU-401; música; redes neuronales.

## Musical inference based in neural network using MIDI protocol

### Abstract

It was developed a computer program for real time musical sequencing based in accords pattern matching for a musical text using the Jordan, Elman Backpropagation neural net algorithm and then set an harmonic real time sequencing. It was assumed the equivalence between the musical accords an a sequential time series. It is pretended that the computer with that program participate actively in the musical ejection. It is also pretended to initiate in Venezuela research in two important areas in computer science: neural nets and the use of a digital interface for musical instruments (MIDI).

\* Autor para la correspondencia. E-mail: gvilchez@luz.ve, efranchi@compuserve.com

The following subjects were studied: the theoretic fundamentals of music for the scale and accords constructions, the artificial neural net theory, the Musical Instruments Digital Interface (MIDI) protocol, and the programming commands used in the MIDI interface cards for PC-IBM compatible with the ROLAND MPU-401.

It was also developed a computer program for recording musical sequences and other for notes and accords pattern matching to infer the musical sequence adequate to the musical style trained using the musical style trained using the weight values to Jordan, Elman and Backpropagation networks.

**Key words:** Back-propagation; MIDI; MPU-401; music; music instruments; neural nets.

## Introducción

En la actualidad, la gran mayoría de software desarrollado orientado al área musical utiliza al computador como un equipo de grabación sofisticado, capaz de suministrar al músico profesional o aficionado un conjunto de herramientas altamente flexibles para la creación y/o combinación de sonidos. Sin embargo es poco lo que el computador aporta en sí al proceso creativo que realiza el autor en el desarrollo de una pieza musical, en gran parte debido a la complejidad que implica el manejo de un lenguaje tan abstracto como la música.

Por tal motivo, el presente trabajo se ha realizado con la finalidad de implementar un sistema capaz de producir acompañamiento armónico en tiempo real a patrones musicales ejecutados por un músico, mediante un computador conectado a un instrumento musical que soporte protocolo de comunicación MIDI, o generar dicho acompañamiento a partir de una pieza musical previamente grabada.

Aunque existen ciertas reglas en la realización de una pieza musical, reglas estudiadas en los principios de la Tonalidad, estas no son siempre rígidas o determinantes debido al carácter artístico de la música. Ya que se trata entonces de un modelo no determinístico en el que muchas ocasiones la información no está totalmente disponible para obedecer ciertas reglas, se utilizó una red neural con algoritmo de entrenamiento

Back-Propagation, ya que este modelo matemático es adecuado en estos casos.

Por otro lado, la comunicación de la red neuronal con la interpretación del músico se efectúa por medio de una tarjeta interfaz MIDI (Musical Instruments Digital Interface) a través de la cual se conecta un instrumento musical, que también soporte MIDI. MIDI es un protocolo de comunicaciones desarrollado a principio de la década de los 80 por Dave Smith y regido por la Asociación de Manufactureras de Instrumentos Musicales MIDI (MIDI Manufacturers Association).

La importación de este trabajo radica en conjugar dos áreas importantes, que son las redes neuronales y la manipulación de la Interfaz Digital de Instrumentos Musicales (MIDI), en el entendido de que existen escasas investigaciones en conjunto sobre las áreas mencionadas y su utilización en la música utilizando el computador como ente y medio creativo.

Para alcanzar las metas propuestas, se estudiaron los fundamentos teóricos musicales para la construcción de escalas y acordes (1), la teoría de Redes Neuronales Artificiales (2), el Algoritmo de Back-Propagation(3), el Protocolo de mensajes MIDI (4) y los comandos de programación de las tarjetas MIDI compatibles con la Roland MPU-401 (5).

Dicho estudio permitió la realización de los programas en lenguaje Pascal y Assembler, que permitieron a un músico ser acompañado por el computador, obteniendo res-

puestas armónicas inmediatas a la interpretación musical que él realiza.

### **Metodología Utilizada**

Para la Implementación de trabajo se realizaron las siguientes fases:

#### **Selección de equipos**

Por razones de costo y rendimiento se escogió la siguiente plataforma de trabajo:

- Un teclado electrónico musical con conexión MIDI. Eje: CASIO CT-470
- Una tarjeta MIDI para IBM-PC compatible con la ROLAND MPU-401. Eje: PC-MIDI Music Quest.
- Un Computador IBM Compatible, con procesador Pentium 100, 32 Mbyte Ram, disco duro 1270 Mbyte.
- Borland Turbo Pascal 6.0

#### **Implementación de rutinas básicas**

Para la elaboración de código del programa rutinas de manejo de pantalla, procedimientos del back-propagation de entrenamiento y utilización, secuenciador MIDI se utilizó, el lenguaje pascal, para las rutinas de manejo de la interfaz se utilizó en su programación el lenguaje assembler para la serie 80x86.

