

emisiones de radio, por ejemplo, el canal del clima, noticiarios, etc. Cualquier red de radiofrecuencia, u otro tipo inalámbrico de corto alcance que proporcionen información de conocimiento al medio ambiente pueden ser también analizados. En la fase de observación, la Radio Cognitiva también lee la ubicación, temperatura, nivel de luz, sensores, etc., para deducir el contexto de las comunicaciones del usuario.

3.2 Observación del entorno

Fase de Observación

En esta fase la Radio Cognitiva emplea sus sentidos y percibe del medio ambiente (a través de un código) múltiples frecuencias simultáneamente, que generan estímulos, al juntar estos estímulos, se crean subconjuntos de experiencia previa para generar planes de acción. La Radio Cognitiva tiene la capacidad de acumular la información y recordar, a través del almacenamiento de la información en bases de datos, con la finalidad de agregarlos a la situación actual. Esto puede parecer muy útil, pero se tiene que hacer el cálculo de todos los audios, imágenes únicas, correos electrónicos, etc., por lo que se podría ocupar en un solo año cientos de gigabytes de memoria, en función de detalle de las imágenes.

Una de las funciones básicas consiste en recordar rápidamente y correlacionar la experiencia actual en contra de todo lo conocido anteriormente.

Fase de Orientación

En la fase de Orientación, se determina la importancia de una observación, ya que contiene estructuras de datos que constituyen el equivalente de la memoria a corto plazo (STM) que usa la gente para participar en un diálogo. Normalmente la gente necesita de STM para mantener la información de memoria a largo plazo (LTM). El medio ambiente suministra la información necesaria para iniciar la redundancia y la transferencia de información de STM a LTM. Una forma de optimizar la información contenida en la memoria a corto plazo consiste en mantener la información lo más ordenada posible, esto llevará, seguramente, a tomar muchos datos que no se puedan ordenar en el momento pero que se almacenan para tratarlos y ordenarlos posteriormente, eliminando aquéllos duplicados y grabándolos definitivamente por referencia a datos o conceptos similares, ahorrando de esta forma, gran cantidad de memoria o de archivos de datos. La adecuación de la información a la experiencia actual, puede lograrse mediante el reconocimiento o estímulo "vinculante". El objetivo consiste en orientar la actividad junto con el componente cognitivo.

Reconocimiento al estímulo

El reconocimiento al estímulo se produce cuando hay una coincidencia exacta entre un dato y un estímulo antes de la experiencia. La Radio Cognitiva reconoce continuamente las coincidencias exactas de grabación y el número de veces con que se produjeron a lo largo del tiempo, entre la última coincidencia. Pero el sistema va en función al diseño que se le dé, es decir, si el sistema ha sido diseñado para responder a una ubicación, una palabra, una condición de radiofrecuencia, etc., reaccionará de inmediato y podrá ejecutar un plan en reacción a los estímulos detectados, si se detecta un error, entonces puede ser entrenado para ignorar el estímulo. A veces, la fase de Orientación da la impresión de que la acción se iniciará de inmediato como un "estímulo reactivo" como respuesta de comportamiento, por ejemplo, un fallo en la energía, puede causar

directamente la acción guardar la información, o bien, la pérdida de una señal en una red puede provocar la reasignación de recursos, o para analizar el aporte a la búsqueda de alternativas de canales de radiofrecuencia puede tomar el camino "urgente" ver Figura 1.

Vinculación

La vinculación se produce de manera muy general y sólo cuando existe una coincidencia entre los criterios de aplicación de la experiencia previa a la situación actual se cumplen, es decir debe de haber una coincidencia casi exacta entre ellos. Uno de estos criterios es el número de las características incomparables de la escena actual, si sólo es una característica sin igual y la escena se produce en un nivel alto como el nivel de diálogo, entonces es obligatorio dar el primer paso en la generación de un plan para que se comporte de manera similar a la última aparición de los estímulos. Además establece una prioridad asociada a los estímulos, detectando así la prioridad más alta, de este modo es posible llevar a cabo el monitoreo autónomo.

Fase de Planificación

La mayoría de los estímulos se tratan "deliberadamente" y no "reactivamente". Un mensaje de entrada de red normalmente se trata mediante la generación de un plan y toma la ruta "normal".

En la investigación y la calidad de la Radio Cognitiva, los modelos deben ser integrados en la fase de planificación. El plan deberá incluir una fase de razonamiento sobre el tiempo. Normalmente, las respuestas reactivas son pre programadas o definidas por una red, la Radio Cognitiva "indica" lo que hay que hacer, mientras que otras conductas pueden ser previstas. Un estímulo puede asociarse a un simple plan, en función de parámetros de planificación, que permiten la incorporación de subsistemas, mejorando la fase de planificación, ya que ayuda a la síntesis de radiofrecuencia y al acceso a la información en un comportamiento orientado a percepciones visuales, de audio, texto, y radiofrecuencia, así como a las normas de la Autoridad Reguladora (AR) y a las preferencias de los usuarios previamente definidas.

Fase de Decisión

La fase de "Decisión" selecciona los mejores planes. La radio puede tener la opción de avisar al usuario mediante un mensaje entrante, por ejemplo, actuando como una alarma o aplazando su interrupción hasta que el usuario analice cual es el mejor de estos planes.

Fase de Actuar

La fase de "Actuar" inicia los procesos seleccionados utilizando módulo de efectos (envío de mensajes, establecimiento de visualización). Los efectos pueden acceder al medio ambiente o al interior de los estados de la Radio Cognitiva.

Acciones orientadas externamente

El acceso al medio ambiente consiste principalmente en componer mensajes que se hablan en el entorno local o en el texto de forma local o utilizando una Radio Cognitiva o NC KQML, RKRL (Lenguaje de Representación del Conocimiento de la Radio), OWL (Lenguaje Ontológico de la Red), RXML (Lenguaje de Representación del

Conocimiento XML), o alguna otra norma de intercambio que cuente con los conocimientos adecuados.

Acciones orientadas internamente

Las acciones sobre el control interno de los estados incluyen una máquina controlable, así como, canales de radio. La Radio Cognitiva también puede afectar el contenido de los modelos internos, mediante la adición de un modelo de estímulo, experiencia y respuesta denominado serModel. Este modelo sirve para relacionar elementos en una escena, logrando el reforzamiento de esta y puede ser llamado con la instrucción <Self/>.

Aprendizaje

El aprendizaje es una función que se logra gracias a las observaciones, percepciones, decisiones y acciones. La formación inicial se efectúa por la percepción en la fase de Observación, la jerarquía en la que todas las percepciones sensoriales son comparadas continuamente con todos los estímulos antes de contar y de recordar los sucesos almacenados, desde la última aparición de los estímulos a los agregados en secuencias básicas.

Cada una de las fases del ciclo cognitivo ofrece múltiples oportunidades para desarrollar mejores procesos. Existe un mecanismo de aprendizaje que se produce cuando un nuevo tipo de serModel se crea en respuesta a una acción para crear una instancia, en un serModel generado internamente, los estados pueden ser comparados internamente con la expectativa de aprender acerca de la eficacia de las comunicaciones.

3.2.1 Monitoreo autónomo

Calendario de Monitoreo Autónomo

Cada una de las fases anteriores debe regirse por estructuras de cálculo, para que el tiempo de ejecución pueda ser calculado. Además, cada fase debe limitar sus cálculos y no consumir más recursos (tiempo asignado x la capacidad de transformación) que el pre calculado por el límite superior. Por lo tanto, la arquitectura requiere de algunas prohibiciones y algunos datos necesarios para obtener un grado aceptable de estabilidad y del comportamiento de la Radio Cognitiva, los cuales sirven de referencia para la modificación de los sistemas de autoevaluación.

No se puede calcular de antemano cuánto tiempo tardará en correr una expresión FOPC (cálculo de la primera predicción utilizada en algunos sistemas de razonamiento). Puede haber teorías que se opongan, e incluso con un circuito de detección, el tiempo para resolver una expresión sólo puede ser aproximado como una función exponencial de algunos parámetros, por ejemplo, el número de FOPC's. Sin embargo, no está permitido el FOPC sin restricciones, por lo que, se delimitan las iteraciones para que el tiempo sea suficiente para ejecutar el parámetro, y se calcula o suministra con independencia de los cálculos que determinan el control de la iteración del parámetro, esto podría mejorar en la próxima generación de compiladores y herramientas para la Radio Cognitiva, ya que hoy en día no existen estos instrumentos de medición. Desde la modificación del código libre auto referencial está prohibido el diseño y las prácticas estructuradas de programación. Sin embargo, la Radio Cognitiva es auto referencial y auto modificable, por lo que, es probable que surjan herramientas, que ayuden a la mejora de la Radio Cognitiva.

Por último, el ciclo cognitivo en sí no puede contener protocolos internos. Cada iteración del ciclo debe tener una determinada cantidad de tiempo. Las plataformas de la Radio Cognitiva computacionales saben cómo seguir el progreso, aunque la cantidad de trabajo computacional en el ciclo vaya en aumento, no se permite bajo ninguna condición explícita o implícita que las fases se usen más tiempo del que tienen permitido.

Retrospección

La asimilación de los conocimientos mediante el aprendizaje autónomo puede ser agotador computacionalmente hablando, ya que la Radio Cognitiva aprovecha los estados o periodos de "sueño" y "oración" para realizar esta tarea. Un sueño es un tiempo relativamente largo, por ejemplo, puede tardar minutos u horas, en este lapso, la radio no podrá estar en uso, pero dispondrá de suficiente energía eléctrica para realizar dicha tarea. Durante el periodo del sueño, la radio ejecutará algoritmos de aprendizaje autónomo sin dejar de lado su capacidad para apoyar las necesidades del usuario.

