



[*www.lacetael.cu*](http://www.lacetael.cu)

RADIO COGNITIVO

¿UNA TECNOLOGÍA “DISRUPTIVA”?

Ing. M.Sc. Rafael Galindo Mier

Investigador Titular

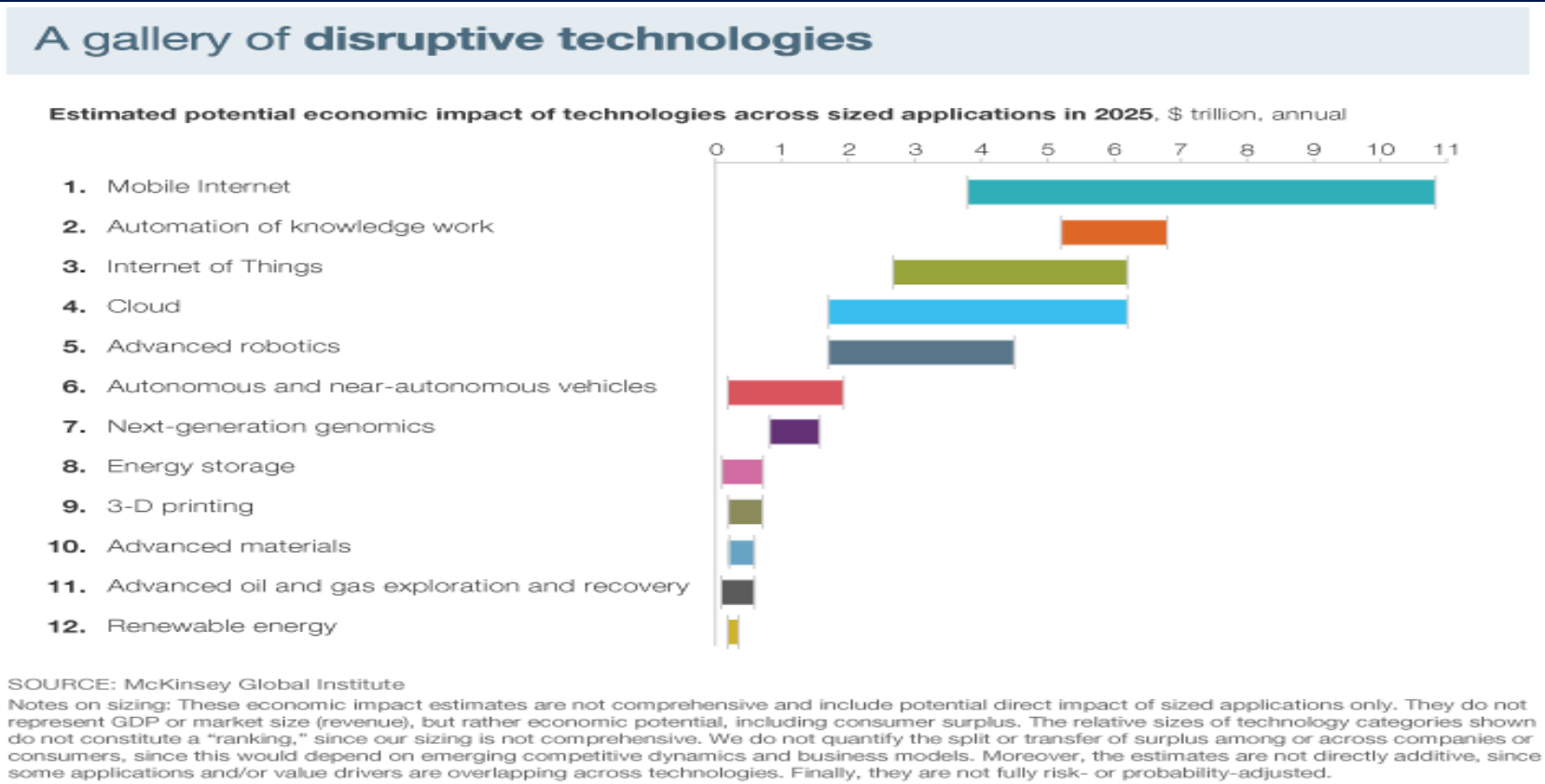
galindo@lacetel.cu

22 de febrero de 2017

DEFINICIÓN DE TECNOLOGÍA DISRUPTIVA

*Tecnología disruptiva es aquella nueva tecnología que desplaza una tecnología establecida y remueve a la industria; o un **producto innovador** que crea una industria completamente nueva.*

