

Modelado del funcionamiento de un dispositivo para el control de la asistencia estudiantil mediante Redes de Petri Coloreadas

Modelling of a student assistance control device operation through Coloured Petri Nets

Karina Ojo ¹, Yorlenis González ², Elia E. Cano ³, Carlos A. Rovetto ⁴

^{1,2,3,4} Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá

karina.ojo@utp.ac.pa, yorlenis.gonzalez@utp.ac.pa, elia.cano@utp.ac.pa, carlos.rovetto@utp.ac.pa

Resumen— El control de la asistencia estudiantil es un factor que influye en el rendimiento de los estudiantes y a su vez es un elemento de evaluación tomado en consideración en el entorno académico, motivo que lleva a mantener un registro de esta. Los métodos tradicionales para el control de la asistencia implican un arduo trabajo manual, lo que impulsa a la propuesta de un dispositivo que automatice el proceso de recolección de la asistencia. Este dispositivo involucra el uso de las huellas dactilares del estudiante como medio de verificación de su asistencia a clases, aumentando así el nivel de seguridad y confiabilidad en los datos que registre el dispositivo. Se contempla la generación de reportes basados en estos datos para el uso del docente según lo amerite. Las Redes de Petri Coloreadas (CPN) son una herramienta que ofrecen una representación gráfica intuitiva y atractiva, lo que permite a personas que no estén familiarizadas con ellas comprender el comportamiento y el flujo de la información que en ellas se maneja. Los colores que emplean las CPN, se basan en los tipos de datos conocidos como cadenas, enteros, booleanos, entre otros; lo que facilita la representación de los datos que fluyen por los arcos de las transiciones, así como el tratamiento de estos, para su uso en procesos posteriores. En este artículo se presenta un modelo mediante CPN del funcionamiento del dispositivo biométrico propuesto, durante el registro de la asistencia de los estudiantes y la generación de un reporte de asistencia diaria.

Palabras claves— Asistencia estudiantil, biometría, huella dactilar, redes de Petri Coloreadas.

Abstract— Student assistance control is a factor that influences on students' performance and it is an element taken into consideration for evaluation in the academic environment, reason that leads to record it. Traditional methods for assistance record involves an arduous manual work, which impels to the proposal of a device that automates the process assistance collection. This device involves the use of student's fingerprints as a means of verifying their attendance at classes, increasing the security and reliability level in the data recorded by the device. It is contemplated the reports' generation based on the recorded data, for teachers use. Coloured Petri Nets (CPN) are a tool that offers an intuitive and attractive graphic representation, allowing non-familiarized people to understand their behavior and information flow in them. Colours used by CPN are based on known data types as string, integers, Booleans, among others; which eases data representation on transition arcs, same to their treatment for its use in future processes. This article presents a CPN model for the proposed biometric device operation, during students' assistance collection and daily assistance report generation.

Keywords— biometric, Coloured Petri Net, fingerprint, student assistance.

1. Introducción

La asistencia a clases en modalidad presencial o semipresencial en el ambiente académico, es un factor que influye directamente en el rendimiento de cada estudiante [1]. Sobre todo la participación en clases son variables con un peso importante en la predicción del rendimiento [2]. Este principio se cumple independiente del nivel de educación en que se encuentre el estudiante, debido a que un estudiante que asiste regularmente a clases puede llevar el ritmo regular de las clases. Esto permite la entrega de trabajos y presentación de pruebas

académicas y otras asignaciones de forma puntual; además de las destrezas que cualquier individuo debe desarrollar para su convivencia en sociedad.

Expuestas algunas ventajas que tiene la asistencia a clases por parte del estudiante, se observa la importancia de llevar un control de esta a fin de considerarlo como parte de la evaluación del rendimiento de cada estudiante.

Los métodos tradicionales para la toma de asistencia en los niveles de educación primario y secundario recurren a un llamado a voz por parte del docente; que al recibir respuesta marca en su libreta o en un archivo en

un computadora, la asistencia del estudiante a la clase. En el nivel universitario usualmente se toma asistencia por medio de firmas en papel, siendo una opción poco ineficiente, puesto que no se puede verificar con certeza la firma de cada estudiante.

