

Método y sistema computacional para la detección de transiciones operativas en sistemas complejos mediante métricas entrópicas y de sincronización, con gobernanza metrológica de decisión

Solicitante / Inventor: Genaro Carrasco Ozuna

Correo: geozunac3536@gmail.com

Teléfono móvil: +52 812 598 9868

11 de enero de 2026

DESCRIPCIÓN

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se ubica en el campo del procesamiento de señales, cómputo científico e ingeniería de sistemas, particularmente en la detección de transiciones operativas críticas en sistemas complejos dependientes del tiempo mediante métricas entrópicas y métricas de sincronización, coherencia o bloqueo.

Adicionalmente, la invención se ubica en el campo de la *gobernanza metrológica* aplicada a tecnología, entendida como un marco técnico de medición y decisión que regula cuándo una salida computacional puede considerarse válida y accionable (y cuándo debe inhibirse), en función de criterios cuantitativos verificables. En este sentido, el método y sistema descritos son aplicables, sin limitación, a sistemas físicos, biológicos, geofísicos, electrónicos, cognitivos, computacionales o de infraestructura, donde una señal temporal represente el estado del sistema y donde se requiera una decisión confiable sobre intervención, alerta, control o evaluación.

En realizaciones preferentes, la invención se aplica a la generación y verificación de configuraciones estructurales sostenibles de conjuntos discretos de materia (por ejemplo, cadenas peptídicas/proteicas, polímeros o ensamblajes particulados) condicionadas explícitamente por un sustrato definido, sin dependencia de catálogos históricos como guía de generación.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

En múltiples dominios técnicos, los eventos críticos (fallas, rupturas, colapsos, transiciones de fase, degradación de estabilidad, escalamiento de riesgo u oportunidades de control) suelen tratarse como fenómenos estocásticos o como salidas de modelos cuya validez operativa es difícil de establecer en tiempo real.

Los enfoques convencionales tienden a privilegiar medidas energéticas, geométricas o estadísticas que no capturan adecuadamente la reorganización interna previa a una transición crítica, ni proporcionan un criterio objetivo para discriminar entre (i) una señal coherente que amerita acción y (ii) una coincidencia espuria o ruido.

Adicionalmente, aun cuando un sistema produzca indicadores altos de estabilidad o coherencia, resulta frecuente que tales indicadores no sean suficientes para justificar una decisión operativa, debido a que pueden surgir por efectos de ajuste, sesgos, saturación instrumental o correlaciones aparentes. En consecuencia, existe una necesidad técnica transversal de un sistema que implemente una *gobernanza metrológica* capaz de:

- (a) medir el estado del sistema mediante métricas cuantificables;
- (b) evaluar validez operativa mediante criterios necesarios (no solo suficientes);
- (c) bloquear o degradar decisiones cuando no exista evidencia verificable de transición real;
y
- (d) emitir una salida auditável, trazable y reproducible.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La invención proporciona un método y un sistema computacional para identificar transiciones operativas en sistemas complejos mediante el análisis de señales temporales representativas del sistema. El método calcula (i) al menos una métrica entrópica o un proxy entrópico y (ii) al menos una métrica de sincronización, coherencia o bloqueo, y detecta una condición de transición cuando ambas convergen de manera consistente: una reducción entrópica verificable y un incremento sostenido de sincronización.

Como parte central, el sistema implementa un módulo de *gobernanza metrológica de decisión* que regula la emisión de una acción/alerta/resultado: aun cuando existan métricas de sincronización elevadas, la salida puede invalidarse o degradarse si no se satisface una condición entrópica mínima verificable (por ejemplo, un umbral de caída entrópica), reduciendo falsos positivos y evitando decisiones basadas en apofenia.

El método genera una *ventana temporal de acción, control o decisión* asociada a la transición detectada y produce una salida auditável con telemetría temporal y huellas de trazabilidad (por ejemplo, hash de configuración), habilitando reproducibilidad.