Los algoritmos de aprendizaje autónomos pueden integrar parámetros estadísticos que calculen la repetición de la información. El periodo de sueño podrá volver a ejecutar secuencias de estímulo respuesta con los nuevos parámetros de aprendizaje, similar a cuando a la gente le da sueño. En el periodo de sueño se utiliza un algoritmo genético para explorar o analizar escenas con información errónea, esto mejora potencialmente los parámetros de la decisión de la experiencia reciente. Sin embargo, las oportunidades de aprendizaje no se resuelven en la época del sueño, por lo que pueden ser llevados a la atención del usuario, la red de acogida, o de un diseñador, durante una época de oración. El sueño y la oración son posibilidades para la mejora de la Radio Cognitiva.

3.2.2 Monitoreo colectivo

La Radio Cognitiva cuenta con la capacidad de trabajar sola o en conjunto. Para que pueda trabajar colectivamente dependerá de una red, ya que a través de ésta es como podrán compartir la información necesaria para ofrecer un mejor servicio al usuario. Otro elemento que puede aprovechar el monitoreo colectivo en la radio cognitiva es el uso de bases de datos, ya que al consultar la información pueden intercambiar experiencias.

3.2.3 Mapas de entorno para las radiocomunicaciones y observaciones en las bases de datos

Actualmente muchas radios pueden capturar la actividad, el tiempo y la ubicación del espectro. Esta información puede ser compartida directamente, pero también se puede organizar y almacenar la información en una base de datos regional, que prevé la toma de conciencia de los emisores, las políticas locales, y el conocimiento de las zonas donde es probable que desocupa la señal, estas predicciones ayudan al rendimiento de la radio. Una de esas estructuras de datos, fue desarrollada por Zhao y Le para la mejora de la radio y es conocida como Mapa del Medio Ambiente (REM). Ésta base de datos puede de gran ayuda, en cuestión tiempo para las radios cognitivas, ya que suele ser un

factor primordial para localizar y asignar el espectro no utilizado para un propósito específico y para adquirir las políticas de acceso a la red de servicios locales.

Valor de los Servicios

Hoy en día las zonas urbanas populares que prestan los servicios de comunicación con computadoras están densamente pobladas, los turistas y viajeros de negocios representan una demanda significativa, ya que no están familiarizados con los servicios locales. Por esta razón, los principales hoteles cuentan con servicio de computadoras las veinticuatro horas del día para dar asistencia a sus huéspedes. Algunas veces, los visitantes no pueden utilizar el servicio local debido a que hablan otro idioma o bien a la falta de información sobre los servicios locales. Esta problemática ha sido identificada, hace poco una empresa realizó de manera exitosa la venta de servicios por Internet, y los informes anuales indican ganancias de hasta 77 millones de dólares. Otros informes indican que combinando los servicios de computación con la telemática, la ubicación y localización de vehículos, se producen mejores ganancias. Una tercera empresa mundial comentó que los informes de negocios de comercio electrónico representan un 30% en la tasa de crecimiento anual, y han establecido una cuota mensual para poner a prueba la estructura del mercado.

Frost & Sullivan presentaron un informe de mercado que se centró específicamente en los propietarios de automóviles de lujo. Su informe, en resumen, indica que de 250 millones de automóviles que circulan en los EE.UU., 30 millones son capaces de ofrecer el servicio de telemática, y 10 millones utilizan el servicio, representando una ganancia de \$ 1.3 billones por año. Con la convergencia de los servicios de voz y datos, la aceptación del mercado podría aumentar un 30%. Es por esto y otros factores que surge la necesidad de crear una radio inteligente, que ofrezca innovación en sus servicios. Sin duda alguna esta es una oportunidad que la Radio Cognitiva puede aprovechar significativamente.

3.3 Patrones de reconocimiento

3.3.1 Redes neuronales

Las redes neuronales se basan en el reforzamiento de una decisión o una selección basada en el resultado actual o el resultado de una decisión. La red neuronal normalmente tiene un vector de valores de entrada y un vector de valores de salida. Una capa intermedia para los valores de entrada y salida, propagando los valores de entrada a lo largo de una serie de conexiones desde entrada a la salida.

Esencialmente, cada nodo en la red neuronal toma un vector A , y se aplica un vector de peso W , para llevar a cabo la propagación del valor de entrada a lo largo del enlace de la siguiente capa de red. Esta propagación es típicamente comparada por una constante b . Para un nodo individual, la propagación de salida A_j , de un nodo j , se puede expresar de la siguiente manera (ver Ecuación 1).

Ecuación 1. Propagación de la red neuronal

$$A_j = \left[\sum_{i=0}^n a_i w_i + b_j \right]$$

Cuando el valor de salida A_j es mayor que cierto valor umbral T_j , el valor se propaga a lo largo de la salida ver Figura 2. El aprendizaje, en el contexto de una radio cognitiva, implica el ajuste del valor de umbral, el valor de b , o el peso asociado a un nodo.

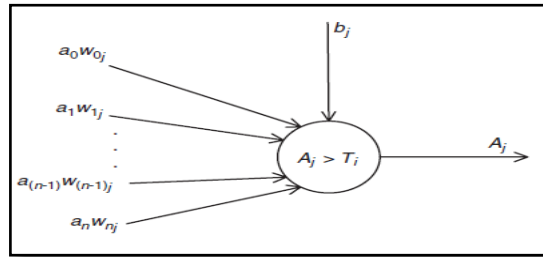


Figura 2. Nodo de una red neuronal

Una red neuronal se forma cuando una colección de nodos individuales se organiza de manera conjunta en múltiples capas ver Figura 3. La red neuronal tiene un conjunto puntos de entradas. Los valores de entrada, a través de estos puntos son propagados a la capa intermedia (capa oculta) a un conjunto de puntos de salida. Los puntos de salida activados por la propagación son comparados con el valor actual. Si hay una igualdad, la ruta seguida para llegar a esos puntos de salida, se usa para regresar al los puntos de entrada. Los nodos que intervinieron en la ruta encontrada son reforzados.

El aprendizaje dentro de una red neuronal requiere de retroalimentación que permite a la red comparar el valor de la salida esperada asociado con un conjunto de datos de entrada contra la respuesta alcanzada por la red neuronal. Esto forma la parte de una propagación de regreso ver Figura 3.

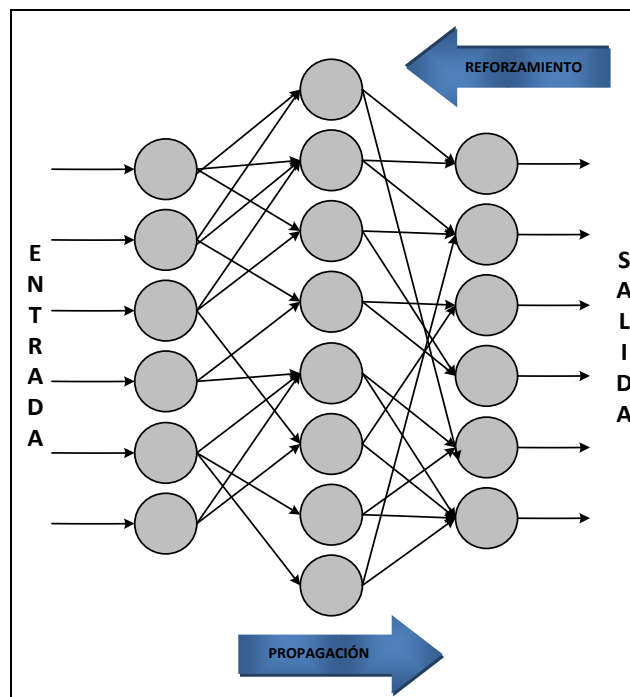


Figura 3. Red neuronal (muestra la propagación de entrada y la propagación de regreso aprendida).

Como los vectores de valores de entrada son aplicados al sistema, los datos se propagan a través de las capas intermedias de la salida. El resultado es asignado dentro de los vectores de salida. Estos elementos en un vector de salida, cuyos valores coinciden con el valor aplicado esperado se ven reforzados por la propagación de regreso.

Así, las capas intermedias que contribuyeron a la propagación de los datos resultantes en la salida los valores correctos son reforzadas. El reforzamiento puede ser ejecutado a través del incremento de pesos, de los nodos involucrados en la propagación de los datos de entrada hasta la correcta salida.

Este reforzamiento de los enlaces neuronales incrementa la probabilidad de que el mismo valor de entrada resulte en el correcto valor de la propagación de salida. Esos valores de salida que no coincidieron con los valores de salida esperados son débiles, por lo tanto disminuye la probabilidad de que sean aplicados de nuevo dando el mismo conjunto de condiciones.

3.3.2 Cadenas de Markov escondidas

Estadística y Métodos de predicción

Para minimizar la interferencia a los usuarios primarios, las radios cognitivas deben llevar un registro de las variaciones en el espectro y hacer predicciones. La Radio Cognitiva deberá tener la capacidad de aprendizaje para emplear sus sentidos al momento de utilizar el espectro. La historia de la utilización del espectro de información puede ser usada para predecir el futuro de este. El conocimiento actual de los dispositivos activos o de los algoritmos de predicción basados en análisis estadísticos puede ser utilizado. El canal principal de los patrones de acceso para los usuarios se identifica y se utiliza para predecir el uso del espectro. Con una transmisión TDMA y un proceso de detección estacionario del espectro es posible obtener un patrón de ocupación del canal.

Este parámetro se utiliza para predecir la probabilidad de inactividad de un canal en específico. Además, propone utilizar las cadenas ocultas de Markov (HMMs) para modelar los patrones del canal, cuando estos están siendo ocupados por usuarios primarios. Se utilizan unas series temporales multi variantes que son capaces de aprender las principales características del usuario, para así, predecir el futuro y ocupar los canales vecinos.

