

Modeling with Petri colored Nets of Arduino RFID Reader

Tomás Concepción¹, Carlos Rovetto, Dr.¹, Elia E. Cano Acosta, Dra.¹

¹ Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, tomas.concepcion1@utp.ac.pa, carlos.rovetto@utp.ac.pa, elia.cano@utp.ac.pa

Abstract— Radio frequency identification (RFID) is a wireless technology used to know the history, location and path of a product throughout its processing chain. This process of recording and tracking known as product traceability and widespread use of RFID in productive sectors such as agriculture is limited by the high cost of RFID reader. In this paper we model the operation of a low-cost RFID reader built on Arduino to support the National Livestock Traceability Program (PNTP) in coordinated Ministry of Agricultural Development (MIDA) of Panama.

Keywords— Modeling, Colored Petri Nets, RFID, Formal Methods.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.231>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.231>

Modelado con Redes de Petri coloreadas de un lector RFID sobre Arduino

Est. Tomás Concepción.

Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Universidad Tecnológica de Panamá
tomas.concepcion1@utp.ac.pa

Dr. Carlos Rovetto.

Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Universidad Tecnológica de Panamá
carlos.rovetto@utp.ac.pa

Dra. Elia E. Cano Acosta.

Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Universidad Tecnológica de Panamá
elia.cano@utp.ac.pa

Abstract: *Radio frequency identification (RFID) is a wireless technology used to know the history, location and path of a product throughout its processing chain. This process of recording and tracking known as product traceability and widespread use of RFID in productive sectors such as agriculture is limited by the high cost of RFID reader. In this paper we model the operation of a low-cost RFID reader built on Arduino to support the National Livestock Traceability Program (PNTP) in coordinated Ministry of Agricultural Development (MIDA) of Panama.*

Resumen: *La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología inalámbrica utilizada para conocer el registro histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto a lo largo de su cadena de procesamiento. Este proceso de registro y seguimiento se conoce como trazabilidad de productos y su uso generalizado del RFID en sectores productivos como en el agropecuario está limitado por el elevado costo del lector (Reader) de RFID. En este trabajo modelamos el funcionamiento de un lector RFID de bajo costo construido sobre Arduino para apoyar el Programa Nacional de Trazabilidad Pecuaria (PNTP) en coordinación con el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de Panamá.*

Key words: Modeling, Coloured Petri Nets, RFID, Formal Methods.

1. Introducción

La identificación por radiofrecuencia, es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector ó reader vinculado a un equipo de cómputo, se comunica a través de una antena con un transpondedor (*también conocido como etiqueta ó arete*) mediante ondas de radio. La identificación unívoca de un producto (*objeto, servicio, animal etc.*) para conocer el historial de procesos al que se ha sometido el mismo, se conoce como trazabilidad.

La trazabilidad es por lo tanto una herramienta fundamental para garantizar la seguridad alimentaria así como la sanidad de las personas y los animales. Es por esto que aparece de manera destacada tanto en el Código Sanitario de la OIE (Organización Mundial de la Sanidad Animal) como en el Codex Alimentarius (FAO/OMS). En Panamá se adolece de controles automatizados de la población pecuaria nacional, siendo esto una deficiencia para la seguridad alimentaria y una limitación para la agro exportación. Con la finalidad de cumplir con las legislaciones internacionales de sanidad alimentaria se crea entre otras la Ley 104, del 21 de noviembre de 2013 sobre trazabilidad pecuaria y la Ley 105, del 21 de noviembre de 2013 que promueve y garantiza las agro exportaciones [10].

El Programa Nacional de Trazabilidad Pecuaria (PNTP) busca cumplir con las normas de sanidad alimentaria en coordinación con organismos regionales e internacionales como el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). El PNTP proporciona los productores pecuarios los aretes de radio frecuencia que será asignados y registrados por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), sin embargo no proporciona los lectores que se utilizan para registrar y catalogar geográficamente los animales debido al elevado costo de los mismos (cerca de 1,500.00 a 1,800.00 balboas cada lector).