Ambos casos denotan un arduo trabajo manual, que se complica para grupos numerosos y más aún cuando este control de asistencia debe ser registrado manualmente en algún tipo de plataforma educativa como Sistema de Administración de Centros Educativos 2.0 (Siace) y el Sistema de Evaluación y Seguimiento Académico (SIESA)[3], sin mencionar un gasto de papelería.

En la actualidad se han implementado nuevas tendencias para el proceso de identificación de personas, entre lo que podemos hacer referencia a la aplicación de conceptos de la biometría [4]. Existen varios países que utilizan técnicas de biometría para la identificación de los estudiantes en la educación, como Argentina, Brasil, Chile entre otros [5], siendo así una tendencia mundial.

La biometría es un sistema automatizado que utiliza un conjunto de rasgos físicos de un individuo, comúnmente usados para tecnologías de seguridad de equipos, que se encarga de identificar características propias de una persona, por tanto, estudia las medidas o formas del ser humano. Estas medidas se encuentran en ciertas partes del cuerpo, por ejemplo el iris y retina del ojo, huellas dactilares, mano completa y la forma de nuestro rostro o reconocimiento facial [6].

Con la tecnología biométrica se tiene una opción que eleva el nivel de certeza y automatización, a través del uso de un dispositivo biométrico [4]. Adicionalmente, esta tecnología permite registrar la asistencia del estudiante, para luego volcar esta información en un formato de archivo que el docente pueda manipular para realizar las evaluaciones correspondientes.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: el punto 2, trata aspectos generales sobre las huellas dactilares; el punto 3, enfoca la situación actual del registro de la asistencia estudiantil en la Universidad Tecnológica de Panamá; el punto 4, define componentes y funcionamiento del dispositivo biométrico propuesto; el punto 5, hace referencia a conceptos relacionados con las Redes de Petri y en el punto 6, se presenta y describe el modelo para el funcionamiento del dispositivo propuesto usando Redes de Petri Coloreadas.

2. Medida biométrica: Huellas Dactilares

El uso de las huellas dactilares como medio de identificación de los individuos, de forma automatizada,

se remonta a los años 1960 con el surgimiento de las tecnologías de computación [7].



Figura 1. Tipos de patrones de la huella dactilar

Las huellas dactilares consisten en una serie de líneas que se forman en la epidermis de los dedos [8], las cuales presentan una serie de patrones como se muestran en la figura 1. Estos patrones son utilizados como puntos característicos al momento de realizar una comparación entre huellas. Usualmente los patrones están constituidos por crestas, bifurcaciones, valles y deltas como se muestra en la figura 2 y cuyas ubicaciones y direcciones reciben el nombre de minucias [9].



Figura 2. Ejemplo de puntos característicos

El proceso general del tratamiento de las imágenes de las huellas dactilares para su uso como medio de identificación, contempla los siguientes pasos:

- Procesamiento de la imagen: Implica el mejoramiento, binarización y adelgazamiento de las líneas que componen la huella.
- Extracción de los puntos característicos: Se detectan y extraen las posiciones de las minucias, generando un índice o vector matemático con esa información.

A partir de estos vectores, los sistemas que emplean huellas dactilares son capaces de realizar búsquedas 1:1 a modo de verificación de la identidad de una persona o de 1:N para identificar a un individuo en particular dentro de un grupo de huellas[8].

En el mercado, tanto a nivel nacional como internacional, es posible encontrar a disposición de cualquier persona componentes electrónicos de tamaños variados, que son capaces de procesar y trabajar con este tipo de información biométrica, tal es el caso de los componentes desarrollados para plataformas como Arduino.

2.1. Sensor de huellas dactilares para Arduino

El GT-511C3 FPS es un escáner de huellas dactilares con un pequeño módulo integrado que consiste en un sensor óptico montado en una placa de circuito pequeña como se muestra en la figura 3. Esta propuesta se apoya en este tipo de sensor por su alta compatibilidad con Arduino, sin embargo, puede utilizarse cualquier otro modelo compatible. Este sensor óptico escanea una huella dactilar y el microcontrolador junto con el software proporcionan la funcionalidad de procesarla automáticamente para encontrar o verificar si coincide con alguna de las huellas que han sido almacenadas en su base de datos interna.