Un sistema binario se utiliza para reducir la complejidad y los requerimientos de almacenamiento, como se muestra en la Figura 4.

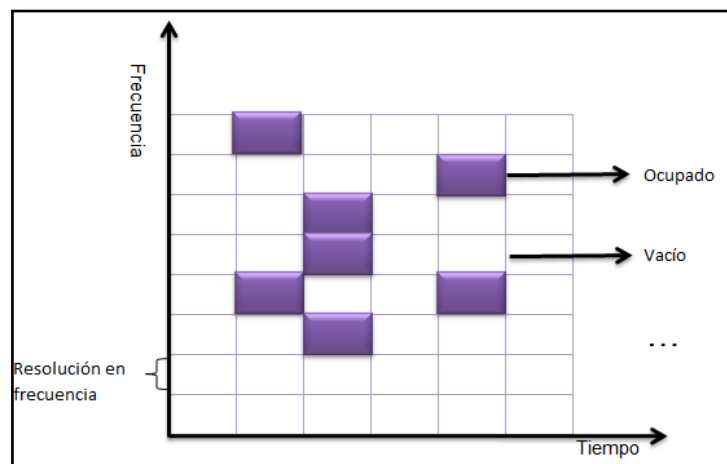


Figura 4. Sistema binario utilizado para el modelado de la ocupación del espectro

Se observa que el comportamiento del modelo estadístico de los principales usuarios debe mantenerse lo suficientemente simple para que sea capaz de diseñar protocolos

óptimos de orden superior. Por otra parte, sería inútil si el comportamiento del usuario no se pudiera predecir bien. Con el fin de lograr un equilibrio en tiempo continuo, entre la complejidad y la eficacia, el semi modelo de Markov se puede utilizar para describir las características. Las estadísticas de los canales de la red WLAN pueden ser utilizadas por la Radio Cognitiva para predecir oportunidades en el espectro y así poder transmitir. Para esto se lleva a cabo una mezcla de distribuciones, las cuales se emplean para obtener estadísticas para detectar la disponibilidad del espectro, de esta forma es seleccionada dinámicamente la frecuencia de funcionamiento, para la detección de frecuencias disponibles.

Las estadísticas de la ocupación del espectro se obtienen de una caja (salida de la FFT), esta es una pieza estacionaria muy importante para el registro de las estadísticas, ya que con estas se puede garantizar que los datos son fiables al momento de recibir la solicitud de acceso al espectro. Con el uso de las estadísticas, la probabilidad de que existan oportunidades para usar el espectro, permanecerá disponible, el tiempo de espera se reducirá, pero dependerá del cálculo de cada FFT. Después, estos valores de probabilidad se utilizan para identificar la gama de frecuencias que pueden ser utilizadas para la transmisión.

Se utilizan redes WLAN por tres de sus principales características que son:

- **Movilidad:** Permite transmitir información en tiempo real en cualquier lugar de la organización o empresa a cualquier usuario. Esto supone mayor productividad y posibilidades de servicio.
- **Facilidad de instalación:** Al no usar cables, se evitan obras para tirar cable por muros y techos, mejorando así el aspecto y la habitabilidad de los locales, y reduciendo el tiempo de instalación. También permite el acceso instantáneo a usuarios temporales de la red.
- **Flexibilidad:** Puede llegar donde el cable no puede, superando mayor número de obstáculos, llegando a atravesar paredes. Así, es útil en zonas donde el cableado no es posible o es muy costoso, por ejemplo, parques naturales, reservas o zonas escarpadas.

Las Aplicaciones Militares abundan

Los usos militares para la Radio Cognitiva abundan. Es fácil imaginar una escena donde los radios retransmiten la orden de un comandante dirigida a sus soldados. Pero si se pudiera recordarla y distribuirla digitalmente, podría haber pocas dudas sobre la autenticidad de la orden, es decir, autenticarla, así como emplear una protección adecuada a las normas militares.

Las comunicaciones militares por radio suelen ser muy ruidosas, si existiera una emisora de radio que transmitiera la información libre de errores, esta ayudaría a salvar vidas en cualquier combate. Las máquinas autónomas con capacidad de aprendizaje pueden aprender a utilizar los patrones de uso de radiofrecuencia, siendo autónomos podrían aprender a conectarse directamente con cada uno de los comandantes, evitando así, la necesidad de operadores militares de radio, o bien reducir el tamaño de una brigada de diez a nueve o mejorar las capacidades de la plantilla por el 10% ya no necesarios para operar la radio. Aunque uno nunca puede sustituir completamente la flexibilidad y la visión de personas calificadas, es posible aumentar la eficacia de la radio si se emplea la Radio Cognitiva.

Existe un experimento llamado Phraselator cuyo objetivo consiste en realizar en tiempo real la traducción de información, mediante un dispositivo portátil. La Radio Cognitiva está diseñada para ofrecer una plataforma flexible de hardware en el que los algoritmos puedan ser traducidos con ayuda del Phraselator aumentando la eficacia de las comunicaciones, ya que ayudaría a la comunicación entre personas que hablan diferentes idiomas.

La Radio Cognitiva autónoma (CRA) no está específicamente diseñada para aplicaciones militares, su carácter es abierto y evolutivo, esto permite una empelarla en aplicaciones comerciales y militares.

Calidad de la Información (QoI)

QoI se refiere a la información que responde a una necesidad específica del usuario en un determinado momento, lugar, ubicación física y detalle. Si la información está disponible, entonces la calidad, cantidad, puntualidad y adecuación puede ser medida (ver Ecuación 2).

Ecuación 2. QoI

$$QoI = \text{Cantidad} * \text{Validez} * \text{Relevancia} * \text{Precisión} * \text{Detalle}$$

Si no hay información, entonces la Cantidad es igual a 0 al igual que QoI. Si toda la información requerida está presente, entonces la Cantidad es igual a 1.0.

Dado que los distintos usuarios requieren información diferente para estar satisfechos, este parámetro suele ser difícil de medir.

La calidad debe ser definida en términos de tiempo, para que cada usuario pueda usar la información. Si la información se necesita de inmediato, entonces la calidad puede ser caracterizada como inversamente proporcional a la excesiva demora de tiempo. Para evitar la división por cero, uno puede considerar el valor de la calidad igual a 1,0 así la información estará disponible antes de un tiempo mínimo de entrega: T_{\min} (tiempo, lugar, establecimiento social, tema). Para simplificar esto, se adopta la convención de que una situación es un sub espacio de tiempo y lugar. Supongamos que el tiempo más corto de retraso es ϵ de modo que la contribución máxima de la puntualidad a QoI sería $1/\epsilon$. Si la oportunidad se normaliza por ϵ , entonces la máxima puntualidad sería 1.0.

La validez de que si 1.0 es cierto y -1.0 es falso, el valor de la validez irá de [-1, 1], y QoI podrá ser positivo o negativo. Para que la información sea falsa cualitativamente, el valor de información tendrá que desconocerse, es decir la validez será igual a 0. Cuando la información de relevancia se desconoce, la validez puede ser ignorada, por lo que el valor de $QoI = 0$ será apropiado. Si la información resulta ser falsa, se puede inducir un error, dando resultados negativos (QoI negativo), indicando que el usuario se comportó de acuerdo con la falsedad.

La relevancia es el grado de importancia de la información, que corresponde a una necesidad, y es medida en términos de precisión y memoria. Para la recuperación de información, la memoria consiste en recordar una fracción de los documentos recuperados de una consulta y la precisión es la fracción de los documentos que

resultaron ser útiles. El recordatorio de 1,0 indica que todos los documentos se recuperaron, mientras que la precisión de 1,0 indica que los documentos que se necesitaban no se han recuperado. La adaptación de la ecuación de QoI, puede definir la relevancia como el producto de la precisión y la memoria. Este parámetro no puede ser ideal para fines de recuperación de la información, pero se pueden utilizar para dar una respuesta al usuario mediante la observación de la conducta este.

La precisión se refiere a los aspectos cuantitativos de la información, es decir, consiste en incluir la corrección de errores alfanuméricos. La precisión numérica refleja el error numérico de la información representada con precisión arbitraria. Si la precisión requerida por el usuario se cumple, el valor de la precisión es 1,0. La tasa de degradación de la precisión puede ser lineal, cuadrática, exponencial, fractal, etc., pero siempre estará en el rango [0, 1]. Por último, si se proporciona suficiente detalle para justificar la información entregada (ver Ecuación 3), el Detalle=1.0, pero puede disminuir gradualmente a cero si no se proporciona la los detalles.

La Ecuación 3, ilustra la información de consulta desde <Detalle/> donde este es nulo, el usuario no está pidiendo el apoyo de algún tipo de información. En respuesta a esta pregunta, el nombre de "Texas" fue válido hasta que "Alaska" se convirtió en estado. El usuario no especifica un plazo de tiempo <Presente/> como podría suponerse, pero si el <Usuario/> está interesado en la historia, podría establecer un periodo de tiempo, por lo que no necesariamente QoI se acopla a las necesidades del usuario. Además, Texas sigue siendo el estado más grande en los 48 estados, por lo que Texas. QoI asociando el término de validez podría mostrar el valor de Alaska y Texas. Si la respuesta se muestra rápidamente y está bien escrita, entonces QoI = 1.0. Si la consulta se entrega una hora más tarde, dado que la Radio Cognitiva no pudo acceder a la información de la red local durante todo tiempo entonces el QoI es inferior a 1.0.

La degradación del valor de QoI dependerá de la urgencia de cada usuario. Dada una definición de trabajo de QoI, la Radio Cognitiva ideal puede manipular automáticamente los parámetros de la interfaz del aire en función de las necesidades específicas del usuario.