Este dispositivo es una limitante significativa para el desarrollo del PNTP motivo por el cual hemos confeccionado un lector de radio frecuencia a un bajo costo de forma tal que sea accesible para la mayoría de los productores pecuarios y así apoyar al PNTP [7,8,9].

A. Identificación por Radio Frecuencia (RFID)

Los estándares de la Identificación por Radio Frecuencia (RFID) de animales los definió la Organización Internacional de Estandarización (ISO) con los estándares ISO 11784 & 11785. El primer estándar regula la estructura del código de identificación y el segundo se aprueban dos sistemas de intercambio de información: FDX-B (Full Dúplex) y HDX (Half Dúplex). La comunicación FDX-B permite de forma simultánea enviar información al arete del animal y recibir la información de regreso. En nuestro caso utilizaremos comunicación HDX que no permite estos eventos de forma simultánea pero a su vez reduce el consumo energético del dispositivo y en nuestro caso no es un factor crítico en el rendimiento del equipo. Es preciso mencionar que se ha propuesto una norma ISO 14223 para transpondedores más que están configurados con memoria adicional e incluye la estructura del código ISO 11784. La memoria adicional puede ser utilizada para almacenar la información del propietario del animal y los números de teléfono asociados con el dueño, etc.

La RFID de los animales requiere que los bits transmitidos por un arete sean interpretables por un transmisor. El arete memoriza la información y la transmite al lector cuando se lo pida a través de una radio frecuencia determinada. Está compuesto de una bobina de hilo de cobre, que desempeña el papel de antena, y de circuito impreso que contiene a un chip. Por lo general, el flujo de bits

contiene bits de datos, que define el código de identificación y un número de bits de control para asegurar la recepción correcta de los bits de datos. El código del transpondedor según norma ISO 11784 se divide en una serie de campos de código y cada uno con su propio significado. Cada campo se codifica en binario natural con el bit de alto orden que está más a la izquierda. La estructura del código será el especificado en número de la tabla 1.

El bit 1 en el código es el bit más significativo (MSB); bit número 64 es el bit menos significativo (LSB).

Bit	Información	Combinaciones
1	Bit que indica (1) para animal y (0) para no animal	2
2-15	Campos reservados	16.384
16	Bits que indica la existencia de un bloque de datos (1) o (0) indica que no existe bloque de datos	2
17-26	Bits que indica el país según norma ISO 3166	1.024
27-64	Código de identificación individual	274.877.906.944

Tabla1: Estructura del código ISO 11784

Los bits 17-26 deberán contener un código de país (hasta 899), según la norma ISO 3166, o el código del fabricante (900-998). El código asignado a Panamá es ISO 3166-2:PA y tiene una división administrativa de 9 provincias y 3 comarcas indígenas. En el PNTP la asignación de la información adicional al país está estructurada por la OIRSA a nivel de la región del Caribe con lo cual cada arete es único.

B. Uso de Arduino y la RFID

Sabemos que Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo. [5] Está diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños.

Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque (bootloader) que corre en la placa. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores.

Existe una gran variedad de módulos RFID a utilizar con Arduino y se pueden agrupar en aquellos trabajan a alta y baja frecuencia. [6] Los módulos compatibles con el estándar ISO11784 / 11785 trabajan en rangos de baja frecuencia (125KHz \approx 134.2 KHz), sin

embargo son más comunes los que trabajan a alta frecuencia. Un ejemplo común es el circuito MF RC522 utilizado para la comunicación inalámbrica a 13.56Mhz. Este circuito permite escribir o leer datos de aplicaciones de bajo consumo de energía, bajo costo y tamaño reducido, ideal para dispositivos portátiles o tarjetas.