Esta base de datos puede ser importada a la computadora o ser reemplazada por otra, siempre y cuando esta base de datos haya sido generada por el propio sensor.



Figura 3. Lector de huellas dactilares modelo GT-511C3

Entre la gama de sensores orientados al trabajo con huellas dactilares, se eligió el GT-511C3 (figura 3), por su capacidad para el almacenamiento y su tamaño compacto. En la tabla 1 se describen algunas especificaciones técnicas con las que cuenta este sensor.

Tabla 1. Especificaciones técnicas sensor GT-511C3

Ítem	Valor
Procesador	ARM Cortex M3 Core
Tipo de sensor	Óptico
Área del sensor	14 x 12.5 (mm)
Máximo número de huellas	200 huellas
Tasa de Aceptación Falsa	<0.001%
Tasa de Rechazo Falso	<0.1%
Voltaje de operación	DC 3.3 ~ 6V
Corriente de operación	<130mA
Interfaz de comunicación	UART, 9600 bps USB Ver1.1
Modo de coincidencia	1:1, 1:N

Este módulo es de tipo óptico y puede realizar un reconocimiento de 360°, es decir que puede reconocer una huella sin necesidad de colocar el dedo en una orientación específica, sumado a esto es capaz de realizar verificaciones 1:1 y 1:N, a través del algoritmo SmackFinger 3.0 [10].

Este sensor presenta una tasa de aceptación falsa, probabilidad de que dos plantillas de distintos dedos coincidan [11], de 0.001%; a la vez que ofrece una tasa de rechazo falso, probabilidad de que dos plantillas del mismo dedo no coincidan [11], de un 0.1%.

Es compatible con diferentes versiones de tarjetas de Arduino, como Nano, UNO y Mega; la cuales funcionan como un intermediario entre el sensor y la computadora.

2.2. Huellas dactilares frente a otras técnicas de identificación biométrica

Existen otros tipos de técnicas de identificación biométrica como: reconocimiento facial, lectura de la retina del ojo, patrón del iris, reconocimiento de voz y por geografía de la mano. Cada una posee un grado de unicidad, dentro del que destacan el uso del mapa de la retina de ojo y el iris [12] sobre las otras técnicas, debido a esto son empleadas cuando se necesita un mayor nivel de seguridad; no obstante, requieren el uso de un láser que puede resultar incómodo para los usuarios [13].

En el caso del reconocimiento facial y geografía de la mano, se requieren equipos de mayor dimensión y costo. Por esto, se seleccionó la tecnología de huella dactilar, que además de ser menos invasiva, representa menores riesgos para la salud, ofreciendo un aceptable nivel de unicidad y estabilidad, sumado a lo conveniente del tamaño del lector de huellas para la implementación del dispositivo propuesto.

3. Asistencia estudiantil en la UTP

Actualmente la UTP como en otras instituciones de educación superior de Panamá, la asistencia está reglamentada en el Estatuto Universitario como parte de la evaluación docente.

En la Ley 17 de 9 de octubre de 1984, por la cual se organiza la Universidad Tecnológica de Panamá, establece en el Artículo 1, que la Universidad se registrará de acuerdo con la Constitución, la Ley, el Estatuto y los Reglamentos que legítimamente adopte. El Estatuto Universitario de la UTP se creó con respaldo de esta ley y en varios artículos de este estatuto se insta a llevar un control de la asistencia de los estudiantes de los cuales podemos resaltar el artículo 265 de la sección Ch que reza:

“Artículo 265. La asistencia puntual a clases será factor esencial para determinar la calificación que ha de recibir el estudiante por su labor y decidir si se le permite examinarse en la asignatura.” [14].

En la UTP el control de asistencia implica una inversión del tiempo de los docentes, pues se realiza mayormente mediante hojas de firmas o llamado a lista, ambos métodos manuales. Además, este registro de asistencia debe ser cuantificado por el docente para la aplicación de lo dictado por el estatuto, añadido a esto, esta información debe ser cargada de forma manual a la plataforma del SIESA.