En realizaciones preferentes, el método se aplica a configuraciones estructurales de materia condicionadas por un sustrato explícito, mediante un operador de proyección dependiente del sustrato que reduce una fricción efectiva, seguido de verificación corta y evaluación metrológica para validar sostenibilidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para facilitar la comprensión de la invención, la solicitud puede comprender figuras o diagramas, tales como:

- **Figura 1:** Diagrama de bloques del flujo del sistema (adquisición de señal → métricas entrópicas → métricas de sincronización/bloqueo → gobernanza metrológica → ventana temporal → salida auditável).
- **Figura 2:** Ejemplo de salida auditável con telemetría temporal, veredicto y huella criptográfica de trazabilidad.
- **Figura 3:** Ejemplo comparativo de comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de contexto (por ejemplo, sustratos distintos o regímenes del sistema), mostrando cambio de veredicto por gobernanza metrológica.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

1. Arquitectura general

El sistema se implementa como un motor computacional ejecutable en CPU o GPU, en entornos locales o distribuidos, capaz de transformar una o más señales temporales y parámetros de contexto en (i) métricas cuantitativas, (ii) un veredicto de validez operativa y (iii) una ventana temporal asociada a transición.

El motor puede integrarse como componente de un kernel computacional consultable por módulos externos, de modo que otros subsistemas consuman únicamente la salida gobernada (y no necesariamente los detalles internos).

2. Adquisición y representación de la señal

El sistema recibe al menos una señal temporal representativa del estado del sistema complejo. La señal puede provenir de sensores, registros, simulaciones o módulos computacionales, e incluir variantes como series temporales univariadas o multivariadas, espectros, envolventes o representaciones equivalentes.

3. Métrica entrópica

El sistema calcula una métrica entrópica o proxy entrópico $E(t)$ que cuantifica dispersión/reorganización del sistema en el tiempo, pudiendo ser entropía de Shannon, entropía espectral, entropía diferencial o medidas equivalentes sobre una distribución derivada de la señal.

En una modalidad ejemplar, se evalúa una *caída entrópica* ΔE comparando un estado inicial contra una ventana final o contra un máximo teórico normalizado.

4. Métrica de sincronización / coherencia / bloqueo

El sistema calcula una métrica $S(t)$ asociada a sincronización, coherencia o bloqueo temporal, pudiendo derivarse de autocorrelación, estabilidad de fase, estabilidad de varianza, estacionariedad en ventana final, o medidas equivalentes.

5. Detección de condición de transición

Se detecta una condición de transición operativa cuando se satisfacen simultáneamente:

- una reducción entrópica verificable (ΔE cumple un umbral o condición mínima), y
- un incremento sostenido de sincronización/bloqueo ($S(t)$ supera un umbral o condición de persistencia).

6. Gobernanza metrológica de decisión

El sistema incluye un módulo de *gobernanza metrológica* configurado para regular la emisión de una decisión operativa. En particular, el módulo impone condiciones necesarias:

aun si $S(t)$ indica alta coherencia, la decisión no se valida si no se satisface la condición entrópica mínima verificable.

En realizaciones preferentes, el módulo emite uno de los siguientes veredictos:

- **VALIDADO**: cumple sincronización/bloqueo y caída entrópica mínima verificable.
- **CANDIDATO**: evidencia parcial (por ejemplo, coherencia elevada sin caída entrópica suficiente), útil para monitoreo sin acción.
- **DESCARTADO**: no cumple criterios o la señal deriva/no sostiene.

7. Ventana temporal de acción

Cuando se detecta una condición de transición, el sistema genera una ventana temporal asociada a acción/control/decisión. La ventana puede parametrizarse por inicio, fin, nivel de confianza, persistencia y/o severidad, y ser consumida por sistemas de alerta, control, priorización o gestión de riesgo.

8. Salida auditible y trazabilidad

El sistema produce una salida auditible que incluye:

- métricas calculadas ($E(t)$, $S(t)$, ΔE y equivalentes),
- veredicto,
- ventana temporal,
- telemetría temporal,
- huellas de trazabilidad (por ejemplo, `config_hash`) calculadas a partir de parámetros de entrada y configuración del sistema.

9. Realización preferente: caso condicionado por sustrato (materia)

En una realización preferente, el sistema opera sobre un conjunto de materia representado como cadena discreta, grafo de conectividad o nube particulada, y recibe parámetros del sustrato que ponderan términos de fricción/energía efectiva. El sistema genera una configuración candidata mediante un operador de proyección dependiente del sustrato que reduce fricción efectiva, ejecuta una verificación corta para evaluar sostenibilidad y aplica la gobernanza metrológica (sincronización + condición entrópica) para validar o descartar la configuración.