2. Redes de Petri Coloreadas

Una Red de Petri (RdP) es una representación matemática y gráfica de un sistema distribuido discreto que fueron creadas en 1960 por Carl Adam Petri a partir de la teoría de autómatas para modelar eventos concurrentes. Existen diversas extensiones de las Redes de Petri que están orientadas a abordar problemas específicos, una de estas extensiones son las Redes de Petri Coloreadas (CPN) [1] y es preciso indicar que toda CPN se puede transformar en su equivalente RdP. Las marcas en las RdP representan objetos (recursos, personas, etc.) en el modelado de un sistema; sin embargo, las CPN incorporan las capacidades de un lenguaje de programación de alto nivel. Las marcas en las CPN [2] se representan a través de los colores que representan las características de los objetos modelados. Esta característica proporciona la misma capacidad descriptiva pero con mucha más capacidad de síntesis en el modelado de sistemas de producción y algoritmos por las siguientes razones [1] [2]:

- Descripciones jerárquicas. Esto significa que podemos construir una gran CPN a partir de CPN más pequeñas, bien definidas y relacionadas entre sí.
- Representación gráfica es intuitiva y muy atractiva. Incluso, personas que no están familiarizadas con las CPN pueden comprender los diagramas.
- Ofrecen simulaciones interactivas donde los resultados son presentados directamente en el diagrama.

Esta herramienta ha demostrado ser acertada por la capacidad de contener la estructura estática y dinámica del sistema, arquitectura del sistema de producción y su naturaleza gráfica. Además, las CPN son apropiadas para modelar y visualizar patrones de comportamiento que muestran concurrencia. Formalmente podemos decir que una CPN es una tupla formada por nueve elementos $CPN = (\Sigma, P, T, A, N, C, G, E, I)$, en donde cada uno de los elementos significan lo siguiente.

- Σ Conjunto finito no vacío de colores.
- P Conjunto finito de lugares.
- T Conjunto finito de transiciones.
- A Un conjunto de arcos.
- N Función del Nodo $A \rightarrow P \times T \cup T \times P$.
- C Función del color C (conjuntos de colores a los lugares).
- G Función de protección G (guardas las transiciones).
- E La función de expresión del arco.
- I función de inicialización (asigna marcas iniciales a lugares).

El conjunto de colores Σ es el conjunto no vacío de colores y especifica el conjunto de colores permitidos para cada marca. El conjunto de todos los colores es un multiconjunto de colores expresado como ΣMS . Un multiconjunto m sobre un conjunto no

vacío Σ se define como una función $m: S \rightarrow \mathbb{N}_0$ que para un $s \in S$ retorna la ocurrencia de s en Σ , tal que $s \in \Sigma$, si $m(s) > 0$. Las operaciones permitidas sobre un multiconjunto son adición, substracción y comparación. El conjunto de lugares P puede contener los colores que a su vez representan los diferentes tipos de datos (enteros, cadenas, objetos, funciones o variables) que pueden ser tan arbitrarios y complejos como sea necesario. Adicionalmente, en estos mismos lugares podemos tener marcas similares a las RdP, es decir cada lugar está asociado a los colores que puede contener. Cada marca está mapeada a un color que se puede modificar con las transiciones T que ocurren, tal que $P \cap T = \emptyset$. El conjunto de arcos A unen los lugares y transiciones de forma tal que $P \cap T = P \cap A = T \cap A = \emptyset$. Los arcos están etiquetados con expresiones que pertenecen al conjunto E y debe evaluarse como un color del conjunto de colores del lugar adjunto o como un conjunto múltiple de esos colores.

Las expresiones del arco determinan el número de marcas a retirar de los lugares de entrada y añadir a los lugares de salida. La función del nodo N está definida sobre A y mapeada a A así $A \rightarrow P \times T \cup T \times P$. De forma similar la función C mapeada a cada lugar P con el conjunto de colores Σ . La función de protección G excluye ciertos elementos y asigna a cada transición $t \in T$ a la expresión de guarda g . El resultado de la expresión de guarda debe evaluar el valor cierto o falso. I es una función de inicialización que asigna cada lugar p en una expresión de inicialización i . La expresión de inicialización se debe evaluar como un multiconjunto de marcas con un color correspondiente al color del lugar $C(p)$, expresado como $M: P \rightarrow C(p)MS$.