Ecuación 3. Ejemplo de Precisión

```
<Consulta >Nombre del estado más grande en los EE.UU.</Consulta>
<Cantidad >Nombre</Cantidad><Tiempo de espera> en los próximos segundos
</ Puntualidad><Validez>Debe ser verdad</ Validez>
<Precisión>Nombre debe ser escrito correctamente </Precisión><Detalle/> </Consulta>
```

3.3.3 Razonamiento ontológico

El aprendizaje es una parte importante para el desarrollo de la Radio Cognitiva. Rondeau y Bostian han estudiado el uso de Algoritmos Genéticos (AG) para aprender como una emisora de radio puede responder mejor al medio ambiente espectral dado un conjunto de parámetros. Se han desarrollado prototipos que demuestran que una radio puede aprender con éxito sobre el comportamiento del espectro mediante las adecuaciones correctas.

Neel y Reed han estudiado la manera de aplicar la teoría de juegos a una emisora de radio como miembro de una red cognitiva, para analizar si el comportamiento en la Radio Cognitiva es estable en la red, y llegaron a la conclusión de que es posible.

Mitola, Kokar y Kovarik han estudiado la representación del conocimiento ontológico, para una Radio Cognitiva se tendrían que realizar funciones de razonamiento. Mitola propuso que con el uso de la Radio Cognitiva en las emisoras de radio deben ser capaces de razonar, por ejemplo, reconocer la voz del propietario y ejecutar comandos verbales, reconocer visualmente los lugares y condiciones. Kovarik comento sobre la dificultad de construir una gran base de datos inteligente capaz de razonar. Mitola llego a la conclusión de que los servicios que pueda ofrecer la Radio Cognitiva serán específicos y se desarrollaran en función a las necesidades del usuario.

Las radios son capaces de aprender o adaptarse a las necesidades del espectro (gestión, movilidad, detección, manejo, etc.), una vez que aprenden estas funciones, es posible compartir la información de diversas formas, ya sea directamente de radio a radio, a través de una base de datos que distribuya la información, o bien mediante el uso de redes cognitivas, cada propuesta tiene el objetivo de optimizar el uso del espectro. Los operadores de la red se preocupan por el comportamiento que pueda tener la red, es decir, si se mantiene estable y previsible y dentro de los estándares permitidos. Se cree que la mejor opción es compartir el aprendizaje mediante el uso de una base de datos, ya que de este modo se podría comprobar y validar la información, antes de ser utilizada, produciendo un beneficio real a los usuarios de la red. Los Mapas de entorno para las radiocomunicaciones y observaciones en las bases de datos son una buena opción para la prestación de estos servicios.

Un ejemplo que describe la aplicación del aprendizaje del espectro en la Radio Cognitiva, es usando una sintaxis RXML, compuesta por seis componentes funcionales que son: usuario SP, Medio Ambiente, efectores, SDR, Sys Apps, y Cognición (ver Ecuación 4).

Ecuación 4. Sintaxis RXML diseñada para la aplicación de aprendizaje del espectro, compuesto por seis componentes funcionales.

```
<Self/>
<iCR-Platform/>
<Functional-Components>
<userSP/><Environment/><Effectors/><SDR/
><SysApps/>
<Cognition/>
</ Componentes Funcionales->
</ Auto>
```

En parte, esta ecuación indica la plataforma del sistema (hardware) y software (componentes funcionales de la Radio Cognitiva) son independientes. Esta perspectiva ontológica prevé la independencia de la plataforma como un principio de diseño para la arquitectura de la Radio Cognitiva ideal. En otras palabras, la carga estará en el software, adaptándose a cualquier plataforma de que pueda estar disponible.

3.4 Toma de decisiones

La toma de decisiones para un proceso cognitivo, juega un papel muy importante, ya que la Radio Cognitiva debe tener la capacidad de analizar por sí misma cuál es la mejor opción a tomar, para ello se muestran diferentes alternativas.

3.4.1 Aproximaciones heurísticas comunes

Algunas veces los datos que contiene una red pueden limitar la capacidad de adaptación, el alcance o mecanismos de respuesta de ésta, aunque, a menudo también nos ayudan a obtener un nivel óptimo de rendimiento. Los elementos de la red constan de nodos, protocolos, políticas y conductas, estos son incapaces de realizar adaptaciones inteligentes. Para el buen desempeño de la red, también puede influir la arquitectura de la red, alguna capa del modelo, o un elemento individual que desconozca el estado de la red. Las adaptaciones que se realizan para la mejora en el servicio suelen ser funcionales, pero se realizan después de que el problema ha ocurrido.

Para optimizar el rendimiento de las redes se plantea la opción de usar redes cognitivas, que tienen como promesa, la capacidad de eliminar estas limitaciones, permitiendo a las redes observar, actuar y aprender.

Sin embargo, este tema aun resulta complejo. Para las redes inalámbricas, ha habido una tendencia cada vez más complejas y heterogéneas, enfocada a entornos dinámicos. Si bien las redes por cable también pueden tomar cualquiera de estas características, ya que no son excluidos del potencial cognitivo para aplicaciones a la red, las redes inalámbricas son un objetivo natural, por sus interacciones entre el nodo, el tamaño del espacio y estado de su sistema. Investigaciones anteriores en la radio y las capas cognitivas de diseño han abordado algunas de estas cuestiones, pero tienen deficiencias desde la perspectiva de la red. Las redes cognitivas representan un nuevo enfoque y alcance para hacer frente a esta complejidad.

Las redes cognitivas fueron descritas por primera vez como una red con un proceso cognitivo capaz de percibir las condiciones de la red actual y a su vez, planificar, decidir y actuar en esas condiciones. La red puede aprender de estas adaptaciones y emplearla para tomar decisiones futuras, teniendo en cuenta objetivos de extremo a extremo. El aspecto cognitivo para esta definición es similar a la utilizada para describir la Radio Cognitiva, en general abarca muchos modelos simples de la cognición y el aprendizaje. Sin la red de extremo a extremo, en el ámbito de aplicación, el sistema es tal vez una capa de radio cognitiva, pero no una red cognitiva. En este sentido, la red de extremo a extremo indica todos los elementos que intervienen en la transmisión del flujo de datos.

Para el envío de información desde un único emisor a un único receptor, se pueden incluir elementos tales como subredes, enrutadores, interruptores, conexiones, sistemas de encriptación, soportes, interfaces, etc. Los objetivos de extremo a extremo son los que dan a una red cognitiva todo el ámbito de aplicación, la separación de la adaptación de otros enfoques es el único elemento de alcance.

Necesidades y Motivación del surgimiento de la Radio Cognitiva

El objetivo general de cualquier tecnología es innovar y que el servicio tenga el menor costo posible. El objetivo principal de una red cognitiva es querer proporcionar un buen rendimiento, de extremo a extremo, durante un período de tiempo prolongado, así como la mejora de la gestión de los recursos, la calidad de servicio (QoS), la seguridad, el control de acceso. Una red cognitiva sólo estará enfocada en realizar sus tareas acorde a

su capacidad de adaptación a los elementos de la red y a la flexibilidad del proceso cognitivo.

Como segundo objetivo, el valor una red cognitiva se mide en términos de comunicaciones, procesamiento de gastos generales, arquitectura, despliegue de los gastos de mantenimiento, funcionamiento y complejidad, es decir, el rendimiento, por lo que dichos valores deben ser compensados por la mejora del rendimiento cognitivo que la red proporciona. Para algunos entornos, como las redes de cable estático con comportamiento predecible, es posible que no tenga sentido convertirla a una red cognitiva, pero para otros entornos, tales como las redes inalámbricas heterogéneas, pueden ser los candidatos ideales para la cognición.

Las redes cognitivas deben utilizar redes de observaciones como insumo para un proceso de toma de decisiones y después a la salida en forma de un conjunto de acciones que puedan ejecutarse a elementos modificables de las redes. Idealmente, una red cognitiva debe estar orientada hacia el futuro, para que sea capaz de predecir un problema antes de que ocurra. Además, la arquitectura de una red cognitiva debe ser flexible y amplia, para el apoyo a futuras mejoras, los elementos de la red, y objetivos.

Las redes cognitivas requieren de un software adaptable a la red (SAN) para aplicar la funcionalidad de red y permitir que el proceso cognitivo de adaptación de la red. Una SAN depende de una red que tenga uno o más elementos modificables. Esto significa que una red debe ser capaz de modificar en sus nodos una o varias capas de la de red.

Un ejemplo de una SAN puede ser una red inalámbrica, con una buena dirección de sus antenas (antenas con la capacidad de dirigir su máxima ganancia de recibir o transmitir a diversos puntos de la rotación).

Un ejemplo más complejo es incorporar aspectos modificables en las diferentes capas de los protocolos, tales como MAC o los algoritmos de enrutamiento de control.

Ayuda para la red

Las redes de computadoras, tienen generalmente un protocolo completo para funcionar en la capa física. El estándar OSI define siete capas para el protocolo. Otros modelos combinan algunas de estas capas dando por resultado un modelo de capa cuatro. De estas capas, solamente la comprobación y la capa MAC están diseñadas específicamente para radiar los protocolos inalámbricos. Las capas más altas siguen con la frecuencia de los protocolos que se han desarrollado para el mundo con cables, incluyendo protocolos de Internet, o los protocolos de la telefonía, por ejemplo, SS7.