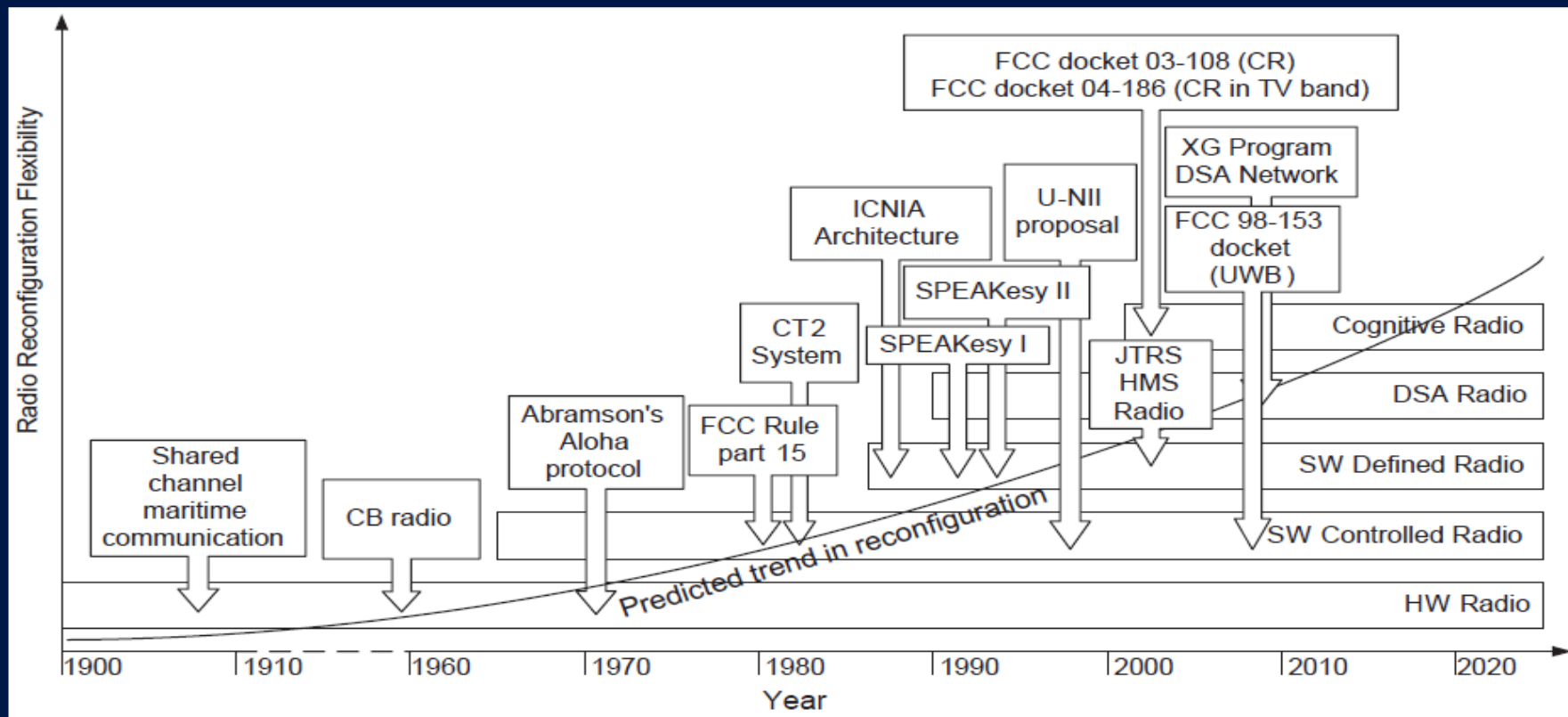
EJEMPLOS DE TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS



FACTORES QUE POSIBILITARON LA APARICION DEL CR

- Impetuoso desarrollo de la microelectrónica (LM).
- Desarrollo de los dispositivos FPGA, GPP y ASIC.
- Convergencia Info-Cogno (NBIC), y con esta, la creación de “máquinas inteligentes”, basadas en el estudio de las redes neuronales artificiales, capaces de alcanzar el aprendizaje.
- Evolución de lenguajes capaces de expresar conocimiento.
- Necesidad de mejorar la ineficiente utilización del espectro.
- Consolidación comercial del Radio Definido por Software.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA HACIA EL RADIO COGNITIVO