En términos menos formales podemos mencionar como los elementos de la tupla que definen formalmente a las CPN son utilizados para expresar el funcionamiento del sistema a modelar, siendo esta una de las principales características de las CPN. Usualmente los lugares P representarán los estados que acarrear tipos de datos que se utilizan los diferentes procesos del sistema, siendo las transiciones T el elemento que representa el cambio de estados. En los arcos A se evalúan expresiones a través de funciones del nodo N y podemos agregar o reducir la cantidad de marcas de colores en el próximo estado. Estas expresiones pueden ser pequeños procedimientos que se evaluarán entre los lugares y transiciones o viceversa y se conocerán como función de expresión del arco E . De igual forma los diferentes tipos de colores podrán mapearse a los lugares a través de las funciones de colores C , que se obtienen de un multiconjunto de colores. Los cambios de estados del sistema se pueden condicionar a través de expresiones lógicas que se conocen como guardas G en las transiciones. Existe una sutil pero significativa diferencia entre una red de Petri y una red de Petri Coloreada marcada, la cual está dada por el marcado inicial I que describe el estado inicial del sistema. El marcado de una CPN es la distribución de marcas en esta red. Es un mapeo $P \rightarrow C(p)$ que describe el tipo de color presentes en cada lugar. El marcado de la CPN en el inicio de un análisis se denomina marcado inicial. El conjunto de alcanzabilidad $R(M_0)$ es un conjunto de todos los posibles marcados alcanzables desde el marcado inicial M_0 .

Otra característica de las CPN es que pueden ser extendidas incorporando el concepto de tiempo. La idea básica detrás del tiempo de extensión es introducir un reloj global y permitir a cada token llevar una marca de tiempo adicional al valor que tiene. Intuitivamente, la marca de tiempo especifica el tiempo en el que el token está listo para ser utilizado por una transición. Además, esta condición se suma a que los tokens deben satisfacer las correspondientes expresiones de los arcos de entrada a la transición [2].

3. Programa Nacional de Trazabilidad Pecuaria

En esta sección se explicará los eslabones fundamentales del PNTP y la importancia fundamental del equipamiento adecuado del productor pecuario. Es preciso mencionar que existen variantes conceptuales y de implementación entre los distintos sistemas de trazabilidad debido a que cada sistema responde a las necesidades particulares de los creadores. En todo caso, presentaremos un modelo estándar mencionando los elementos fundamentales de esta cadena que a su vez alimentan los registros del Sistema Oficial que se interrelacionan en un sistema global. Para la implementación del Sistema Oficial de Registro, el Estándar Regional de Trazabilidad Bovina de OIRSA[4] define los siguientes tipos de registros:

- El registro de productores pecuarios: toda persona natural o jurídica, legalmente responsable de la propiedad o tenencia de uno o más bovinos en un sitio o establecimiento, deberá de estar debidamente identificada y registrada en el Sistema Oficial de Registro, a través de un Código Único de Identificación.
- Registro de Establecimientos: los establecimientos o explotaciones en las cuales se crían, engordan, distribuyen, comercializan, concentran, faenan o procesan animales bovinos deberán de estar debidamente identificados y registrados en el Sistema Oficial de Registro, indicándose, cuando menos, su localización (las coordenadas geográficas o la dirección), el tipo de establecimiento al que pertenecen y las especies animales presentes, en caso de que el Sistema de Trazabilidad sea diseñado a nivel pecuario y no sólo para bovinos.
- Registro de Bovinos: Para el caso de la especie bovina, el Estándar Regional de Trazabilidad establece la identificación individual de cada animal como el método de identificación adecuado, asignando y registrando de esta forma un Código Único de Identificación para cada bovino, relacionándolo con el establecimiento de origen (o dónde éste se ubique) y el productor o propietario del animal.
- Registro de Transporte: Se deberán registrar los medios de transporte que realizan movimientos de bovinos a través de la matrícula o placa del vehículo en caso de transporte terrestre automotor y el número de registro si es otro tipo de medio (si aplica). A su vez, se deberán registrar los responsables de dichos medios a través de su documento único de identificación, sean estos o no los propietarios de dichos medios de transporte.

