المرونة البقاء بالعدد

Hadda TIKIJJA
0DATA Lab, Rennes, France

ملخص

يفترض كل أمن سيبراني مركزي أن الشبكة متاحة. هذا الافتراض خاطئ — وفي اللحظة التي تختفي فيها الشبكة تحديداً يكون الأمن في أمسّ الحاجة. نبرهن أن المرونة بالعدد — مليون عقدة مستقلة بدلاً من مركز بيانات واحد — هي الهندسة الوحيدة التي تضمن البقاء في ظروف الأزمة. تعمل كل عقدة SPINA باستقلالية تامة: قاعدة DNA محلية، محرك كشف محلي، تخدير محلي، تشخيص محلي. حين تنقطع الشبكة، تستمر العقدة. حين تعود الشبكة، يُشارك كل ما تم تعلمه في العزلة مع الجميع. المعرفة لا تموت أبداً — لأنه لا مركز لها يمكن أن يسقط. نصوغ هذا المبدأ ونثبته بتحليل فضاء الأعطال: عقدة واحدة تسقط، 999 تستمر. 999 تسقط، الأخيرة تستمر. وحين يعود الآخرون، هي التي تُحدِّثهم.

في جملة واحدة

هذه الورقة هي البقاء. تبرهن أن مرونة نظام رقمي تنبثق من اللامركزية — مليون عقدة مستقلة بدلاً من مركز بيانات. تعمل كل عقدة دون اتصال بقاعدة DNA المحلية. حين تنقطع الشبكة، تستمر العقدة.

١. مفارقة الأمن السيبراني الحديث

تخيل مستشفى. معزولاً عن العالم. ألياف بصرية مقطوعة. 4G مشبعة. لا إنترنت. لا سحابة. لا «تحقق عبر الإنترنت».

في هذا المستشفى، كل أنظمة الأمن التقليدية ميتة:

```
بدون شبكة:
▸ EDR → لا تحديث للتوقيعات → أعمى خلال 24 ساعة
▸ SIEM → لا ترابط سحابي → أصم
▸ Firewall → قواعد محلية، حسناً، لكن ساكنة → قابلة للالتفاف
▸ Antivirus → قاعدة توقيعات قديمة → حماية صفر ضد المستجدات
▸ SOC خارجي → لا يمكن الوصول إليه → عديم الفائدة
```

هذه هي **مفارقة الأمن السيبراني الحديث**: اعتماده على الشبكة هو نقطة فشله. السحابة التي تجعله قوياً هي أيضاً ما يجعله هشّاً. حين تسقط الشبكة، يسقط الأمن معها. وفي لحظات الفوضى هذه تحديداً — كارثة طبيعية، نزاع، هجوم سيبراني واسع — يكون الأمن في أمسّ الحاجة.

٢. المرونة بالعدد

ميرهنة المرونة بالعدد

لتكن شبكة SPINA ذات N عقدة مستقلة. لأي كسر f من العقد يسقط آنياً ($0 \le f < 1$)، تستمر العقد الباقية وعددها $N \cdot (f-1)$ في العمل دون تدهور.

حالة النهاية. إذا $f \to 1$ (تبقى عقدة واحدة)، هذه العقدة:

- ▸ تكتشف الشذوذ محلياً
- ▸ تخدّر التهديدات محلياً
- ▸ تحافظ على قاعدة DNA المحلية
- ▸ تستمر في التشخيص

حين تعيد العقد الساقطة الاتصال، تقوم العقدة الناجية بتحديثها بكل ما تعلمته أثناء العزلة.

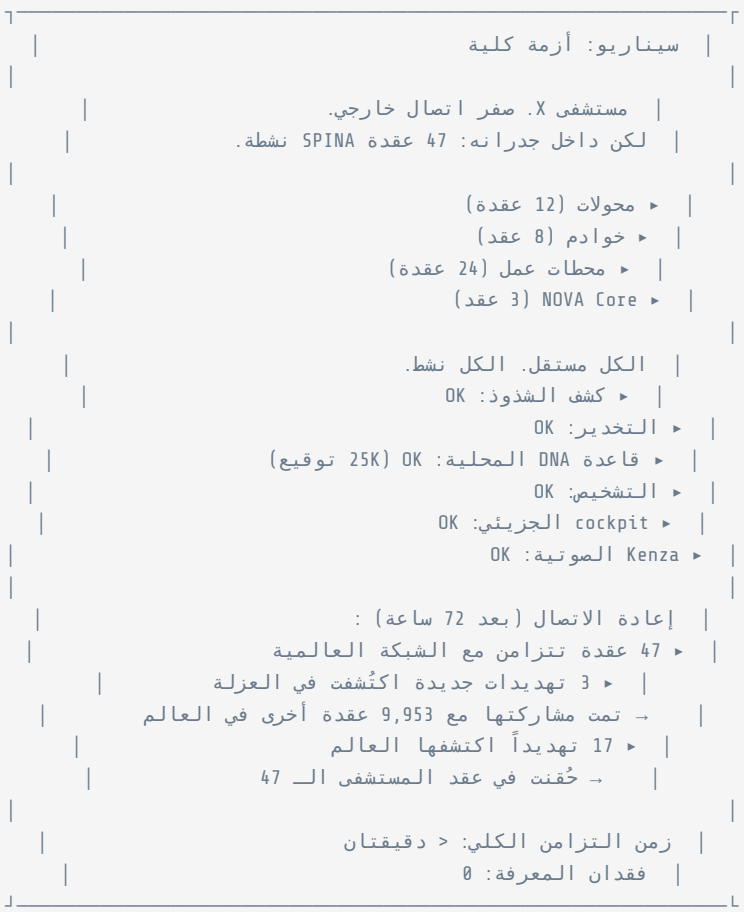
المعرفة لا نقطة فشل وحيدة لها.