Durante muchos años, se han tomado en cuenta los protocolos alámbricos, optimizándolos para las redes inalámbricas, ya que son un asunto de investigación actual. Las radios cognitivas funcionan con el principio de que midiendo la métrica del funcionamiento de cada capa estas pueden ser optimizadas. Sin embargo, la capa física y la capa del MAC son muy específicas para detectar sus usos y la optimización de estas capas es la parte dominante de la investigación y del diseño de la Radio Cognitiva hoy en día, ya que manejan una actividad en tiempo real basada en mediciones del espectro local.

Los sistemas de radio son apoyados a menudo por una red extensa pero no visible a los usuarios. Por ejemplo, “las torres de una red inalámbrica de telefonía celular, donde cada torre, está asociada a una estación base, y a su vez, se deben ligar a una infraestructura en red, que contiene el sistema de facturación, etc. Incluso las funciones

de radio del taxi y de la policía, incluyen generalmente los sitios del transmisor y del receptor, interconectan el envío de información entre los operadores, las conexiones terrestres de la telefonía.

La capa de red de la radio puede ser un contribuidor importante a la estabilidad y a la robustez de la red. La radio puede seleccionar un punto de acceso que tenga menos tráfico, o donde la carga del tráfico presentada consuma menos recursos, por lo menos en casos donde hay más de un punto de acceso disponible. Semejantemente, la radio puede formar su carga de tráfico, de modo que ningún usuario experimente variaciones inaceptables del funcionamiento de la red. La radio puede también seleccionar la red más apropiada para las peticiones del servicio del usuario. Por ejemplo, la radio puede seleccionar un acceso de red Bluetooth para una impresora local, mientras que usa el punto de acceso de WiFi para las búsquedas de base de datos del Internet. Semejantemente, al tráfico de voz o vídeo se puede proporcionar a través de la red lo más apropiadamente posible.

Ayuda para el operador de red

Algunos operadores de red, han reconocido la ventaja de la convergencia de los servicios inalámbricos entregados a través de redes del acceso múltiple. Por ejemplo; la telefonía celular, WiFi, WiMAX, Bluetooth, difunden el audio digital, y se agrega el vídeo de modo que el prestatario de servicios seleccione qué recurso puede acomodarse mejor a sus necesidades, para esto, la transición a través de diversos accesos a la red debe ser económico para el usuario y para el operador de la red. Este asunto puede convertirse en la característica que haga la diferencia entre los operadores de red acertados durante la próxima década.

Ayuda para las organizaciones reguladoras

El acceso a la radio celular GSM se ha armonizado. Sin embargo, muchas otras tecnologías de radio no tienen una armonía. Los países más desarrollados tecnológicamente se agrupan regionalmente planteando normas y procedimientos reguladores diferentes para el diseño de los radios y definiendo el uso del espectro como mejor les conviene. Los vendedores de radios quisieran poder fabricar un único diseño, que sea capaz de adaptar el diseño de la mejor manera posible para que todo el mundo emplee el mismo diseño.

Las radios cognitivas también presentan un aspecto político, en donde el papel de la política consiste en que se debe estar consciente de las reglas de la utilización para todos los países en donde se autoriza el equipo, y asegurar que la radio funciona solamente en los modos permitidos de las regiones geográficas, también incluye las reglas adicionales que definen la política del uso de la red, la política del operador de red, e incluso la política del fabricante.

Por ejemplo, si la transferencia directa de software se permite en uno de los procesadores en la radio, la política puede indicar las provisiones y los requisitos a permitir por el software transferido. Tal política puede ser específica del país, permitido por los reguladores, y el software puede necesitar ser validado de manera exhaustiva por el fabricante que tomará en cuenta las regulaciones, así como, todas las condiciones de la red, convirtiéndose de inofensiva a anormal. Asumimos que la política y el software

transferido seguirán las reglas de la seguridad, asegurando que el software no se puede modificar por fuentes desautorizadas, y que estará validada según los requisitos de todos los países. Esto implica generalmente pruebas y validaciones exhaustivas, uso de protocolos y de fuentes estandarizados del software, encriptación de información, y las autoridades de la certificación, según lo establecido por los Organismos de Telecomunicaciones de cada país.

Ayuda para el dueño y los usuarios del espectro

Las capas MAC y física, de la tecnología inalámbrica, ahora son objeto de importantes investigaciones sobre la optimización en tiempo real, dada la capacidad de medir el medio ambiente espectral. Con tales medidas, es posible reducir al mínimo la interferencia, reduciendo el tráfico entre los usuarios. Las medidas sugieren que los sistemas de radio cognitivos puedan aumentar su densidad de tráfico entre el 7:1 y sobre 20:1 (la eficiencia del espectro a menudo se mide en número de usuarios del espectro con el apoyo de la medición de bits por segundo por Km cuadrado por MHz de espectro que se utiliza).

Además de apoyar un aumento significativo en usuarios, el uso del conocimiento del espectro y las técnicas de la adaptación pueden también indicar las características de interferencia, trayectoria múltiple, intensidad de la señal, y alternadamente, estas medidas en tiempo real pueden dirigir la adaptación de las formas de onda de la transmisión para ser más robustas, proporcionando una mejora en la calidad de servicio en múltiples dimensiones.

Muchas organizaciones ahora están implicadas en la aplicación de la asignación dinámica del espectro, que es indiscutiblemente el campo donde la Radio Cognitiva está recibiendo la atención más grande. La asignación del espectro está atrayendo el mismo grado de atención que los protocolos y la optimización del Internet, que la que recibieron hace diez años. El análisis de las actividades se extienden a los bancos de pruebas, a los idiomas para especificar las políticas reguladoras, y muchas nuevas actividades ahora están siendo financiadas por organizaciones de investigación en todo el mundo.

Hoy en día, el mundo comercial gira en torno a la electrónica, pues la generación de asistentes digitales personales asimila la conectividad la conectividad celular WiFi, WiMax, Zigbee, acceso a redes inalámbricas Bluetooth y protocolos inalámbricos. Los usuarios esperarán que estos dispositivos seleccionen eficientemente entre estas redes para lograr el objetivo más importante de este, y que a su vez lo haga productivamente. La conectividad celular puede intercambiar con la conectividad de WiFi o de WiMax mientras que el usuario realiza diferentes actividades.

Desde la disponibilidad, rendimiento de procesamiento, y la economía existen modelos sumamente diversos, los usuarios esperan que el sistema sea rentable y capaz de tomar decisiones de forma automática.

3.4.2 Razonamiento basado en casos

La Radio Cognitiva pretende mejorar el uso del espectro de radio frecuencias, cumpliendo con las necesidades y preferencias de los usuarios. El razonamiento basado en casos consiste en predeterminar una acción o acciones. Por ejemplo, en el año 2002, en una conferencia Internacional sobre la inteligencia artificial, un robot móvil

autónomo con un monitor llamado GRACE entro al salón de la conferencia, donde completó el reto (del robot móvil) de encontrar el mostrador de inscripciones, efectuando el registro, hablando con la recepcionista, siguiendo indicaciones pero cuando se le invitó a contestar preguntas por sí misma, durante cinco minutos, fue la primera vez que se pudo completar este desafío en la década de 1980. No hubo joysticks y nadie detrás del telón, tan sólo un robot autónomo que puede ver, escuchar e interactuar con las personas y el medio ambiente para realizar una tarea específica. Haciendo una comparación del robot GRACE y el teléfono celular, este último no es muy brillante. A pesar de que el teléfono celular común tiene una cámara, carece de la visión de GRACE, esta visión está conformada de algoritmos, por lo que no sabe lo que está viendo. El celular puede enviar un videoclip, pero no tiene la percepción visual de la escena en el clip. Si tuviera algoritmos de visión como GRACE, podría percibir la escena visual. Podría decir si estaban en casa, en el coche, en el trabajo, en el supermercado, conduciendo rumbo a casa, etc. Si GRACE detecta con los algoritmos de visión que está entrando en su cochera, una red cognitiva podría aprender a abrir la puerta del garaje de manera inalámbrica. Por lo tanto, usted no necesitaría un control remoto para abrir la puerta del garaje.

Una vez que la Radio Cognitiva pueda entrar en el mercado, para abrir la puerta de la cochera, por mencionar algún ejemplo, no será necesario un control remoto. Al acercarse a su coche, la Radio Cognitiva percibe la escena común y, en su formación, sintetiza la información y abre la puerta para usted.

La Radio Cognitiva percibe mediante una continua búsqueda visual de escenas de RF correlaciones, es decir, señales relacionadas a necesidades de servicios inalámbricos. Una Radio Cognitiva aprende abrir la puerta de su cochera cuando llegue a casa. La primera vez que usted abre la puerta de la cochera con el celular, la Radio Cognitiva graba la escena RF: parte del propietario en el dispositivo y, a continuación, la señal de RF en la banda ISM, y luego abre la puerta de la cochera. La próxima vez, la Radio Cognitiva verifica mediante el refuerzo de aprendizaje de la mano sobre el botón, la señal de radiofrecuencia, y la apertura de la puerta de la cochera de forma secuencial, con una secuencia de comandos denominado caso de uso. La tercera vez, la Radio Cognitiva detecta el enfoque de la puerta de la cochera y se ofrece a terminar el caso de uso de RF para usted, diciendo: "Veo que se aproxima a la cochera de su casa". ¿Quiere que le abra la puerta?, posteriormente, se abrirá la puerta de la cochera a menos que decida decirle que no.

Uno de los patrones de uso de RF se ha transformado, el ejemplo de la apertura de la puerta de la cochera, desde el enfoque cognitivo, es la auto percepción del usuario del servicio, y podrá descargar tareas diarias según sea el caso.

Un ejemplo, en República Checa, con el uso de la Radio Cognitiva se ha experimentado para abrir la puerta de la cochera mediante la observación de su uso, por ejemplo, al entrar en la casa con los brazos llenos de bolsas, la Radio Cognitiva cierra la puerta de la cochera y las cerraduras, después de haber aprendido que eso desea usted. Para la República Checa el sistema de visión para ver lo que ves, pretende realizar la evolución de la Radio Cognitiva a auriculares con Bluetooth colocados en gafas, similar a la visión de GRACE.