- Registro De Control y Gestión De Movimientos o Desplazamientos: la información a registrar deberá incluir la fecha del movimiento, el código que identifica el establecimiento de origen o procedencia del animal o grupo de animales, el código único de identificación de cada bovino que participa en el movimiento, un campo para indicar si existirá cambio de propiedad, el número de animales desplazados y el establecimiento de destino.
- Registro de Usuarios: Los usuarios habilitados en el Sistema Oficial de Registro ingresarán con una clave de acceso otorgada por la Autoridad Nacional Competente para el desarrollo de cualquier labor de consulta, registro o actividad relacionada con la operación del sistema.
- Registro de Dispositivos de Identificación y Equipos de Lectura: se conformará un registro de dispositivos de identificación a fin de dar seguimiento a la trazabilidad de los dispositivos desde antes de su asignación a un bovino, es decir desde la adquisición del mismo hasta el momento de darse de baja en el sistema y tomando en cuenta su proceso de destrucción correspondiente o cualquier evento que pueda presentarse como pérdida o deterioro.



Figura 1. Elementos fundamentales de la cadena del PNTTP

Todos estos registros son utilizados por el sistema de trazabilidad en los distintos elementos fundamentales de la cadena del PNTTP como se muestra en la figura 2. El Sistema Oficial de Registro constituye uno de los pilares básicos del funcionamiento del Sistema de Trazabilidad del país siendo en el mismo el registro de producción pecuaria la base principal de esta cadena.

4. Modelo propuesto sobre Arduino.

En esta sección explicaremos el modelo de sistema que se ha propuesto utilizando la plataforma Arduino como interface entre el módulo RFID y la computadora del usuario final. Esta computadora puede ser incluso un teléfono celular que permitirá unir al pequeño productor con el sistema de trazabilidad del MIDA. Es preciso mencionar que Panamá es el primer país con mayor penetración celular y en el número de suscripciones a telefonía

móvil, Panamá lidera LATAM, y se posiciona fuertemente como el cuarto país entre 148 países evaluados. Solo superado por Hong Kong, Kuwait, Gabón [3]. Es por esta razón que proponemos una aplicación que será utilizada por los productores, debido a que la mayoría de la población tiene celulares con tecnología GPS y plan de datos.

Hemos seleccionado el módulo "134.2 KHz RFID Animal Guard Microchip ISO11784/11785 FDX-B" diseñado específicamente para leer las etiquetas de los animales utilizando los protocolos FDX-B y HDX como se describe por ISO11784 / 11785. Además es capaz de leer y escribir a otros tipos de transpondedores. El Microcontrolador del Arduino tiene un UART (Receptor / transmisor asíncrono universal) que puede ser programado para ser conectado a un par de cables en el tablero. Esto utiliza las mismas señales como su lector de RFID.

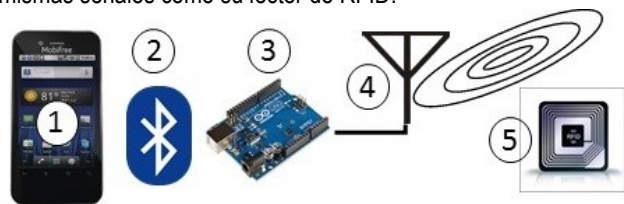


Figura 2 Modelo del sistema RFID propuesto sobre Arduino.

En la figura 2 se puede identificar cinco elementos: el primero representa una computadora cualquiera o teléfono inteligente con capacidad de interconexión Bluetooth. El segundo es el módulo Bluetooth que se conecta a la tarjeta Arduino. El tercero la tarjeta Arduino UNO. El cuarto la antena de comunicación que transmite a 134 KHz y finalmente el quinto elemento el chip o arete de identificación del animal.

5. Modelado formal a través de CPN

En esta sección utilizaremos las CPN para representar los principales procesos de una parte del sistema como lo muestra la figura 3. Por limitaciones de espacio solo hemos incluido en nuestro modelo el envío de la cadena del transmisor hacia el arete del animal y su posterior respuesta para que sea a su vez enviado a la PC o teléfono celular inteligente. Las transiciones del modelo son símbolos cuadrados y los lugares tienen forma redonda y se cumple la siguiente condición $P \cap T = P \cap A = T \cap A = 0$.