INCREMENTO TECNOLÓGICO DEL RADIO EN FUNCIÓN DEL AVANCE EN EL DESARROLLO DEL SOFTWARE

Software
Capable
Radio

Software
Programmable
Radio

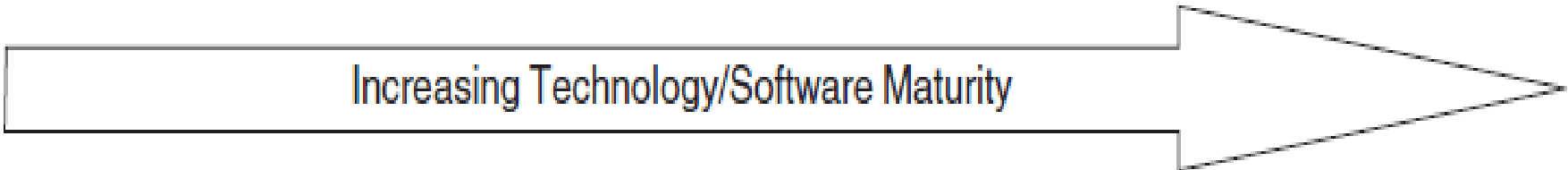
Software-
Defined

Aware
Radio

Adaptive
Radio

Cognitive
Radio

Increasing Technology/Software Maturity

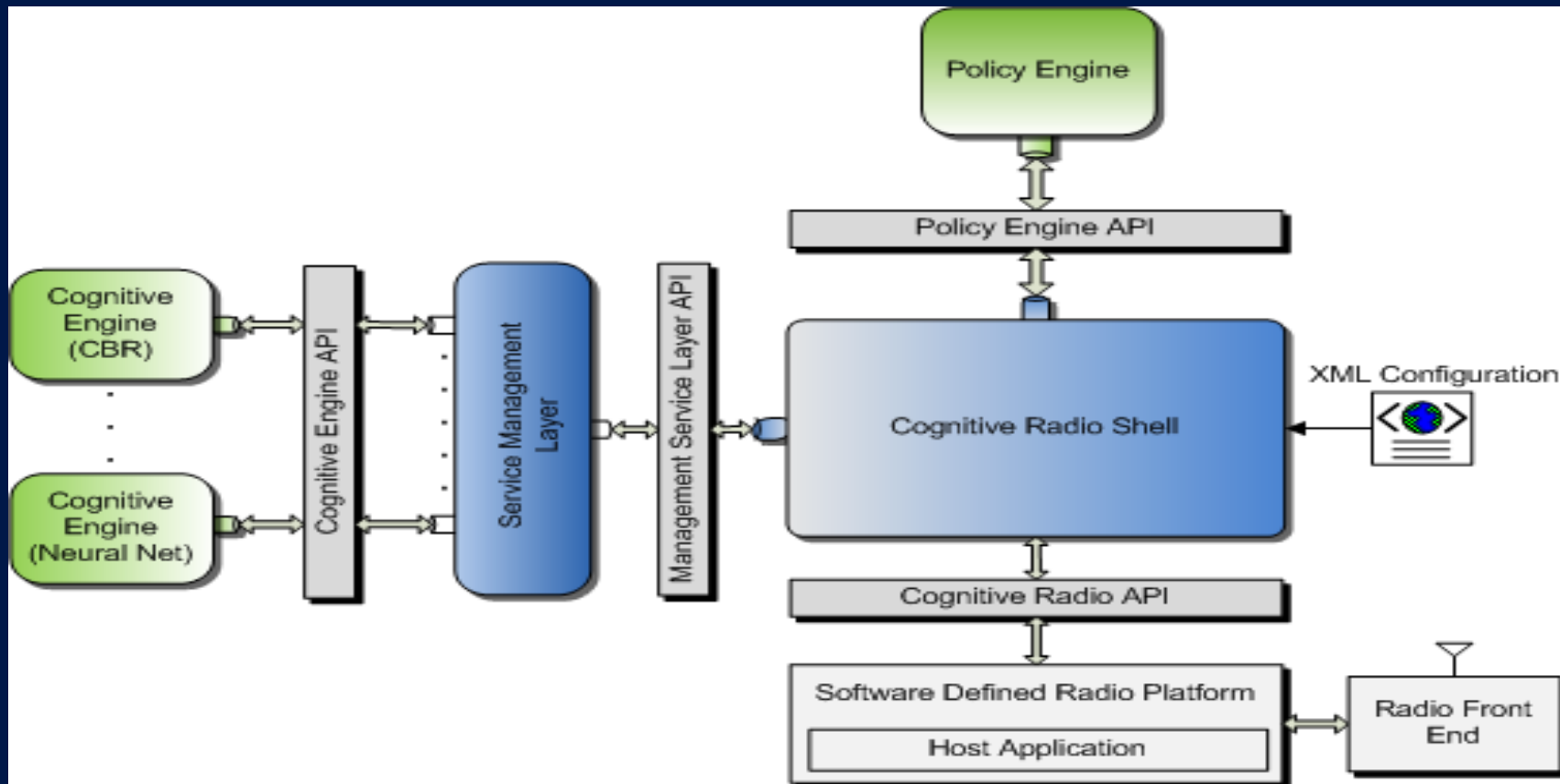


COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS RADIOS

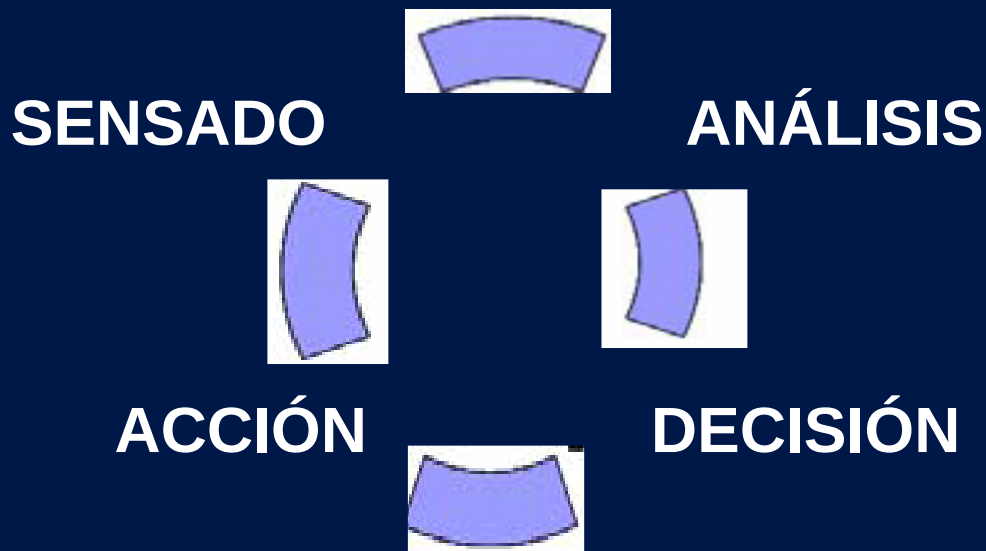
<i>Radio property</i>	<i>Software capable radio</i>	<i>Software programmable radio</i>	<i>Software-defined radio</i>	<i>Aware radio</i>	<i>Adaptive radio</i>	<i>Cognitive radio</i>
Frequency hopping	X	X	X	X	X	X
Automatic link establishment (i.e., channel selection)	X	X	X	X	X	X
Programmable crypto	X	X	X	X	X	X
Networking capabilities		X	X	X	X	X
Multiple waveform interoperability		X	X	X	X	X
In-the-field upgradable		X	X	X	X	X
Full software control of all signal processing, crypto, and networking functionality			X	*	*	*
QoS measuring/channel state information gathering				X	X	X
Modification of radio parameters as function of sensor inputs					X	X
Learning about environment						X
Experimenting with different settings						X

* The industry standards organizations are in the process of determining the details of what properties should be expected of aware, adaptive, and CRs.