SIESA es una plataforma que entre una de sus características se encuentra el registro de la asistencia, sin embargo, resulta tedioso para los docentes con una matrícula numerosa de estudiantes, registrarla diariamente a causa de muchos factores y entre ellos principalmente está la reducida velocidad de Internet en los diversos Centros Regionales de la UTP. Estas limitaciones provocan que los docentes mantengan el registro de forma manual para luego efectuar la actualización en SIESA, cuando se encuentren en un lugar con mejor acceso a Internet, implicando doble trabajo y gasto de papelería.

El dispositivo propuesto busca proporcionar un nivel de automatización para todo el proceso que implica el control de asistencia, debido a que este recolectará la información de la asistencia, sin necesidad de una conexión a Internet o el uso del papel.

4. Dispositivo para el control de asistencia sobre Arduino

Considerando la tecnología antes mencionada en lo que respecta al control de la asistencia, se ha concebido

en la propuesta la utilización de un dispositivo biométrico basado en la plataforma Arduino para la captación y registro de la asistencia estudiantil, con el propósito de apoyar a los docentes en esta labor.

La propuesta proporciona una plataforma de software para la configuración personalizada de cada profesor a fin de que pueda corresponder con las marcaciones de los estudiantes. Una vez establecida la configuración se puede descargar las marcaciones a través de esta aplicación como se muestra en la Figura 4.

Este proceso de configuración y uso del dispositivo biométrico, se divide en tres etapas a) Registro del estudiante y horarios del docente. b) Registro de Asistencia. c) Obtención de reportes.

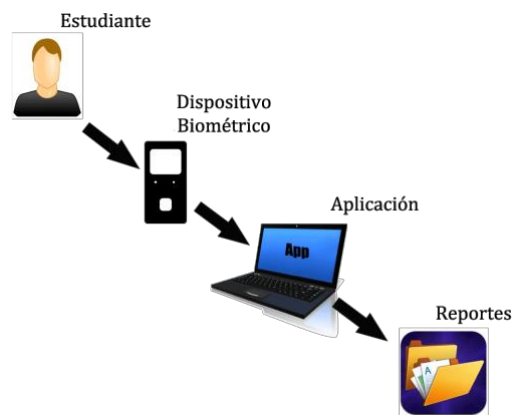


Figura 4. Esquema del funcionamiento del dispositivo biométrico para el control de asistencia

4.1. Registro del estudiante y horarios del docente

El objetivo principal de esta etapa consisten en la obtención de la información que servirá para la validación de las marcaciones que realicen los estudiantes en el dispositivo. Durante esta etapa se realizan dos tareas principales que son el registro del personal docente como el ingreso de la información de los horarios de clase del docente. Posteriormente, se realiza el ingreso de datos personales y captación de la huella digital de los estudiantes.

4.1.1. Ingreso de la información de los horarios de clase del docente

El dispositivo trabaja en conjunto con una aplicación de escritorio desarrollada para facilitar la manipulación y carga de los datos biométricos de los estudiantes, por lo que cuenta con un formulario destinado al registro de la

información de los grupos que se le han asignado a un docente.

En este formulario aparecen campos como el nombre y el código de la asignatura proporcionado por la Universidad, la cantidad de clases que se dictarán por semana y el código de horario que establece el rango de tiempo en el que estudiante debe realizar la marcación para que esta no sea considerada como ausencia. Es posible asignar en la configuración los días que no se van a dictar clases e igualmente se pueden asignar días especiales para recuperar horas de clases.

4.1.2. Ingreso de datos personales y captación de la huella digital de los estudiantes

Una vez se tiene todos los horarios registrados, aparecerá entre las opciones del formulario de registro del estudiante los códigos de asignaturas a los que pueden pertenecer los estudiantes a registrar.

Otros campos del formulario solicitan los datos personales como el nombre y cédula del estudiante y de igual forma se muestra la sección destinada a capturar la huella del estudiante.

Esta tarea debe realizarse estudiante por estudiante, no obstante, el proceso sólo se debe hacer una vez por período académico.

Tanto la información referente a los horarios del docente como el registro de los estudiantes permanecerán en la computadora en el cual se realizó el registro. Por esta razón el docente debe ser cuidadoso al elegir dónde se guardarán estos archivos pues son requeridos para procesos posteriores.