Los tipos principales de colores están basados en la combinación de los tipos de datos estándares como *cadena=string*, *entero=int* y *tiempo=time*.

- colset DATA = string
- colset CADENA = product INT * DATA;
- val parada = "00000000";
- var tiempo = time;
- var str, ID : DATA;
- var n, k : INT;

Explicaremos cada uno de los lugares y transiciones del modelo métodos así como el tipo de información que fluye y que se requiere en cada proceso. Se procederá a explicar la semántica de los conjuntos, multiconjuntos, variables, expresiones, guardas entre otros elementos utilizados en el modelo. A lo largo del modelo se agregó etiquetas para indicar el tipo de información que fluye en cada etapa del modelo.

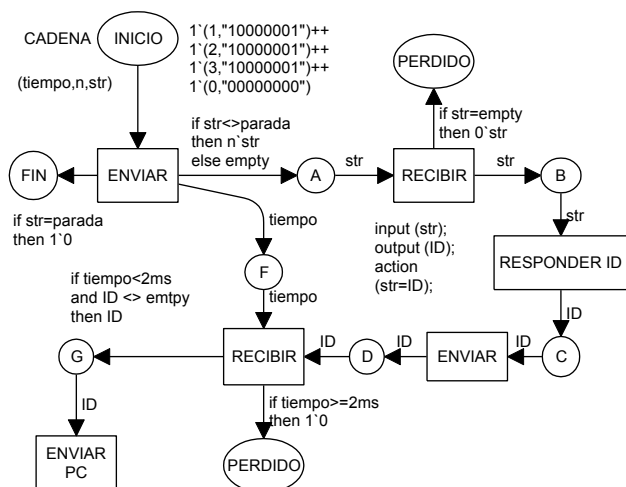


Figura 3. Modelo en Red de Petri Coloreada

La información fluye por el modelo en formato de variables o tuplas dependiendo del valor de la expresión del arco o las operaciones que se realicen en las transiciones. El inicio se representa por el multiconjunto que se utiliza en el lugar llamado INICIO contiene la ocurrencia de los tipos de datos CADENA descritos en las declaraciones. Es decir; la primera ocurrencia tiene un registro $1'(1, "10000001")$, en donde asumimos que este es el valor en bits que se enviará desde el emisor al arete del animal. El multiconjunto tendrá un valor de parada representado con la cadena de que solo ceros y número de registro 0.

En el arco que llega a la transición denominada ENVIAR desde el lugar denominado INICIO lleva el tipo de datos CADENA y la etiqueta tiempo. Esto se establece para determinar si pasado un tiempo arbitrario de más de 2 ms se puede considerar un paquete perdido si no se recibe el ID de regreso. Desde esta misma transición ENVIAR se representa el envío del paquete de datos si la cadena es diferente a la cadena de parada del multiconjunto y se envía al lugar denominado A.

El lugar denominado A representa el almacenamiento de la cadena que le llegará al arete del animal y que como mencionamos en la sección anterior será una onda de radio frecuencia a 134 KHz según el estándar ISO11784 / 11785. Si por algún motivo el paquete llega corrupto se considera como un paquete de datos perdido y en caso contrario pasa al lugar denominado B.

Este lugar representa el buffer o almacenamiento que tiene el arete para procesar dicha cadena y responder con el ID de identificación del arete según el estándar antes mencionado. La

transición denominada RESPONDER ID representa el proceso de generar una variable para la respuesta al emisor. El lugar denominado C representa el almacenamiento temporal o buffer antes de enviar la respuesta hacia el emisor. El tipo de datos ID es igual al tipo de datos str que se declaró al inicio, se asume que el mismo es de tipo cadena o string almacenado en el lugar denominado D. Este lugar al igual que el lugar denominado A representa el envío por radio frecuencia de los datos que en este caso son desde el arete hacia el receptor.

El receptor que en este caso es HDX está a la espera de la cadena de respuesta en un tiempo arbitrario no mayor de 2 ms y fuera de esto se debe considerar como un paquete perdido. A esta condición podemos agregar el hecho de que una cadena de vuelta sea ilegible por el receptor.