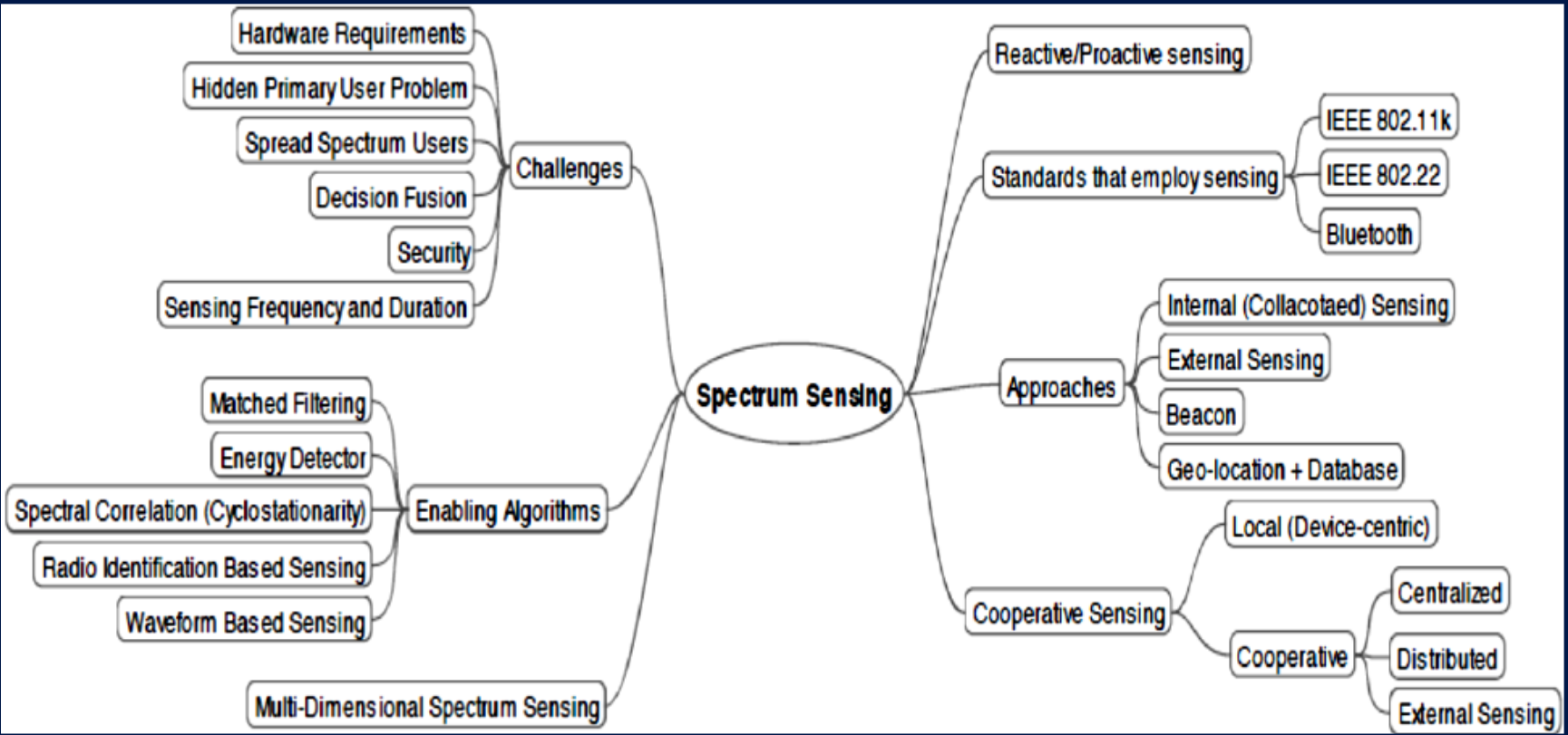
ESQUEMA DE RADIO COGNITIVO SOBRE PLATAFORMA SDR



FASES DEL CICLO COGNITIVO

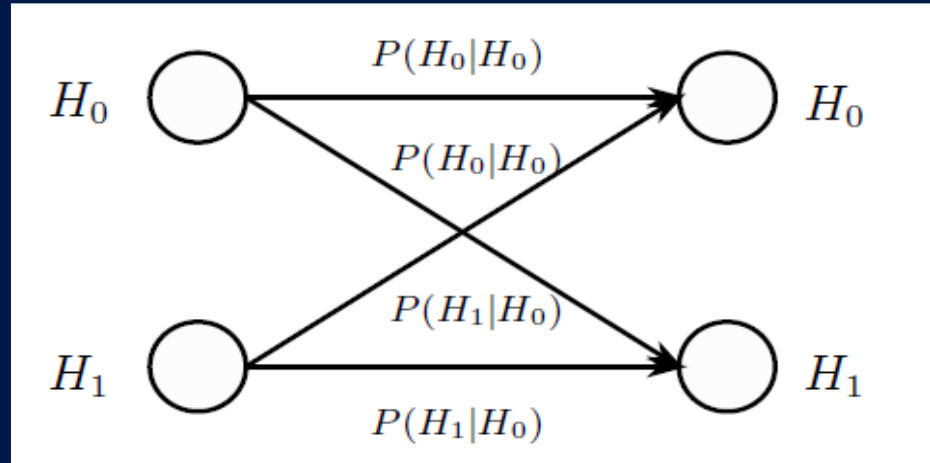


ASPECTOS QUE ABARCA EL SENSADO DEL ESPECTRO



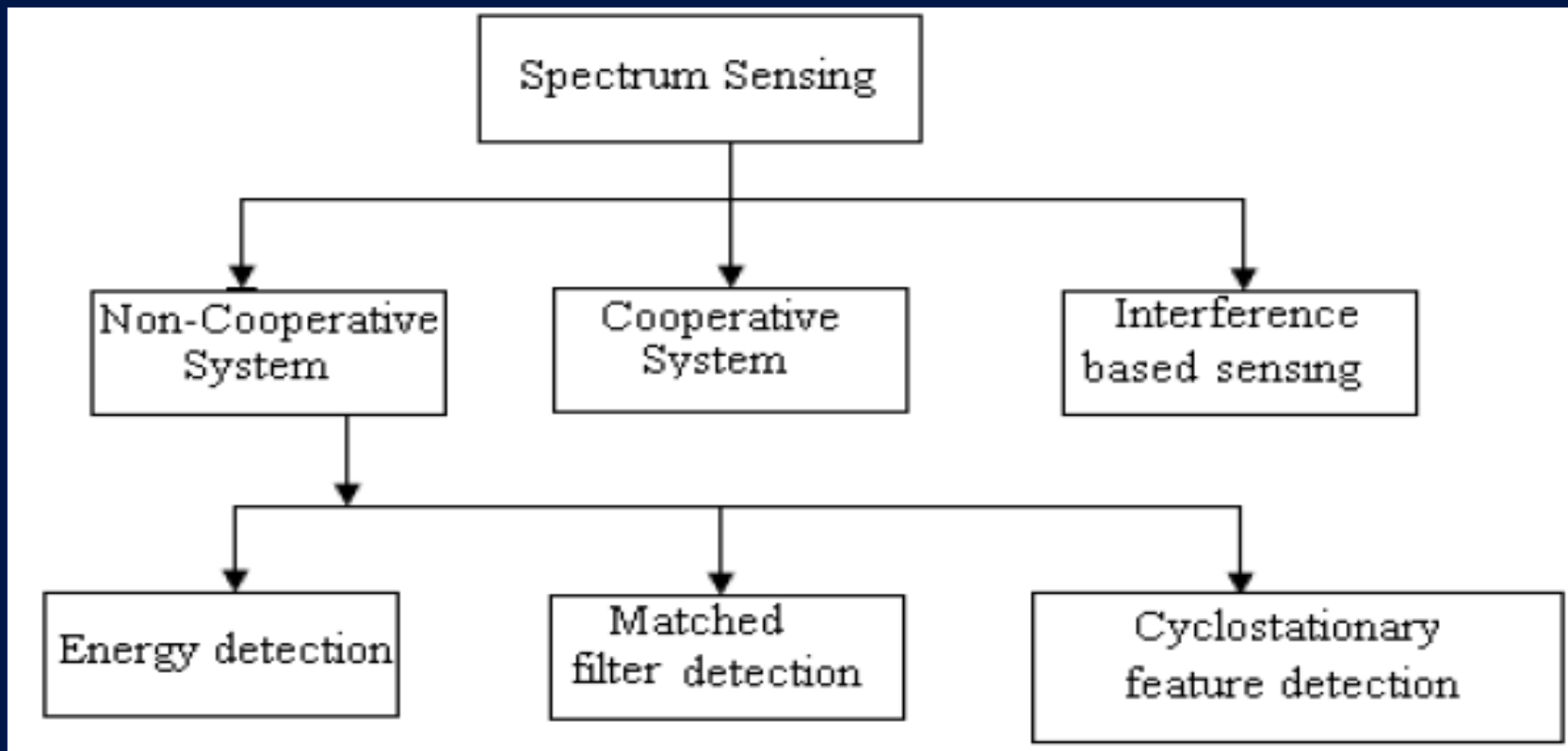
MÉTRICAS DE LA DETECCIÓN

- *Usuario primario (PU)*
- *Usuario secundario (SU)*
o *CR.*



- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Declarar H_0 cuando H_0 es verdad (H_0/H_0); | Detección correcta P_d |
| 2. Declarar H_1 cuando H_1 es verdad (H_1/H_1); | Detección correcta P_d |
| 3. Declarar H_0 cuando H_1 es verdad (H_0/H_1); | Detección falsa P_f |
| 4. Declarar H_1 cuando H_0 es verdad (H_1/H_0). | Detección falsa P_f |

