

Trust Model Summary (Trust-Aware BRPL)

1 Overview

본 문서는 Trust-Aware BRPL에서 사용하는 trust 정의와 결합 규칙을 간결하게 요약한다. 데이터면(포워딩), 제어면(rank 광고), 그리고 두 신뢰도의 결합 및 BRPL 메트릭 반영까지 포함한다.

2 Grayhole Trust (Data-plane)

이웃 j 의 포워딩 신뢰도는 성공/실패 관측을 기반으로 베타 분포 추정과 EWMA로 계산한다. 성공/실패 카운트를 s_j, f_j 라고 하면,

$$\hat{T} = \frac{\alpha_0 + s_j}{\alpha_0 + \beta_0 + s_j + f_j}, \quad (1)$$

$$T_j(t) = \lambda T_j(t-1) + (1-\lambda)\hat{T}. \quad (2)$$

3 Sinkhole Trust (Control-plane)

Sinkhole 공격은 rank 광고 조작으로 부모 선택을 왜곡한다. 이를 감지하기 위해 rank 불일치를 정의한다.

$$\Delta_{ij} = R_j + \text{MIN_HOPRANKINC} - R_i, \quad (3)$$

$$s_{ij} = \max(0, -\Delta_{ij} - \tau), \quad (4)$$

$$T_{adv} = e^{-\lambda_{adv}s_{ij}}. \quad (5)$$

부모 안정성 기반 신뢰는 다음과 같다.

$$\Delta R_i = R_i(t) - R_i(t-W), \quad (6)$$

$$u_{ij} = \max(0, \Delta R_i - \kappa), \quad (7)$$

$$T_{stab} = e^{-\lambda_{stab}u_{ij}}. \quad (8)$$

Sinkhole 신뢰는 두 항을 결합한다.

$$T_{sink} = (T_{adv})^{w_1} (T_{stab})^{w_2}. \quad (9)$$

4 Total Trust

Grayhole trust와 sinkhole trust를 가중 결합하여 전체 신뢰도를 정의한다.

$$T_{total} = (T_{gray})^\alpha (T_{sink})^{1-\alpha}. \quad (10)$$

$\alpha = 1.0$ ⇒ gray-only, $\alpha = 0.5$ ⇒ sinkhole trust를 동일 비중으로 포함한다.

5 Trust-aware BRPL Metric

기본 BRPL weight를 BP_{ij} 라고 할 때, trust penalty가 반영된 메트릭은 다음과 같다.

$$BP_{trust} = BP_{ij} \cdot \frac{T_{total}^\gamma}{1 + \lambda(1 - T_{total})^\gamma}. \quad (11)$$

여기서 λ 는 회피 민감도, γ 는 risk-sensitivity를 제어한다.