Finalmente, si el paquete llega corrupto o en un tiempo mayor a 2 ms se puede considerar un paquete perdido y en caso contrario se puede almacenar en el lugar denominado G. Este lugar representa la etapa que hemos omitido en nuestro modelo que representa el envío de los datos a la PC o teléfono celular inteligente utilizando el protocolo Bluetooth.

La implementación de este modelo en CPN nos ha permitido crear un prototipo funcional como el que se muestra en la figura 2 el cual envía una señal de comunicación a un arete y recibe del mismo una cadena de datos la cual a su vez es enviada a la computadora para su interpretación. Este modelo lo hemos diseñado utilizando la herramienta CPNTools que permite modelar el funcionamiento del sistema y estimar tiempos de respuesta a los procesos fundamentales, sin embargo lo hemos omitido debido a que no es el objetivo de este artículo.

6. Conclusión

No existe en Panamá un registro automatizado del inventario pecuario que permita la correcta implementación de la Ley 104 de trazabilidad pecuaria. Al construir un lector de aretes de identificación por radio frecuencia de bajo costo se soluciona el problema de hacer accesible el mismo para todos los productores ganaderos incluyendo aquellos con menos poder adquisitivo.

Modelar formalmente ayuda a definir, estructurar y estandarizar el desarrollo de metodologías que se enfoquen en problemas que utilizan procesos secuenciales y manejo de recursos. Las redes de Petri coloreadas es una buena opción al momento de modelar sistemas, ya que permite que los mismos puedan ser expuestos a condiciones límites evitando modelados costosos o difíciles.

El uso adecuado de los procesos de trazabilidad mejora la calidad de los productos en una cadena de producción[11]; y en Panamá se está trabajando para lograr un mejor control en estos procesos. Con elementos de identificación, como son los aretes RFID, lectores y las bases de datos, se puede tener un mayor control sobre los productos que se crean. Es por esto, se crea un alternativa de bajo costo para incentivar el uso de estos procesos de trazabilidad.

En este enfoque hemos dado el primer paso que consiste en la creación de un modelo y la explicación de sus elementos a fin de

utilizarlo para la construcción de una herramienta de hardware y de software y también para hacer estimaciones de los resultados esperados del sistema con simulaciones a escala.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Jensen, K. (1994). An introduction to the theoretical aspects of coloured petri nets (pp. 230-272). Springer Berlin Heidelberg.
- [2] Narciso, M. E., Piera, M. A., & Figueras, J. (2010). Optimización de sistemas logísticos mediante simulación: Una metodología basada en redes de Petri coloreadas. *RIAI*, 2(4), 54-65.
- [3] Índice de Competitividad Global 2013-2014 en detalle<<http://pma507pty.com/2013/09/06/indice-de-competitividad-global-2013-2014-en-detalle/>>.
- [4] Estándar Regional de Trazabilidad Bovina. OIRSA en detalle <<http://oirsa.rastreabilidad.org/main.php?id=327&s=2&c=10>>.
- [5] Arduino. <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [6] João Victor Marques Dos Santos. Diciembre 2013. Controle De Atividades Para Petshop Utilizando Rfid. Recuperado de dirección electrónica: <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4905/1/20227680.pdf>
- [7] IICA, A. R. (2009). Informe de la Agroindustria Rural en Panamá. Panamá: IICA-Programa Hemisférico de Agroindustria Rural y Dirección de Desarrollo Rural Sostenible.
- [8] <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/countries/PA?display=graph>
- [9]- Situación Social: Estadísticas del Trabajo - Volumen I - Encuesta del Mercado Laboral, Instituto Nacional de Estadística y Censo 2004-2011, República de Panamá.
- [10]- Panamá. Ley 2 de 20 de marzo de 1986, (incentivos a la producción y exportación agropecuaria). Gaceta Oficial 20,518 de 24 de marzo de 1986.
- [11] Andrés Cartín-Rojas. Mayo 2013. Trazabilidad, Salud Pública Veterinaria Y Seguridad Alimentaria: Un Enfoque Integral. Recuperado de dirección electrónica: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172013000300008&script=sci_arttext