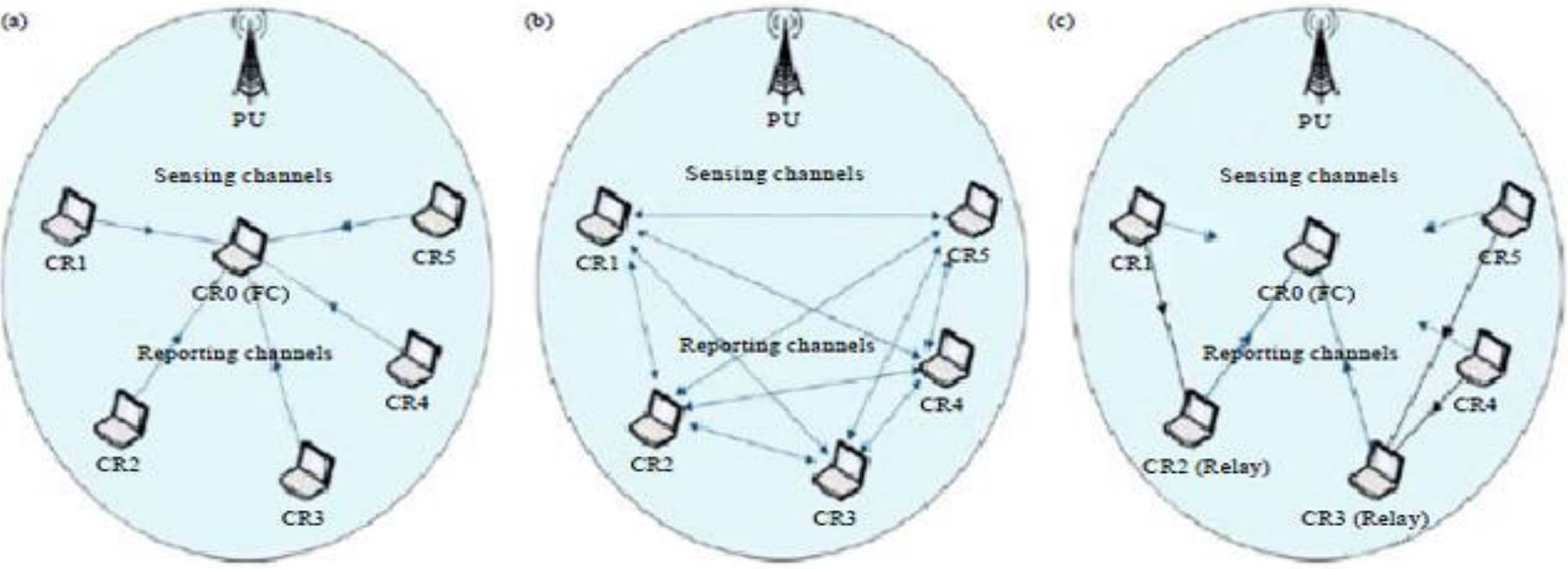
SISTEMAS DE SENSADO DEL ESPECTRO



ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALGUNOS DETECTORES

Detection Method	Advantage	Disadvantage
Energy Detector	No need of Primary user information, low computation & less expensive	Performance poor at low SNR, Lead to false detection.
Matched Filter	Require less time to achieve high processing gain.	Prior knowledge of primary user required, need coherent detection, require accurate synchronization.
Cyclostationary	Perform well at low SNR condition & uncertain noise power	Computationally complex, Require large observation time.