#### **Manipulación de mensajes MIDI**

Como se mencionó anteriormente, MIDI es un protocolo de comunicaciones desarrollado a principio de la década de los 80 por la Asociación de Manufactureras de MIDI (MIDI Manufacturers Association). El protocolo establece que los datos son enviados unidireccionalmente a través de un cable con conector tipo DIN (Deutsch Industry Norm) a una velocidad de 31.250 bits por segundo. Cada byte de datos comienza con un bit especial de arranque y finaliza con un bit de parada, que da como resultado una tasa de transmisión efectiva de 3.125 bytes por segundo (4).

Los comandos o mensajes MIDI se componen de uno, dos o tres bytes que se envían secuencialmente. Estos se distinguen en bytes de status o datos. En los bytes de estatus el bit de más alto valor siempre vale 1, mientras que en los bytes de datos ese mismo bit siempre vale 0.

Los comandos MIDI pueden clasificarse en grupos de ocho, aplicables a 16 canales de información, donde los primeros 4 bits denotan el comando y los siguientes 4 bits denotan el canal.

Los datos provenientes de un dispositivo MIDI son transmitidos en grupos de 1, 2, o 3 bytes. Estos datos, al procesarse con la tarjetas MPU-401 funcionando en modo inteligente vienen estampados con un timing byte, recibiendo luego, los mensajes de 2, 3 o 4 bytes. Los mensajes más cortos son aquellos que controlan la tarjeta MIDI, que no forman parte del Protocolo MIDI (6). Estos ocupan un byte, la estructura de datos escogida para representar esta data fue un arreglo de cuatro elementos, en representación de tracks, donde cada elemento del arreglo es un puntero a una lista enlazada.

Cada nodo en la lista contiene un arreglo de cuatro bytes, para almacenar el máximo número de mensajes provenientes de la tarjeta, un número entero -byte- indicando el número de bytes contenidos en el nodo, y finalmente, un puntero al próximo nodo.

```

Const
  Numtracks=4;
Type
  PtrE= Nodo;
  Nodo=Record
    eventos: Array [1..4] of byte;
    nbytes: byte
    sig: PtrE;
end;
Var
  Tracks=Array[1..Maxtrack] of Nodo;

```

### Funciones en assembler

Para la realización de estas funciones, se estudiaron las direcciones de memoria de los puertos de comunicación de la tarjeta MIDI. Estas son asignadas, generalmente, al valor 0x330 para el puerto de datos y 0x331 para el puerto de status.

Se empleó el método de insistencia (polling), sin manejo de interrupciones al microprocesador, para enviar o recibir comandos de la tarjeta midi MPU-401 y de las rutinas en Pascal y Assembler (7).

Las funciones son:

- Gedata(): Función que devuelve un valor leído desde el puerto de datos; en caso de fallo devuelve -1.
- Putdata(): Función que envía un valor de datos hacia el puerto de datos; en caso de fallo devuelve -1.
- Putcmd(): Función que envía un valor de comando hacia el puerto de status; en caso de fallo devuelve -1.

### Manejo del buffer de datos

El principal inconveniente en la recepción de los datos desde el instrumento MIDI, es que el computador puede intentar enviar un comando al MPU-401 en el mismo instante en que ella recibe datos provenientes del Instrumento, y en que la tarjeta MPU-401 envíe también al computador una solicitud de datos de algún track. Esta situación puede ocasionar una desincronización de los eventos y de la información desde y hacia la tarjeta, interrumpiendo las operaciones del MPU-401.

Para solventar este problema los diseñadores del MPU-401 implementaron el mensaje ACK (ACKNOWLEDGE, reconocimiento). Cuando la tarjeta recibe un comando, ésta responde ACK, para confirmar al computador que fue recibido correctamente. En el caso de que tanto el computador como la tarjeta envíen datos, el computador puede verificar que en la transmisión de al-

gún comando a la tarjeta se haya recibido un ACK. Si no es así, el programa debe guardar todos los datos provenientes hasta que se reciba el ACK, procediendo posteriormente al envío de los bytes que correspondan al comando.

```
n=get401()->getnext()->getdata()->datos al
MPU-401
|
cmdbuffer[ ]
|
sendcmd()->ungetnext()->putcmd()
->Comando hacia el MPU-401
```

La función sendcmd() envía un comando hacia el MPU-401, utilizando para ello la función del lenguaje ensamblador putcmd(). Si esta función devuelve un ACK, el comando fue recibido sin colisión. Si otro valor es devuelto, ocurrió una colisión, y los datos provenientes se colocan en el buffer, arreglo de bytes cmdbuf[], que es manejado por la función ungetnext(). Los datos son agregados al arreglo hasta que se reciba el mensaje ACK.

La función get401() lee datos recibidos desde la tarjeta. Si hay datos en el buffer cmdbuff[] devuelve un byte del mismo. Si el buffer está vacío, la función getnex() toma datos directamente de la función getdata().