La Radio Cognitiva aprende acerca de los patrones de uso de la radio porque sabe mucho acerca de la radio, los usuarios en general y sobre los usos legítimos de la radio. La Radio Cognitiva cuenta con memoria a priori y con conocimientos necesarios para

detectar las oportunidades para el uso del espectro radioeléctrico con precisión, aunque, a veces será necesario requerir de asistencia, causando un mínimo de intrusión.

TellMe no es una palabra genérica y el sistema de Radio Cognitiva no es un servicio genérico de inteligencia artificial en una emisora de radio. La realización de tareas por medio de la percepción visual es realizable en computadoras portátiles. El refuerzo de aprendizaje (RL) y el razonamiento basado en casos (CBR) son tecnologías maduras, con aplicaciones en la red del radio que hasta el momento han demostrado en la investigación académica e industrial, ajustes como guías para la tecnología de Radio Cognitiva. Se pretende que en un corto plazo, estos algoritmos de visión y de aprendizaje se puedan agregar como servicios en su teléfono celular.

Arquitectura industrial

Si bien la arquitectura de la Radio Cognitiva proporciona un marco general para la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones), ya que no especifica detalles de las estructuras de datos ni de los mapas. El prototipo para poder realizar el aprendizaje y razonamiento basado en casos, hace hincapié en la arquitectura de la Radio Cognitiva, pero que no aplica las características fundamentales que serían necesarias para una Radio Cognitiva ideal.

Con la finalidad de que se pueda ofrecer una mejor interpretación de la escena y situación se describen algunos de los aspectos críticos que la arquitectura industrial puede presentar:

1. Ruido, en palabras, imágenes, objetos, ubicación de las estimaciones y similares. Las fuentes de ruido incluyen el ruido térmico, la conversión de error introducido por el proceso de conversión de señales analógicas (audio, vídeo, acelerómetros, temperatura, etc.) a formato digital, error en la conversión de imágenes, pre procesamiento de algoritmos, sesgos y errores aleatorios, como la acumulación de error en un filtro digital, o el truncamiento de una señal de bajo consumo de energía.

1. Mediante la gestión del manejo de hipótesis, es posible realizar un mayor seguimiento entre la vinculación de una acción basándose en el criterio de respuesta al estímulo, por ejemplo, el sentido del diálogo, escena, etc. Las hipótesis pueden ser gestionadas por el mantenimiento de las N-mejores hipótesis (con un grado de credibilidad asociado), mediante la estimación de la probabilidad a priori o del grado de credibilidad de una hipótesis, y manteniendo un suficiente número de hipótesis para que superen un umbral, por ejemplo, 90 o 99 % de todas las posibilidades, o bien manteniendo múltiples hipótesis hasta que la probabilidad de que el siguiente más probable (2^a) hipótesis es inferior a un umbral.

Partiendo de esta hipótesis pueden surgir mejores hipótesis asociadas a un grado de credibilidad, de estas puede surgir una estimación de la probabilidad previa, para el mantenimiento de un número suficiente de hipótesis para superar un umbral, por ejemplo, 90 o 99% de todas las posibilidades, o del mantenimiento de múltiples hipótesis hasta que la probabilidad para el siguiente sea más apropiado para la segunda hipótesis, reduciendo el umbral. La estimación de la probabilidad requiere un espacio considerable, un algoritmo que defina como acumular la probabilidad en ese espacio, prueba de que el espacio obedece a los axiomas de la probabilidad y la certeza de un

cálculo que define cómo combinar los grados de credibilidad en los eventos en función de las medidas asignadas a la probabilidad del evento.

3. Interfaces de entrenamiento, el flujo inverso de los conocimientos de la jerarquía de inferencia permite volver a los subsistemas de la percepción. El reconocimiento de los usuarios mediante la combinación de rostro y voz podría ser más fiable que sólo patrón de reconocimiento. Además, la ubicación, la temperatura, y otros aspectos de la escena puede influir en la identificación de objetos.

El reconocimiento visual en el exterior es más difícil de realizar si se compara con el interior o un entorno cerrado, por ejemplo, en una casa es más fácil identificar el usuario, en cambio, si el usuario está en una tormenta de nieve es más difícil de detectarlo. Sin embargo, la Radio Cognitiva puede aprender a reconocer al usuario basándose en las señales más débiles del exterior, para que estas señales puedan ser detectadas, deben tener un nivel de calidad de reconocimiento aceptable.

4. Flujos no lineales: A pesar de que el ciclo cognitivo hace hincapié en el avance del flujo de percepción que permite actuar, es fundamental notar que las acciones pueden ser internas, por ejemplo; como asesorar a la visión del subsistema que el reconocimiento del usuario es erróneo, ya que, la voz no coincide con la ubicación. Debido a la forma en que el ciclo cognitivo opera, estos flujos permiten cambiar la información a un sistema de percepción, que direcciona la información que haya encontrado a un subsistema específico, por ejemplo, visión o audio. También puede haber interfaces directas a la red de la Radio Cognitiva para cargar con anticipación estructuras de datos que contienen información útil para el aprendizaje.

3.5 Aprendizaje autónomo (máquina)

Proceso cognitivo

No existe una sola definición de lo que significa cognitivo cuando se aplica a las tecnologías de comunicación. El concepto cognitivo es asociado al término de aprendizaje autónomo (máquina) de una manera proactiva, y se define como cualquier algoritmo que "mejore su rendimiento a través de la experiencia adquirida a lo largo de un período de tiempo sin la información completa sobre el medio ambiente en el que opera".

Bajo esta definición, diferentes tipos de inteligencia artificial, pueden aplicarse para facilitar los mecanismos de aprendizaje de máquina, como la toma de decisiones, algoritmos de adaptación, etc. El aprendizaje sirve para complementar el objetivo de optimización del proceso cognitivo reteniendo con eficacia las decisiones tomadas en el pasado bajo un conjunto de condiciones determinadas,

Para determinar la eficacia de las decisiones adoptadas en el pasado se requiere de un circuito de retroalimentación que mida el éxito de la solución seleccionada, y que a su vez cumpla con los objetivos definidos anteriormente. La memoria del circuito se conserva, ya que se pueden presentar circunstancias similares en el futuro, de esta manera, el proceso cognitivo tendrá una idea de por dónde empezar o qué debe evitar.

El efecto de un proceso cognitivo basado en la toma de decisiones sobre el rendimiento de la red depende de la cantidad de información y del estado de red que tenga a disposición. Para que una red cognitiva pueda tomar una decisión debe verificar primero de extremo a extremo sus objetivos, los elementos cognitivos deben tener algún

conocimiento del estado actual de la red y otros estados cognitivos. Por ejemplo; si una red tiene conocimiento cognitivo de todo el estado de la red, las decisiones en el nivel cognitivo deben ser muy buenas (en términos de los objetivos de elementos cognitivos) que los realizados en la ignorancia.

Para un gran y complejo sistema, como una red de computadoras, es poco probable que las aptitudes cognitivas de la red permitan conocer el estado total del sistema. Existe un elevado costo para comunicar esta información más allá de los elementos requeridos por la red. Una red cognitiva puede apoyarse de la filtración y la abstracción.

El filtrado significa que las observaciones formuladas por el nodo pueden ser consideradas desde el proceso cognitivo, si se considera irrelevante, los nodos por sí mismos determinaran lo que es importante para el proceso cognitivo. Las reglas de filtrado pueden ser identificadas durante el proceso de diseño con reglas adicionales especificadas en tiempo real. El proceso cognitivo determina su sensibilidad a diversos tipos de observaciones y en consecuencia difunde reglas de filtrado.

La abstracción consiste en reducir el número de bits necesarios para representar una observación. Las observaciones o recolección de observaciones formuladas por un nodo, se encuentran en un nivel más alto de abstracción de lo que esta disponible dentro del nodo. Las abstracciones pueden ser especificadas a tiempo, es decir, se puede diseñar un modelo con adaptaciones en tiempo real.

La reducción resultante de la filtración y la abstracción lleva consigo un riesgo, ya que puede enmascarar la información necesaria para funcionar correctamente. Por lo tanto, se debe tener cuidado en la definición de las abstracciones o de filtrado.

Implementaciones a corto plazo

Una forma de aplicar este conjunto de funciones, consiste en integrar un SDR a un motor de razonamiento, como serie de reglas asociadas a una función cognitiva (inferencia). Para el control de las funciones de la radio, es posible emplear una arquitectura de 6 componentes ver Figura 5.