ESQUEMAS COOPERATIVOS DE SENSADO

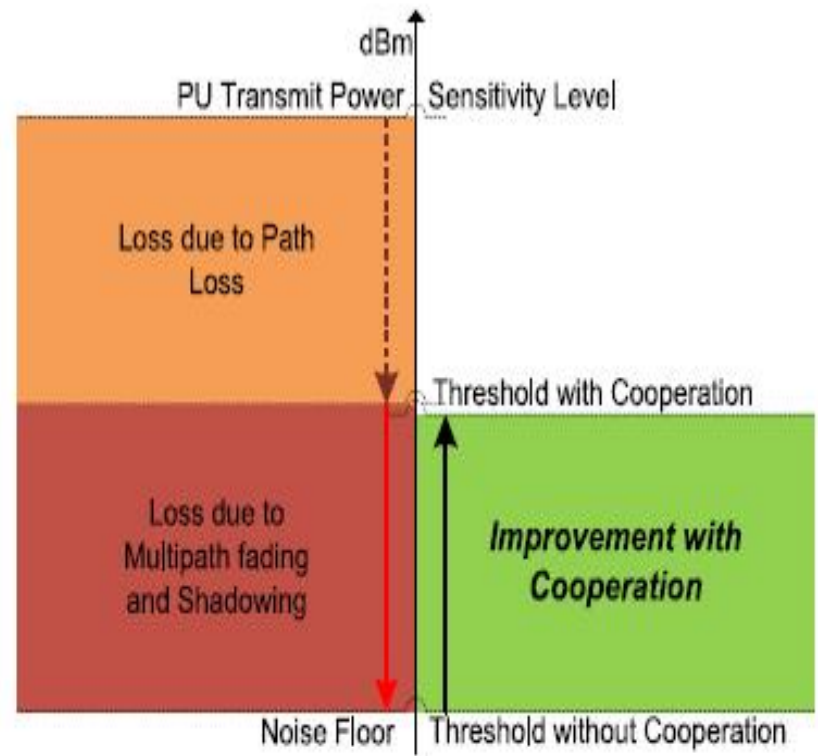
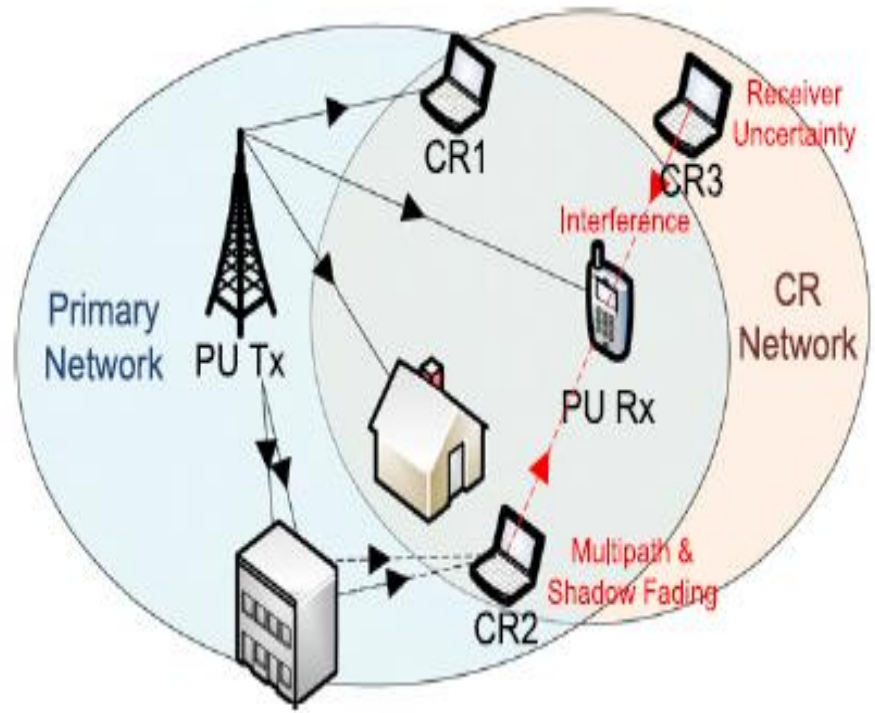