4.2. Registro de la asistencia

Una vez efectuada la captura de las huellas de los estudiantes en el dispositivo, para el registro de asistencia el docente debe llevar el dispositivo al salón de clase y pasarlo para que cada estudiante realice su marcación.

En tal caso si el estudiante coloca su huella digital en el dispositivo después de rango del código de horario, será enviado a un reporte aparte en donde quedará a criterio del docente si lo registra como ausencia o tardanza a clases.

4.3 Obtención de Reportes

En esta fase el docente puede obtener dos tipos de reportes, el reporte diario y el reporte porcentual. El reporte diario contiene la asistencia por clases de cada

estudiante hasta el momento y el reporte porcentual es aquel en donde se obtendrá el porcentaje de asistencia por asignatura de los estudiantes, para esto el docente debe indicar el total de clases que impartió en el período académico que se va a evaluar.

Estos reportes se pueden adaptar a un formato específico, por ejemplo, un archivo con la extensión CSV, apto para ser cargado en plataformas como SIESA.

La extensión CSV del inglés *Comma-separated values* es un archivo de texto que se puede editar, importar y exportar cantidades de datos separadas por coma con gran facilidad.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que, en las etapas del registro del estudiante y horarios del docente, como en la de obtención de reportes, el dispositivo debe estar conectado a un ordenador en el que se encuentre instalada la aplicación correspondiente, así como los archivos de registros de información mencionados.

5. Redes de Petri Coloreadas

Las Redes de Petri (RdP) son un modelo creado por Carl Adam Petri, basándose en la teoría de autómatas modulares, en 1960. Una RdP está conformada por una serie de elementos denominados lugares, transiciones y arcos de expresiones; representados mediante círculos/elipses, rectángulos y flechas respectivamente[15]. A través de estos elementos se mueven los llamados tokens o marcas, cuyo contenido puede representar un recurso, persona, etc.

Existe una variación de las RdP, que, en lugar de que las marcas representen objetos, estos tengan un valor que está afiliado a un tipo de dato, ya sea entero, booleano, entre otros. Esta variación recibe el nombre de Red de Petri Coloreada o CPN por sus siglas en inglés, en donde los colores serían los datos que contienen las marcas.

Al ofrecer esta característica, las CPN resultan como una gran herramienta para el modelado y visualización de comportamientos dentro un sistema dado, pues proporcionan:

- Descripciones jerárquicas.
- Representación gráfica intuitiva y atractiva.
- Simulaciones interactivas.

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, 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 P).
- G, Función de protección G (guarda de T).
- E, La función de expresión del arco.
- I, función de inicialización (marcas iniciales de P).

El conjunto de los colores Σ especifica los colores permitidos para cada marca y Σ_{MS} es un multiconjunto de todos los colores. Dado un multiconjunto m sobre un conjunto no vacío, se define como una función $m: S \rightarrow N_0$ que, para un $s \in S$ retorna la ocurrencia de s en Σ , tal que $s \in \Sigma$, $\text{si } m(s) > 0$. Los lugares P pueden contener los colores que representen valores tan arbitrarios y complejos como sea necesario. Cada marca se encuentra mapeada a un color que puede ser modificado por las transiciones T, tal que $P \cap T = \emptyset$. El conjunto A, une los lugares y transiciones, esta acción está expresada como $P \cap T = P \cap A = T \cap A = 0$. En los arcos pueden apreciarse una serie de expresiones pertenecientes al conjunto E, las cuales se deben evaluar como un color de un conjunto de colores del lugar o como un conjunto múltiple de colores.

Estas expresiones a su vez determinan la cantidad de marcas que entran o salen de los lugares, dado sea el caso. La función N, está definida sobre A y mapeada a A, de la siguiente forma $A \rightarrow (P \times T) \cup (T \times P)$. De forma similar la función C está mapeada a cada lugar P con el conjunto Σ . Por otra parte, la función G excluye ciertos elementos y asigna cada transición $t \in T$ a una expresión de guarda g; cuyo resultado debe ser evaluado en términos de cierto o falso. La función I es la encargada de asignar a cada lugar p una expresión de inicialización i, evaluada como un multiconjunto de marcas con un color correspondiente al color del lugar C(p), expresado como $M: P \rightarrow C(p)MS$.