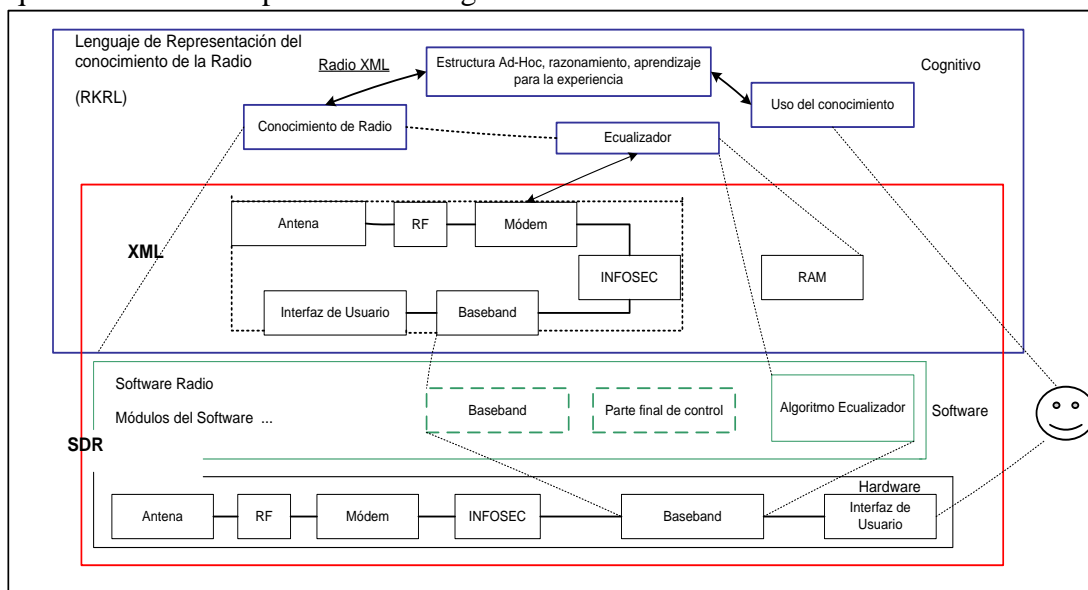


Figura 5. Arquitectura simple para el aprendizaje autónomo

Este enfoque puede ser suficiente para ampliar el paradigma de control de las máquinas, para que en un futuro las máquinas con poca flexibilidad de control, sean capaces de emplear un razonamiento más complejo de radiofrecuencia en los estados y situaciones de cada usuario. Esta propuesta no sugiere como mediar entre; interfaces multi sensoriales, percepción sensible para una situación previa, experiencia, o a los conocimientos. Para lograr una situación de control autónomo, se requiere de recursos sofisticados, por ejemplo, el razonamiento basado en casos de uso.

Además, este tipo de arquitectura simple no asigna funciones a los componentes de la máquina de aprendizaje. Por ejemplo, la máquina de aprendizaje autónomo, requiere del modelado de una herramienta de propagación de radio integrada, de ser así, cuál es la división de funciones entre una base de reglas (que conoce acerca de la propagación de frecuencias la de radio) y una herramienta que puede predecir la propagación de los valores mediante el uso de indicadores cuando la señal es recibida como la RSSI.

Del mismo modo, en el dominio del usuario, algunos aspectos del comportamiento del usuario pueden ser modelados en detalle sobre la base de la física, tales como caminar o emplear un vehículo. Este movimiento puede ser modelado y separado por subsistemas basados en física y sistemas de posicionamiento global (GPS).

¿Cómo el conocimiento y la habilidad en el seguimiento de los movimientos se dividen entre modelos basados en física computacional y la inferencia simbólica de una base de reglas o conjunto de cláusulas con un motor basado en redes neuronales llamado PROLOG?.

Por lo mencionado, ¿cómo puede la arquitectura de aprendizaje autónomo vincular diferentes métodos de aprendizaje, como redes neuronales PROLOG, máquinas de soporte vectorial (SVM), entre otros, si el aprendizaje se produce en su totalidad en un subsistema cognitivo?

Ocultar estos detalles, puede ser una buena idea para la Radio Cognitiva ideal a corto plazo, ya que a limitar seriamente la personalización en masa necesaria, las Radios Cognitivas ideales podrán aprender sobre los patrones de reconocimiento, ofreciendo mejores servicios de radiofrecuencia.

Por lo tanto, se tiene que ir "dentro" de la cognición y la percepción, empleando subsistemas para establecer más de una arquitectura sofisticada. Este enfoque debe apoyarse de la obtención de datos y de la percepción sensorial, relacionado estas tecnologías de aprendizaje autónomo, es más sencillo adaptarse a las preferencias y necesidades de los usuarios. Esta técnica proactiva se integra al de Aprendizaje de Máquina (AM), para la arquitectura de la Radio Cognitiva.

Retrospección

La asimilación de conocimientos empleando el aprendizaje autónomo puede ser computacionalmente intensivo, usando los conceptos de "sueño" y "oración" a la Radio Cognitiva es posible hacerlo. Un sueño es un tiempo relativamente largo, es un período de tiempo, por ejemplo, de minutos a horas, durante el cual la radio no estará en uso, pero tiene suficiente energía eléctrica para la transformación. Durante el sueño, la radio puede ejecutar los algoritmos de aprendizaje automático y sin perder su capacidad para apoyar las necesidades del usuario. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden integrar la experiencia de la agregación de los parámetros estadísticos. Y durante el

periodo de sueño puede volver a ejecutar secuencias de estímulo respuesta. El ciclo de sueño (similar a cuando un humano tiene sueño) puede mejorar potencialmente los parámetros para la decisión de la reciente experiencia. El concepto de oración es cuando los conocimientos son asimilados directamente por el usuario, o diseñador del sistema, aquí interviene la complejidad de las tareas que se le asignen a la Radio Cognitiva.

Jerarquía de Inferencia

A partir de la acción de observar se muestra un flujo de de inferencia, de arriba abajo, la cognición es implementada por algoritmos. La jerarquía de inferencia es la parte de la arquitectura del algoritmo que organiza las estructuras de datos. La jerarquía de inferencia ha estado en uso desde 1970, pero la jerarquía de la Radio Cognitiva es única en su método de integración de aprendizaje autónomo en tiempo real.

La jerarquía cognitiva estándar se divide en 6 capas ver Tabla 1. El patrón de acumulación de elementos en secuencias comienza en la parte inferior de la jerarquía. Los estímulos atómicos externos se originan en el medio ambiente, incluido el de radiofrecuencia, acústica, imagen, ubicación y dominios, entre otros. Los elementos más primitivos son los fonemas. En el intercambio de datos textuales, por ejemplo, en el correo electrónico, los símbolos son los caracteres escritos. En las imágenes, los símbolos atómicos son los elementos de la imagen (píxeles) o pueden ser pequeños grupos de píxeles con tono similar, intensidad, textura, etc.

Tabla 1. Jerarquía Cognitiva de Inferencia estándar

Secuencia	Nivel de abstracción
Grupo de contexto	Reuniones, sesiones
Secuencia de computadoras	Diálogos, párrafos, protocolos
Secuencias básicas	Frases, videoclip, mensajes
Secuencias primitivas	Palabras, símbolos, imágenes
Símbolos atómicos	Datos en bruto, fonemas, píxeles
Estímulos atómicos	Fenómenos externos

Un conjunto de símbolos atómicos son una secuencia de formas primitivas. Las palabras en el texto, fichas de un discurso, y objetos en las imágenes (o regiones de imagen individuales en un flujo de vídeo) son secuencias primitivas. Las secuencias primitivas o de temporal coincidencia, destacándose el ruido dentro. Sin embargo, puede que no haya ningún significado particular en este patrón de coincidencia. Las secuencias básicas, por otro lado, son el tiempo y el espacio del espectro e implican la comunicación mediante mensajes discretos.

Estos mensajes discretos (frases) son definidos generalmente con respecto a una ontología de las secuencias primitivas, por ejemplo, definiciones de palabras. O bien un conjunto de frases conforman una secuencia. Por ejemplo, frases que incluyen palabras como "éxito", "tono", "pelota", y "fuera" puede estar asociada con una discusión de un partido de béisbol. Tal es el caso de internet, que con tan sólo algunos datos de

semántica, nos ofrece ene criterios de definición, o bien deduce la presencia de estos grupos primitivos y básicos de las secuencias, entregándonos mejores resultados.

Una escena es un contexto de grupo, un espacio, tiempo, una frecuencia, una asociación multi dimensional, por ejemplo; una discusión de un partido de béisbol en la sala, en una tarde de domingo. Estas agrupaciones pueden inferirse a partir del aprendizaje de máquina sin supervisión, por ejemplo, utilizando métodos estadísticos o no lineales, tales como máquinas de soporte vectorial (SVM).

El análisis de la jerarquía de inferencia de la Radio Cognitiva estándar se ha descrito de abajo hacia arriba, cabe aclarar que no existe razón para limitar una inferencia multidimensional a las capas superiores de la jerarquía de inferencia.

Los niveles más bajos de la jerarquía de inferencia pueden incluir una correlación de datos de múltiples sensores. Por ejemplo, una palabra puede ser caracterizada como una secuencia acústica primitiva, junto a una secuencia de imágenes primitivas de una persona que esté haciendo uso de la palabra.

De hecho, desde recién nacidos, los humanos participamos en la estimulación multi sensorial, la clave para un aprendizaje autónomo confiable puede realizarse con el uso de múltiples sensores y con la correlación de los niveles de abstracción más bajos.

3.6 Presentación de la información

El concepto de red cognitiva es un campo nuevo de investigación. La idea de añadir la cognición a una red en el pasado ha sido reservada para los distintos aspectos de la red, tales como antenas "inteligentes" o los paquetes "inteligentes".

Todo esto cambió con la introducción de la Radio Cognitiva de Mitola. Su concepto de inteligencia y la puesta en operación de la radio, ha capturado la imaginación y la atención de la comunidad de investigación. Las investigaciones recientes se pueden dividir en dos categorías: redes de radios y redes cognitivas.

En la primera categoría, Mitola comenzó este trabajo con su tesis sobre la Radio Cognitiva. En este sentido, menciona cómo las radios cognitivas pueden interactuar con un sistema ya sea de forma independiente o conformando una red cognitiva. Neel¹ sigue esta línea de pensamiento, e investiga como modelar redes radios cognitivas como un gran juego, como un multijugador que determine las condiciones de convergencia. El enfoque cognitivo de las Radios Cognitivas, ocurre en la capa física, pero opera de extremo a extremo. En una red de Radio Cognitiva, el individuo aún realiza la mayoría de las decisiones de la Radio Cognitiva, aunque pueden actuar de manera conjunta.