REIVINDICACIONES

Habiendo descrito suficiente mi invención, considero como una novedad y por lo tanto reclamo como de mi exclusiva propiedad, lo contenido en las siguientes reivindicaciones:

Reivindicación 1. Un método implementado por computadora para identificar una transición operativa en un sistema complejo, que comprende: (a) adquirir al menos una señal temporal representativa del estado del sistema; (b) calcular al menos una métrica asociada a la entropía de dicha señal; (c) calcular al menos una métrica asociada a la sincronización, coherencia o bloqueo temporal de dicha señal; (d) detectar una condición de transición cuando se cumple simultáneamente una reducción entrópica verificable y un incremento sostenido de sincronización; y (e) generar una ventana temporal de acción, control o decisión asociada a dicha condición.

Reivindicación 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además ejecutar un módulo de gobernanza metrológica configurado para validar, degradar o inhibir la emisión de una decisión operativa en función de condiciones necesarias, donde la decisión no se valida si no se cumple la reducción entrópica verificable, aun cuando la métrica de sincronización supere un umbral.

Reivindicación 3. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la métrica asociada a la entropía comprende entropía espectral, entropía diferencial, entropía de Shannon o un proxy entrópico equivalente calculado sobre una distribución derivada de la señal.

Reivindicación 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la métrica asociada a sincronización, coherencia o bloqueo comprende autocorrelación, estabilidad de fase, estabilidad de varianza en ventana final, estacionariedad o una medida equivalente.

Reivindicación 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la ventana temporal de acción comprende al menos un inicio, un fin y un nivel de confianza o severidad asociado a persistencia de la condición de transición.

Reivindicación 6. El método de la reivindicación 1, donde el sistema complejo corresponde a un conjunto de materia condicionado por un sustrato definido explícitamente, y donde el método comprende además: (i) recibir una representación de la materia y su conectividad; (ii) recibir parámetros del sustrato; (iii) generar una configuración candidata mediante un operador de proyección dependiente del sustrato que reduce una fricción efectiva; y (iv) ejecutar una verificación corta para evaluar sostenibilidad, aplicando el módulo de gobernanza metrológica para emitir un veredicto.

Reivindicación 7. El método de la reivindicación 6, donde el sustrato incluye al me-

nos uno de: un componente hidrofóbico, electromagnético, geométrico de exclusión estérica, orgánico/histórico o de superficie sintética.

Reivindicación 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la salida auditabile incluye una huella criptográfica calculada a partir de parámetros de entrada, configuración del sistema y/o resultados.

Reivindicación 9. Un sistema que comprende: (i) al menos un procesador y memoria, (ii) un módulo de adquisición de señal, (iii) un módulo de cálculo de métrica entrópica, (iv) un módulo de cálculo de métrica de sincronización, (v) un módulo de detección de condición de transición, (vi) un módulo de gobernanza metrológica de decisión, y (vii) un módulo de generación de ventana temporal y reporte, configurado para ejecutar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

Reivindicación 10. Un medio legible por computadora que almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

Reivindicación 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema complejo corresponde, sin limitación, a un sistema geofísico, biológico, electrónico, cognitivo, computacional, financiero o de infraestructura crítica.

RESUMEN

Título: Método y sistema computacional para la detección de transiciones operativas en sistemas complejos mediante métricas entrópicas y de sincronización, con gobernanza metrológica de decisión.

Se describe un método y sistema computacional que analiza una señal temporal de un sistema complejo para identificar transiciones operativas. El método calcula una métrica entrópica y una métrica de sincronización/bloqueo, detecta una condición de transición cuando ocurre una reducción entrópica verificable junto con un incremento sostenido de sincronización y genera una ventana temporal de acción asociada. El sistema incorpora gobernanza metrológica que valida, degrada o inhibe decisiones cuando no se cumple la condición entrópica necesaria, reduciendo falsos positivos. La salida es auditabile y trazable mediante telemetría y huellas criptográficas. Es aplicable a múltiples dominios técnicos, incluyendo sistemas geofísicos, biológicos, electrónicos y de infraestructura.