Estas prestaciones permiten representar datos como los que serán empleados por el dispositivo: fechas, horas, identificador de huella dactilar, etc.; a través de colores.

6. Modelo formal a través de CPN

Para la formulación del modelo, se ha omitido la etapa de configuración del docente y sus cursos, así como el registro de las huellas de cada estudiante. Para efectos didácticos el modelo ha sido enfocado en el proceso de registro de asistencia y generación del reporte de asistencia diario por parte de la aplicación de escritorio.

El modelo en CPN simplifica y representa de manera formal los tipos y flujos de datos, así como la toma de decisiones que realiza el dispositivo biométrico una vez que recibe la lectura de la huella dactilar.

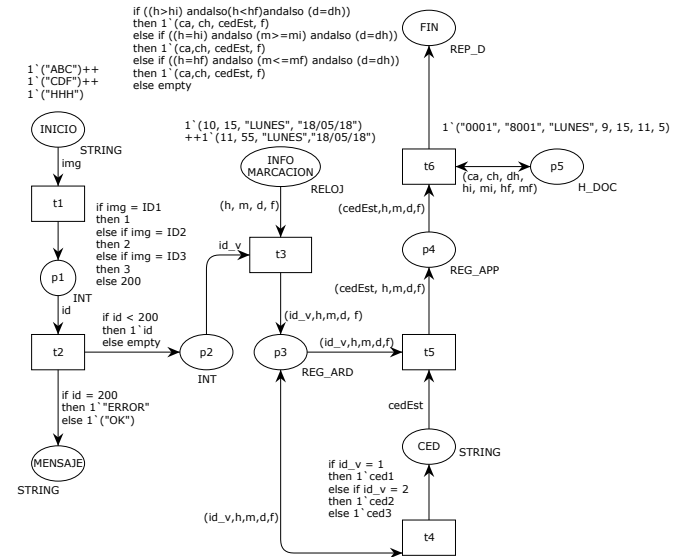


Figura 5. Modelo CPN para el funcionamiento del dispositivo.

En la Figura 5, representa el modelo en donde los círculos representan estados P y los rectángulos transiciones T. Se ha etiquetado los lugares y transiciones principales dependiendo de la información que en ellos existe o por un nombre genérico. A continuación, se enumeran los tipos de datos principales del modelo basados en el tipo cadena=string y entero=int, obteniendo así las variables denominadas var y los colores colset:

1. colset RELOJ = product INT * INT * STRING * STRING;
2. colset REG_ARD = product INT * INT * STRING * STRING;
3. colset REG_APP = product STRING * INT * INT * STRING * STRING;
4. colset REP_D = product STRING * STRING * STRING * STRING;
5. colset H_DOC = product STRING* STRING* STRING * INT *INT*INT*INT;
6. var id, id_v, cod, h, m, hi, mi, hf, mf: INT;
7. var img, msg, cedEst, d, f, ca, ch, dh: STRING;
8. val ID1 = "ABC";
9. val ID2 = "CDF";
10. val ced1 = "00-000-000000";
11. val ced2 = "01-001-000001";

El proceso inicia cuando los estudiantes colocan su dedo sobre el sensor de huellas dactilares, acción que

corresponde a su asistencia a la clase. La huella ingresada es representada en el modelo con la variable `img`, que almacena una cadena para representar la información biométrica que es leída por el sensor.

Esta huella pasa a ser verificada en la base de datos interna del lector, `t1`, retornando un valor entero, `id`, que va del 0 al 199, en caso de que la huella exista, debido a que el máximo número de huellas que pueden ser almacenadas en el lector es 200, de lo contrario retorna un valor fuera del rango dado. Para ambas circunstancias, se emite un mensaje para que el usuario pueda saber si su marcación fue aceptada o no.

El `id` de la huella que pasa la verificación, `id_v`, es enviado a un registro, junto con información referente a la hora, nombre del día y la fecha en que se marcó (`h`, `m`, `d` y `f`, respectivamente), elementos del color `RELOJ`, mediante la `t3`. Este registro es del color `REG_ARD` y es almacenado para su uso posterior en `p3`.