(a) CENTRALIZADO

(b) DISTRIBUIDO

(c) EXTERNO

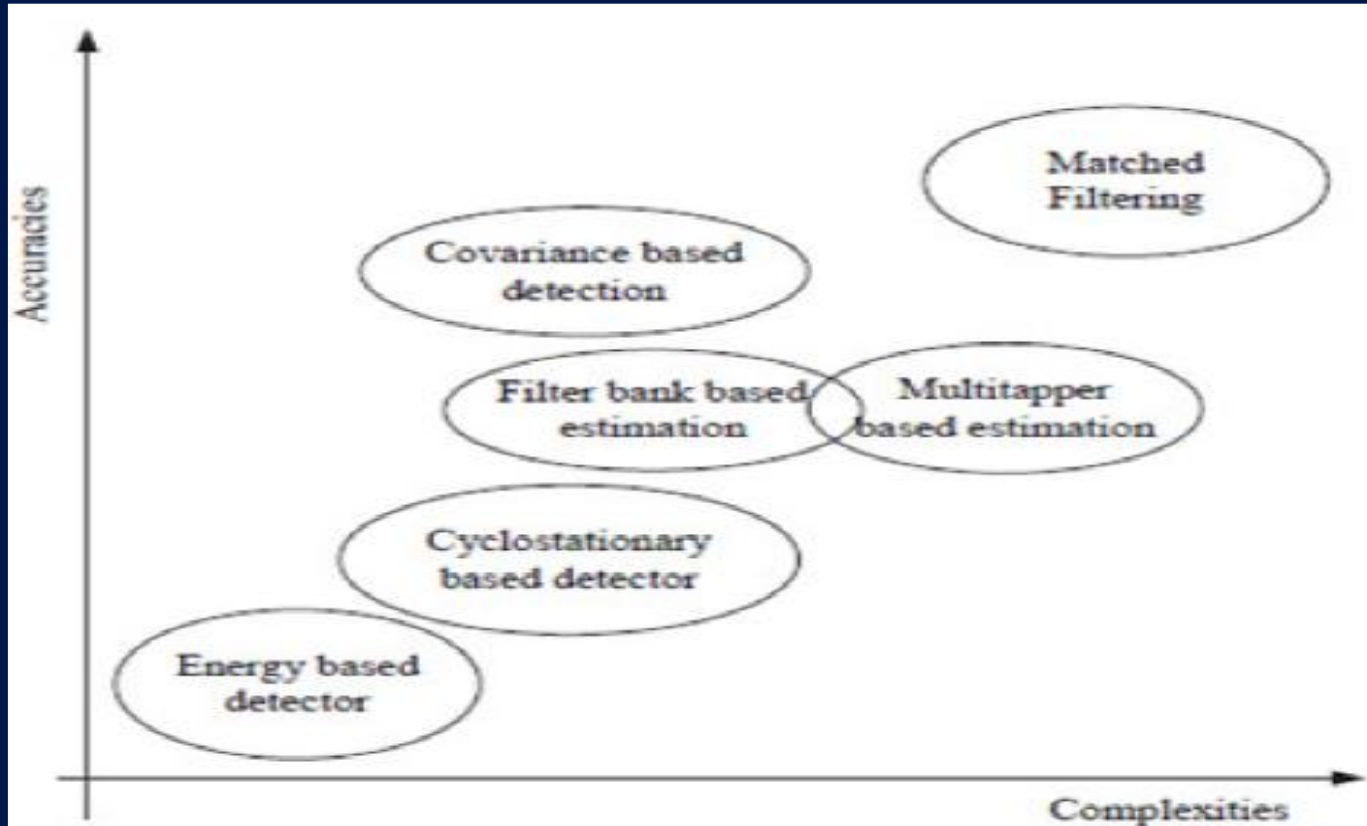
VENTAJAS DE LA COOPERACIÓN EN EL SENSADO



OTROS ALGORITMOS DE SENSADO

- Detección covariante.
- Detección de onda pequeña (wavelet).
- Sensado cooperativo basado en valor específico (eigen value).
- Estimación y detección Multi-Taper.
- Sensado cooperativo con Reglas de Fusión.
- Sensado cooperativo con Teoría de Juegos.
- Detección cooperativa usando Teoría de Matriz Aleatoria.

PRECISIÓN CONTRA COMPLEJIDAD DE LOS MÉTODOS



ATRIBUTOS DEL MOTOR COGNITIVO (CE) DEL CR

- Observar.
- Percibir.
- Reconfigurar.

TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL CE

- Diferentes redes neuronales artificiales (ANN).
- Algoritmos metaheurísticos.
- Algoritmos evolucionistas.
 - ✓ Algoritmo genético (Genetic Algorithm).
 - ✓ Optimización de colonia de hormigas (ACO-Ant Colony Optimization)
- Modelo oculto de Markov (HMM).
- Sistemas basados en reglas (RBS).
- Sistemas basados en Ontología (OBS).

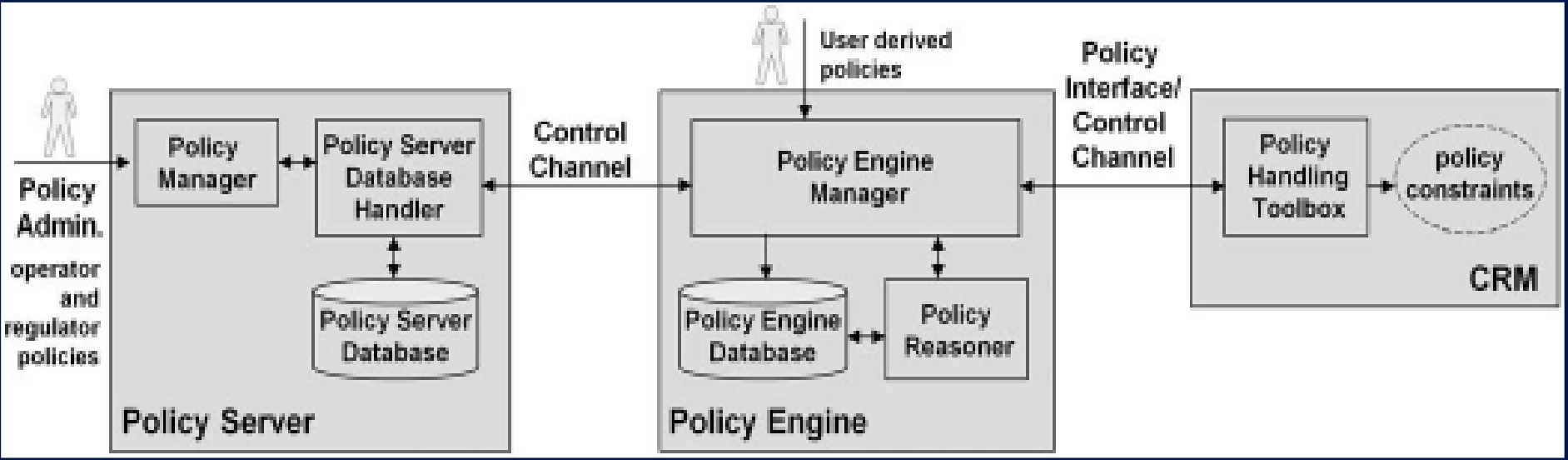
MOTOR DE POLÍTICA (PE) DEL RADIO COGNITIVO

- *Un motor de políticas es un programa o proceso capaz de ingerir políticas legibles por máquina y aplicarlas.*
- *El motor de políticas debe poder modificar automáticamente la configuración en tiempo de ejecución del CR para detectar el entorno del espectro, detectar otras redes de radio locales y controlar los parámetros de sus propias transmisiones.*

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE POLÍTICAS (PE)

- Representa reglas de política de espectro en un formato legible por máquina.
- Resuelve conflictos e inconsistencias en reglas de política.
- Designa funciones y servicios específicos para cada radio.
- Supervisa la utilización del espectro y detecta interferencias.
- Controla la configuración en tiempo de ejecución de los CRs.
- Apoya la heterogeneidad de los radios de diversos vendedores.