### Módulo de inferencia

Este módulo o programa contiene los procedimientos de acompañamiento en función de los acordes reconocidos por la red neuronal, para ello se implementó seleccionar el método de reconocimiento a usar: Elma, Jordan o Backpropagation. Los pesos utilizados para cada red neuronal fueron almacenados en archivos de datos separados y fueron calculados por un programa de entrenamiento diseñado en trabajos anteriores, estos métodos permiten ver los resultados de la inferencia para la misma data de entrada de la pieza que se está ejecutando.

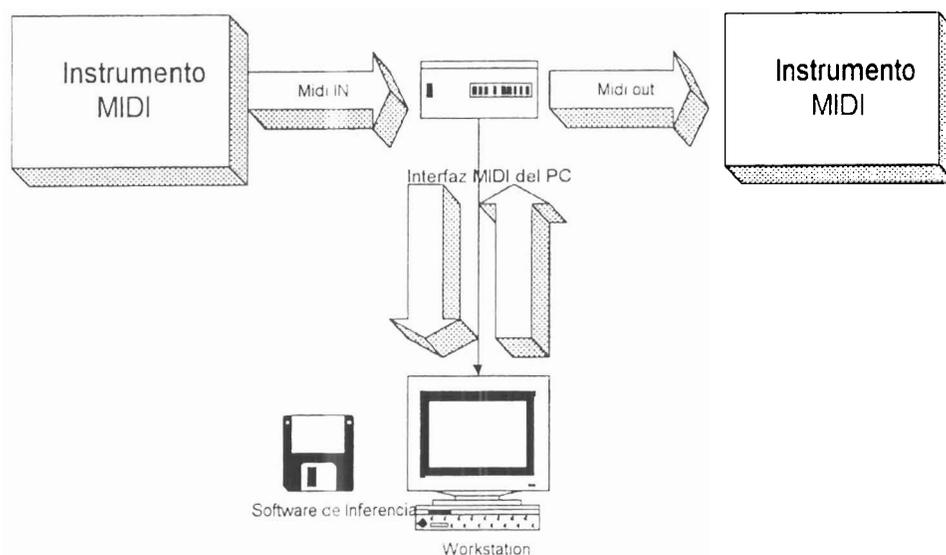


Figura 1. Diagrama de interacción entre el PC, instrumento MIDI y el programa de inferencia.

Los patrones de entrada a la red neuronal se obtienen bien sea directamente de los comandos MIDI comunicados por la tarjeta MPU-401 capturados del instrumento musical en tiempo real, o por el análisis de estos comandos en un track de un secuenciador.

La Figura 1, muestra el flujo de información de cada instrumento MIDI hacia el PC por el puerto MIDI In de la interfaz MIDI del Computador y luego su salida de la información inferida por el puerto MIDI out de la Interfaz.

Los patrones de acompañamiento fueron programados para un estilo específico, generando la información para tres track adicionales, o enviarlos al instrumento musical bajo otros canales MIDI. En estos tres canales se estableció: inferencia rítmica, contrabajo y melodía.

## Resultados

Se pudo establecer que para cada método se obtiene la misma inferencia de los acordes, excepto en el pronóstico de las escalas ya que dependiendo de la serie de notas introducida se obtuvieron escalas dis-

tintas, lo cual implica la necesidad de incrementar o añadir nuevos patrones de entrenamiento y cambiar el número de capas internas de los algoritmos.

El método de backpropagation no es efectivo para la inferencia de escalas muy semejantes. Los métodos Elman y Jordan, por poseer retroalimentación (y para el caso del Elman las neuronas de contexto), pueden discriminar o mapear de mejor forma las escalas correctas para el patrón de notas introducidas.

Se debe realizar pruebas con otro tipo de algoritmos de redes neuronales, como Kohonen o Hopfield.

El proyecto permitió desarrollar herramientas de programación MIDI para el MPU-401, así como también la aplicación de las redes neuronales en la música.

## Agradecimientos

Es hacer notar la colaboración prestada por el personal del ICA y del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por su apoyo institucional y de financiamiento para este proyecto.

### Referencias Bibliográficas

1. DANHAUSER A. *Teoría de la Música*, Buenos Aires (Argentina), 1958.
2. ESTMINGER G. Neural Network Creativity. *AI Expert* 6(5): 19-25, 1991.
3. ATENCIO F. Redes Neuronales Artificiales (Trabajo de Grado), Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), 1992.
4. PETZOLD Ch. A introduction to the Musical Instrument Digital Interface. *PC-Magazine* 11(5):427-431, 1992.
5. ROLAND MUSIC CORP. *Technical Reference for ROLAND MPU-401 Interface*, Los Angeles (USA), 1982.
6. VALENZUELA J. *Descubriendo MIDI*. Ale-sis Corp., New Jersey (USA), 1991.
7. VÍLCHEZ G. Programación MIDI en Pascal (Trabajo de Ascenso), Universidad del Zulia, Maracaibo, (Venezuela), 1985.