١.٢ مقارنة معمارية

الخاصية	هندسة السحابة (مركزية)	هندسة SPINA (موزعة)
نقطة فشل وحيدة	نعم (مركز بيانات، DNS، API)	لا

تشغيل دون اتصال	متدهور أو معدوم	كامل
مقاومة الرقابة	ضعيفة (دولة تحجب الوصول)	قصوى (لا مركز ليُحجب)
تحديث في العزلة	مستحيل	محلي، ثم متزامن
البقاء إذا اختفت الشركة	0% — الخدمة تموت مع الشركة	100% — البروتوكول ينجو من صانعه
تكلفة التكرار	عالية جداً (متعددة المناطق، متعددة السحابات)	مهملة (كل عقدة هي التكرار)

٢.٢ السيناريو الأقصى



شكل 1: سيناريو المرونة القصوى — مستشفى معزول لمدة 72 ساعة

٣. النسيج المغذي

لا تستند مرونة SPINA إلى مراكز بيانات مكررة. بل تستند إلى **النسيج التحتي نفسه** . كل محول، كل خادم، كل Raspberry Pi، كل كاميرا IP، كل متحكم صناعي يمكنه استضافة عقدة SPINA خفيفة (µNOVA: 12 ميغابايت، 64 ميغابايت CPU 1% > ،RAM).

هذه ليست شبكة overlay تُضاف. إنها البنية التحتية تصبح شبكة الذاكرة. كما تعيش العصبونات في الجسد — لا في مركز بيانات خارجي. كما أن الجهاز المناعي موزع في كل عضو — لا مركزي في «قاعدة بيانات مناعية».

مبدأ النسيج المغذي

SPINA لا تُثبَّت فوق البنية التحتية. SPINA تنبثق من البنية التحتية. كل جهاز يشغّل عقدة يصبح خلية في النسيج المناعي العالمي. كلما ازداد النسيج كثافة، ازدادت الذاكرة مرونة. التكرار ليس تكلفة — إنه خاصية ناشئة للشبكة نفسها.

٤. الدورة المرنة

شكل 2: المراحل الثلاث للدورة المرنة

٥. التداعيات

١.٥ للبنى التحتية الحرجة

مستشفيات، محطات كهرباء، مطارات، شبكات مياه — لا يمكن لهذه البنى التحتية أن تعتمد على سحابة أمنية تختفي حين يُقطع الليف البصري. SPINA يضمن لها مناعة تنجو من العزلة الكلية.

٢.٥ لمناطق النزاع

في سيناريو حرب أو رقابة، يمكن قطع الوصول إلى الإنترنت عمداً. البنية التحتية الأمنية المركزية تصبح عديمة الفائدة — أو أسوأ، تصبح ناقلاً للهجوم إذا سيطر عليها الخصم. SPINA، بلا مركز، لا يمكن فرض الرقابة عليه. كل عقدة سيدة نفسها.

٣.٥ للمستقبل

مع ازدياد أهمية البنى التحتية وتطور التهديدات، لم تعد المرونة ترفاً — بل صارت شرط بقاء. الجيل القادم من الأمن السيبراني لن يكون «أسرع» أو «أذكى». سيكون **مستحيل الإيقاف** — لأنه لا زر «إيقاف» له.

حدود وعدم ادعاءات

تفترض المرونة بالعدد تشابكاً كافياً (N > 100 لأثر ذي بال). دون ذلك، قد يكون مركز بيانات مكرر أكثر فعالية. لا ندّعي أن النموذج اللامركزي أسمى من السحابة لكل الاستخدامات — بل هو كذلك للبقاء في الظروف المتدهورة. قد يُدخل التزامن بعد العزلة تعارضات نسخ يحلها SPINA بحل حتمي، لكن بتكلفة تأخير.

٦. خاتمة

مركز بيانات يسقط ← خدمة ميتة.
سحابة تنقطع ← كل التطبيقات ميتة.
مليون عقدة SPINA ← الذاكرة تنجو.

المرونة بالعدد ليست استراتيجية تكرار. إنها قانون — نفس القانون الذي يُمكّن الحي من النجاة من الانقراضات الجماعية. لا مركز. لا هدف. لا نقطة فشل وحيدة. آخر عقدة حية تحمل في طياتها ذاكرة كل الآخرين. وحين يعود الآخرون، هي التي تشفيهم.

المرونة

حين يسقط كل شيء، تستمر آخر عقدة. المعرفة لا تموت أبداً. إنه قانون الحي — والآن، قانون البنية التحتية الرقمية.

ما ينجو يتذكر. ما يتذكر ينجو.

المراجع

.N. Taleb, « Antifragile: Things That Gain from Disorder », Random House, 2012 [1]

:C. Gershenson, « Requisite Variety, Autopoiesis, and Self-organization », arXiv [2]
.2014 ,1409.7475

,N. Fernandez et al., « Information Measures of Complexity, Emergence, Homeostasis [3]
.Autopoiesis », arXiv:1304.1842, 2013

.K. Friston, « Life as we know it », J. Royal Society Interface, 2013. arXiv:1301.1822 [4]

.S. Khan, « Social Allostasis », arXiv:2508.12791, 2025 [5]

.H. TIKIJJA, « La Loi — Fondement Unifié », 0DATA Lab, Papier 000, 2026 [6]

H. TIKIJJA, « SPINA — La Colonne Vertébrale Cryptographique », 0DATA Lab, Papier [7]
.2026 ,006

,H. TIKIJJA, « Le Système Immunitaire des Infrastructures », 0DATA Lab, Papier 005 [8]
.2026