Los pasos detallados corresponden a la fase del registro de la asistencia de los estudiantes, en donde el dispositivo tiene como única tarea llevar un registro de las marcaciones realizadas por los estudiantes, indistintamente de la materia que esté dictando el docente y es de carácter repetitivo, es decir, sólo el docente decide en qué momento detener la recolección de la asistencia.

La siguiente fase corresponde a la generación del reporte de la asistencia, en donde se emplea la información de `REG_ARD`, guardada en `p3`, para generar un nuevo registro, correspondiente al color `REG_APP`, para lo cual es necesario reemplazar cada `id_v` por el número de documento de identificación personal del estudiante cuya huella haya sido registrada con ese `id_v`. En el modelo, las cédulas de las huellas existentes en el lector se definen en los valores de `ced1`, `ced2` y `ced3`; en la transición `t4` se establece la condición para enviar el valor correspondiente, hacia `t5` mediante la variable `cedEst`.

La transición `t5` envía los nuevos datos con las cédulas correspondientes, para ser almacenados en `p4`. Para obtener el reporte de asistencia, los datos de `p4` son comparados contra los archivos que contienen la información del horario del docente y de las asignaturas, representados por `p5`, permitiendo validar si las marcaciones se hicieron en el rango de horas establecidos para ser tomado en consideración como asistencia. Esta verificación es llevada a cabo por `t6`.

El proceso finaliza con la obtención de un reporte, cuyos datos forman parte del color `REP_D`, que despliega el código de la asignatura, código de hora, cédula del estudiante y fecha de la marcación.

6.1. Simulación del modelo

Con el fin de evaluar el funcionamiento del modelo, en la herramienta CPN Tools, se dieron las siguientes entradas, en representación de huellas ingresadas en el lector: “ABC”, “CDF” y “HHH”. En la figura 6 se aprecia el proceso de verificación de la huella en donde se generan dos mensajes de confirmación y uno de error, que corresponde a la entrada “HHH”. A las que pasaron la verificación se les asigna la hora y fecha de marcación.

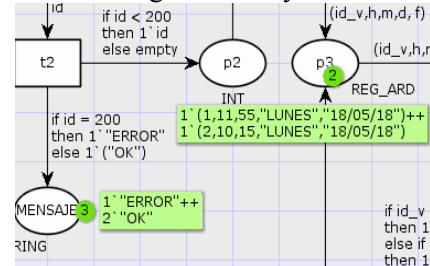


Figura 6. Verificación de la huella en la base de datos.

En la figura 7 las dos marcaciones que fueron aceptadas han pasado por el proceso de asignación de la cédula de cada estudiante.

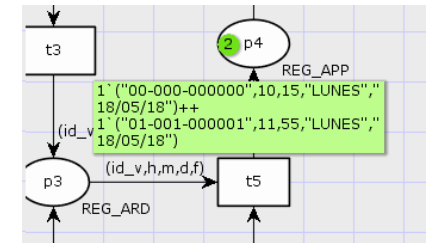


Figura 7. Reemplazo del ID de huella por la cédula.

Finalmente, en la figura 8 se muestra que sólo una de las marcaciones registradas está dentro del rango de horas establecido en la línea ejemplo de datos del horario del docente en `p5`.

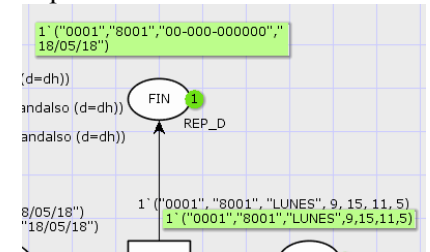


Figura 8. Reporte de asistencia diaria.

7. Conclusión

El uso de la biometría ha permitido elevar el nivel de certeza al momento de identificar a una persona, dando paso a la aplicación de técnicas que involucren su uso por razones de seguridad.

La asistencia es un punto que es considerado a la hora de evaluar a un estudiante, indistintamente del nivel académico, por lo cual es necesario llevar un control estricto de ésta; no obstante, los métodos actuales para su registro no son los óptimos y requieren inversión de tiempo y recursos por parte del docente.