ARQUITECTURA DEL MOTOR DE POLÍTICAS (PE)

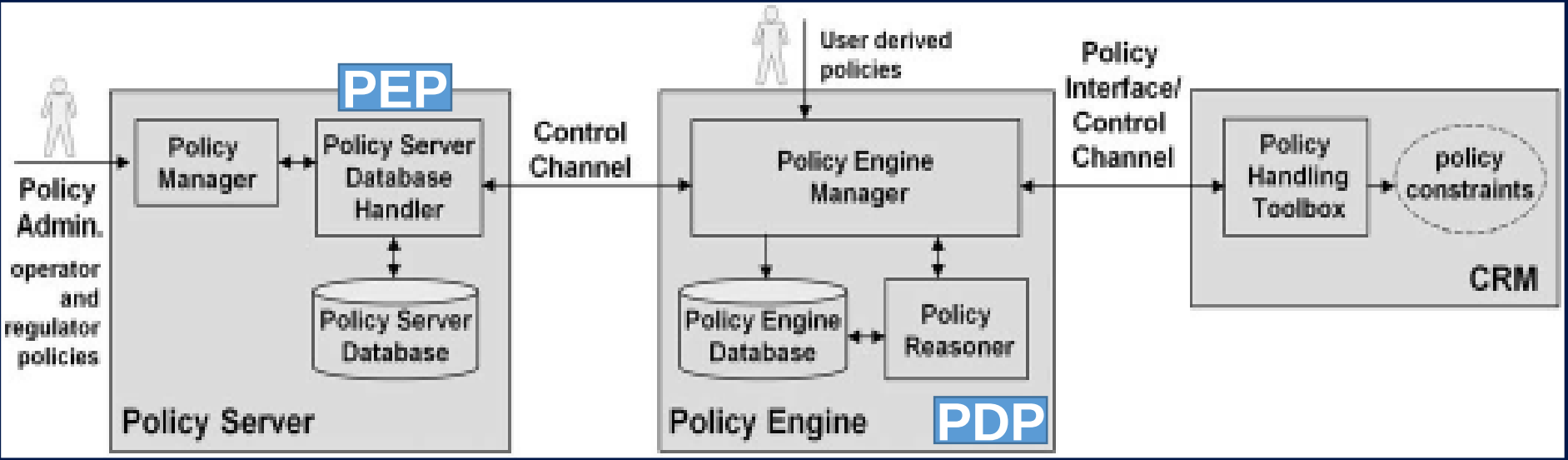


CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE OPERACIÓN DEL (PE)

El **PDP** (Policy Decision Point), optimiza el desempeño de la red global y el **PEP** (Policy Enforcement Point) configura al CR para cumplir con las restricciones de política aplicables localmente.

En la arquitectura vimos el **PDP** está localizado en el motor de políticas (PE) y el **PEP** está localizado en el Controlador de base de datos del servidor de políticas (PSDH).

UBICACIÓN DEL PEP Y PDP EN EL MOTOR DE POLÍTICAS



LENGUAJES UTILIZADOS POR EL MOTOR DE POLÍTICAS

- **XML** no es apropiado, porque no tiene capacidades de inferencia.
- **CoRaL** (Cognitive Policy Radio Language).
- **OWL** (Ontology Web language).
- **SWRL** (Semantic Web Rule Language)
- **DAML** (DARPA Agent Markup Language).

PRINCIPALES TEMAS DE INVESTIGACIÓN EN CR

- Algoritmos de detección del espectro.
- Arquitectura del CR.
- Comunicaciones inalámbricas cooperativas.
- Tecnología DSA y algoritmos.
- Algoritmos cognitivos para adaptación y administración de recursos.
- Energy harvesting.
- Seguridad de redes para CRN.

PRINCIPALES TEMAS DE SEGURIDAD EN CR

- ¿Qué tipos de denegación de servicio y otros ataques de seguridad son posibles por la tecnología emergente del CR?
- ¿Cómo se asegura que los CRs funcionen como se pretende y diseña? **(PEP)**
- ¿Qué mecanismos de autenticación se necesitan para apoyar la cooperación cognitiva?

DIFERENCIAS ENTRE EL CR COMERCIAL Y EL CR MILITAR

Unique military requirements



Commercial Environment	Military Environment
Massive demand for wireless applications	Issue every soldier a cell phone
Limited supply of spectrum	No new spectrum – relocate/share existing?
Lack of spectrum precludes new market entry	Host nation spectrum access
Expensive service plans	Expensive service plans
Mobility	On the move
Smartphone adoption	Smartphone as force multiplier
Additional requirements <i>“Commercial cellular communications has much to offer the Army but CANNOT support all phases of military operations”</i> – CERDEC S&TCD Feb 8 th , 2011	Security, encryption, LPD, LPI, LPJ
	Reduced SWaP
	Expeditionary/tactical networks
	Real-time apps, low latency, future-proof
	Rapid deploy, self organizing networks
	Precedence, flow management
	Apps, C3I, across the operational continuum

NETWORK RESEARCH NSF WORKSHOP REPORT 2009

Cognitive radios offer the promise of being a *disruptive technology that will enable the future wireless world*.

We anticipate that cognitive radio technology will soon become a general-purpose programmable radio that will serve as a universal platform for wireless system development, much like microprocessors have served a similar role for computation

Building and deploying a network of cognitive radios is a complex task. There is a growing concern that conventional academic research in this area needs a new approach involving multi-institutional research teams working with real-world experimental deployments of cognitive radio networks.



www.lacetael.cu