Actualmente las aplicaciones sugeridas para los trastornos cognitivos, consisten en redes de radio para la detección cooperativa del espectro. Probablemente la primera mención de una red cognitiva en lugar de una red de radios proviene de David Dana Clark². Clark propone una red que puede reunir, instrucciones de alto nivel, por ejemplo, que tenga la capacidad de cambiar automáticamente sus requisitos, cuando detecte que algo va mal, y que a su vez, pueda reparar automáticamente un problema o en su defecto explicar por qué no puede hacerlo. Esto se logra con el uso de un patrón de reconocimiento, que involucra en la toma de decisiones todas las capas de la red. El

¹ J. O. Neel, J. H. Reed, and R. P. Gilles, "Convergencia de Redes de Radios Cognitivas," in *Proc. of IEEE WCNC 2004*, vol. 4, pp. 2250–2255, 2004.

² D.D Clark, en 1990 fue galardonado con el Premio SIGCOMM, en reconocimiento a sus importantes contribuciones al protocolo de Internet de para las comunicaciones de computadoras.

patrón de reconocimiento mejorará el funcionamiento de las redes, debido a la capacidad de detectar errores.

Las redes cognitivas son diferentes a las redes de radios cognitivos, el espacio de acción de la primera se extiende más allá de las capas física y MAC, la red puede consistir en algo más que dispositivos inalámbricos. Además, las redes cognitivas pueden ser menos autónomas que una red de radio cognitiva, los elementos de la red cooperan para alcanzar las metas, usando un proceso centralizado cognitivo o un proceso paralelizado, eso se ejecuta a través de varios elementos de la red. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, la definición de las redes cognitivas abarca tanto redes de radio cognitivas como redes cognitivas.

Más recientemente, Petri Mahonen³ discute sobre las redes cognitivas en el contexto del futuro del Protocolo de Internet (IP), las redes y las tendencias cognitivas en una serie de documentos. En sus primeras investigaciones, analiza las redes cognitivas con respecto a las futuras redes móviles IP, argumentando que el contexto de sensibilidad de estas redes podría tener una aplicación tan interesante como la Radio Cognitiva. A continuación, se muestra un análisis de las tendencias de las redes cognitivas, se muestra cómo las radios cognitivas pueden ser sólo un subconjunto de la lógica de las redes cognitivas. También aparece la idea del lenguaje de representación del conocimiento de la red (NKRL) para expresar y comunicar objetivos de alto nivel y las políticas. Varios grupos de investigación han propuesto las arquitecturas de redes cognitivas ver Figura 5.

Estas arquitecturas se pueden clasificar en dos objetivos: el primero se centra en utilizar el conocimiento para ayudar en la operación y el mantenimiento de la red, mientras que el segundo se centra en la cognición para resolver los problemas serios, problemas que no tienen una solución viable que no sea el uso de la cognición.

Caer en la primera categoría, de extremo a extremo E2RII (reconfigurabilidad del Proyecto II), consistiría en el diseño de una arquitectura que permite la reconfiguración de una red con el fin de permitir la conectividad universal de extremo a extremo. Aunque E2R II, es un proyecto ambicioso con múltiples facetas, el objetivo consiste en mantener la conectividad para el usuario. Esto es similar a la meta de otra plataforma, que trata de proporcionar una red cognitiva heterogénea, parecida a la arquitectura para la gestión, movilidad del espectro. Estas arquitecturas se centran en el funcionamiento y mantenimiento de redes celulares y redes inalámbricas.

En contraste, la Investigación de la Cadena de Valor para el Centro de Telecomunicaciones (CTVR) en Dublín, presentó una propuesta de una plataforma de red cognitiva que consiste de nodos inalámbricos reconfigurables. Aunque se centró en la operación inalámbrica, estos nodos son capaces de resolver una serie de problemas al modificar o cambiar los protocolos en la red, basándose en los comportamientos observados por la red. Los posibles objetivos de estas redes pueden extenderse más allá de la gestión de la movilidad y la conectividad del espectro. Similar al trabajo de CTVR, pero menos dependiente de la atención inalámbrica, Mahonen propone la utilización de una arquitectura de colaboración para el manejo de recursos cognitivos (CRM) donde ofrece el comportamiento cognitivo con máquinas de aprendizaje tales

³ Petri Mahonen, ha participado en la investigación de Redes Cognitivas Inalámbricas (Aachen, DE: RWTH Aachen), en Septiembre del 2004.

como redes neuronales, monitoreo colectivo, algoritmos genéticos y simulación de eventos.

3.7 Formas de implementación en la actualidad

Con el fin de sintetizar los conceptos anteriores y los componentes en una red cognitiva real, se muestra cómo debe implementarse. Se debe contar con un sistema para el proceso cognitivo e identificar las características fundamentales de esta arquitectura. Un modelo común de conocimiento es la teoría de los tres niveles. El modelo a menudo es resumido como un conjunto consistente de comportamiento, funcional y con capas físicas. En el nivel de comportamiento se determinan las acciones que el sistema produce, la capa funcional determina la forma en que el sistema procesa la información proporcionada a la misma, y la capa física incluye la neurofisiología del sistema.

A partir de este concepto, se define un sistema de tres capas, cada capa corresponde aproximadamente a las capas del modelo descrito anteriormente. En la capa superior son los objetivos del sistema y los elementos de la red que definen el comportamiento del sistema. Estos objetivos alimentan al proceso cognitivo, que calcula las acciones que el sistema necesita. La SAN API es el control físico del sistema, que proporciona el espacio de acción para el proceso cognitivo ver Figura 6.

En la Figura 6 se muestra un proceso cognitivo que consiste en uno o más elementos cognitivos, que operan con cierto grado de autonomía y a su vez de manera conjunta. Si hay un solo elemento cognitivo, este puede ser distribuido físicamente en uno o más nodos de la red. Si hay varios elementos, estos pueden ser distribuidos en más de un subconjunto de los nodos de la red, en cada nodo de la red, o varios elementos cognitivos pueden residir en un solo nodo, los elementos cognitivos operan de manera similar a los agentes de software.

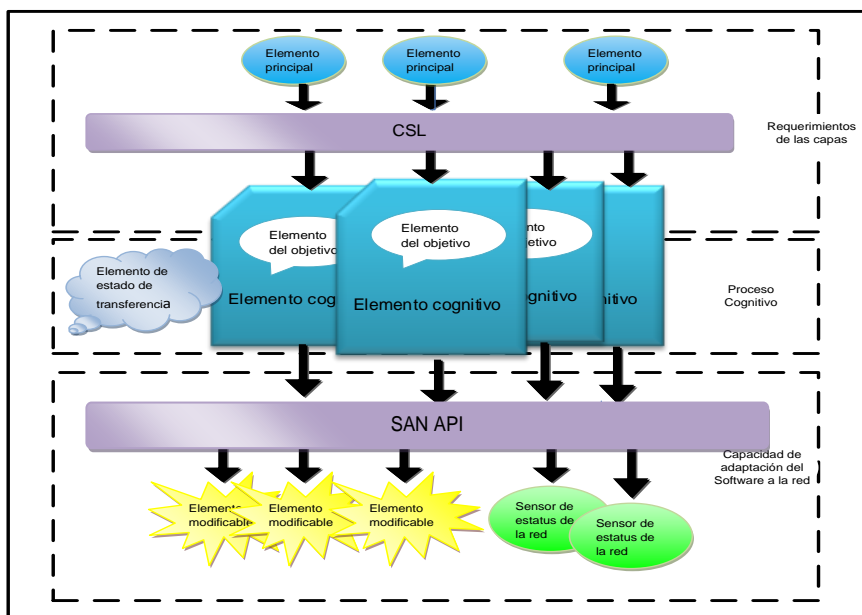


Figura 6. Marco Cognitivo de la red

Necesidades del usuario para la aplicación de los recursos

El alto nivel de la red cognitiva incluye el análisis de los objetivos de extremo a extremo, la especificación del lenguaje cognitivo (CSL) y objetivos de elementos cognitivos. Sin metas de extremo a extremo para guiar el comportamiento la red, pueden surgir consecuencias no deseadas. Por ejemplo, la optimización de una red sin un elemento de extremo a extremo puede causar un efecto negativo en el rendimiento de una o algunas partes de la red o nodo.

Como la mayoría de problemas de ingeniería, es probable que haya un equilibrio para cada objetivo a optimizar. Cuando una red cognitiva tiene múltiples objetivos, no será capaz de optimizar todos los parámetros, eventualmente, llegará a un punto en el que un indicador no pueda ser mejorado sin afectar negativamente a otro. Desafortunadamente, ningún objetivo se puede mejorar sin empeorar otro, cada elemento cognitivo debe tener una comprensión de las metas y limitaciones de los elementos cognitivos de extremo a extremo.

Para conectar los objetivos de los usuarios principales se emplean mapas del entorno de radiocomunicaciones y bases de datos, de esta manera el sistema es capaz de adaptarse a los nuevos elementos de red, aplicaciones y objetivos. Otros requisitos pueden incluir apoyo a la operación centralizada o distribuida, incluyendo el intercambio de datos entre múltiples elementos cognitivos. El alcance de la red cognitiva es más amplio que el de los elementos individuales de la red, que opera en el nivel de aplicación de un flujo de datos, que pueden incluir muchos elementos de la red.

Para un proceso cognitivo distribuido, los elementos cognitivos asociados con cada elemento de red o de flujo, pueden actuar independiente (en el contexto de toda la red) para conseguir objetivos locales, o actuar de una manera altruista para lograr los objetivos de toda la red. La tarea de cumplir con los objetivos locales de extremo a extremo es a menudo un problema difícil de resolver.