La propuesta del dispositivo biométrico para el control de la asistencia estudiantil persigue ofrecer una alternativa automatizada para la recolección de la asistencia, sumando a esto una mayor eficacia y confiabilidad en los datos recolectados, debido al uso de la huella dactilar como medio de verificación de la identidad de cada estudiante.

Estos datos a su vez pueden ser manipulados por el docente para la obtención de reportes en los que se despliegue información adicional como códigos de hora y asignatura, porcentajes de asistencia, entre otros.

Las CPN, siendo una herramienta potente para la elaboración y simulación de modelos, permiten presentar de una forma gráfica e intuitiva procesos como el envío y tratamiento de la información, tal es el caso de los pasos de verificación que realiza de forma interna el dispositivo. Otra cualidad de las CPN es la facilidad para la representación de los datos que fluyen en los arcos, mediante el uso de colores que pueden estar constituidos por combinaciones de varios tipos de datos.

El modelo presentado contempla el registro de la asistencia de los estudiantes, sin hacer diferencia en la materia en que se esté recolectando, y el procesamiento de ese registro para la obtención de un reporte de asistencia diario.

Este modelo facilita la visualización y entendimiento de la serie de decisiones que el dispositivo debe realizar para validar las marcaciones realizadas por los alumnos, de una forma simple.

Adicionalmente, podemos describir y modelar formalmente utilizando teoría de conjuntos para que sea interpretado por personas que no tengan un conocimiento previo sobre RdP o CPN. Se utilizó la herramienta CPN Tool para el modelado del sistema propuesto y actualmente se está trabajando en la primera versión física del dispositivo que se propone en este trabajo.

8. Referencias

- [1] L. Stanca, "The Effects of Attendance on Academic Performance: Panel Data Evidence for Introductory Microeconomics," *J. Econ. Educ.*, vol. 37, pp. 251–266, 2006.
- [2] M. García, J. Alvarado, and A. Jiménez, "La predicción del rendimiento académico: regresión lineal versus regresión logística," *Psicothema*, vol. 12, no. 2, pp. 248–252, 2000.
- [3] L. Pérez and N. Samaniego, "Sistema de evaluación y seguimiento del rendimiento académico," *Prism. Tecnológico*, vol. 5, no. 1, pp. 16–19, 2014.
- [4] S. Chague, B. Droit, S. Boulanov, S. N. Yanushkevich, V. P. Shmerko, and A. Stoica, "Biometric-Based Decision Support Assistance in Physical Access Control Systems," *2008 Bio-inspired, Learn. Intell. Syst. Secur.*, pp. 11–16, 2008.
- [5] TEDIC, "Cuantificando identidades en América Latina," 2017.
- [6] FACULTAD DE INGENIERIA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR, "Escuela de Ingeniería en Sistemas y Computacion," no. 2, 2016.
- [7] N. whyte Wen Liu, "Fingerprint Recognition," *FBI Publ.*, vol. 1, pp. 100–166, 2012.
- [8] V. G. Arrieta, A. Marín, J., Sánchez, L. G., Romero, L., Sánchez, L. A., & Batista, "Gestion y Reconocimiento óptico de los puntos carateristicos de imagenes de huellas dactilares.," *Univ. Salamanca*.
- [9] C. M. Galvis T., "Introduccion a la biometría." 2007.
- [10] ADH-Tech, "Data Sheet Optical Fingerprint Recognition Embedded Module GT-511C3." 2006.
- [11] P. Lindeberg, "How to evaluate a fingerprint algorithm - and achieve top performance." 2015.
- [12] P. Biométricos and D. E. H. Dactilar, "TESIS DOCTORAL," 2003.
- [13] M. R. MARÍN, J. C. R. URIBE, and J. C. O. MORALES, "Una Mirada a La Biometría," *Av. en Sist. e Informática*, vol. 6, no. 2, pp. 29–38, 2011.
- [14] Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), "Estatuto Universitario de la Universidad Tecnológica de Panamá," no. 1, pp. 1–72, 2012.
- [15] K. Jensen, "A Brief Introduction to Coloured Petri Nets," 2005.