

Replicación del Sistema de Monitoreo de Red Microsegundo-Nivel μ MON: WaveSketch y Event Replay

Daniel Josué Cubillos Tapia
Departamento de Electrónica
Universidad Técnica Federico Santa María
Valparaíso, Chile
daniel.cubillost@usm.cl

Abstract—El monitoreo de red en centros de datos modernos requiere precisión a nivel de microsegundos (μ s) para capturar micro-ráfagas y fluctuaciones de tasa de flujo. El sistema μ MON propone una solución que utiliza el algoritmo *WaveSketch* para la compresión eficiente de curvas de tasa de flujo (μ Flow) en los *hosts*, y la detección de eventos de congestión (μ Event) mediante marcas ECN en los *switches*. Este informe presenta la metodología, arquitectura e implementación de la replicación de μ MON utilizando el simulador NS-3. Específicamente, replicamos la topología Fat-Tree $k = 4$, el mecanismo de congestión ECN/RED, y el proceso de reconstrucción de tasas de flujo mediante wavelets. Los resultados demuestran la fidelidad del enfoque de monitoreo microsegundo-nivel y se valida la capacidad de *Event Replay* al correlacionar la tasa de flujo reconstruida con las marcas de congestión.

Index Terms—Monitoreo de red, NS-3, μ MON, WaveSketch, Fat-Tree, ECN, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

Esta sección establece el **Problema y la Motivación** (10 pts. según la pauta).

A. Problema y Motivación

Describa la necesidad crítica de monitoreo a nivel de microsegundos en los centros de datos (micro-ráfagas, latencia, ajustes rápidos de CC). Mencione que los sistemas tradicionales son insuficientes (milésimas de segundo).

B. Objetivo del Informe

Establezca claramente que el objetivo es replicar los componentes centrales del paper “ μ MON: Empowering Microsecond-level Network Monitoring with Wavelets” utilizando NS-3, enfocándose en la simulación de μ Flow Measurement y μ Event Detection.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Revisión concisa de soluciones de monitoreo de red relevantes, comparando su granularidad temporal y plataforma de implementación.

- **Monitoreo de Granularidad Gruesa:** Mencione Net-flow/SNMP (segundos/minutos).

- **Monitoreo a Milisegundos:** Mencione soluciones de *sketching* que no manejan compresión temporal (ej., Count-Min Sketch tradicional).
- **Monitoreo μ s en Plano de Datos:** Mencione enfoques que requieren *switches* programables (P4) como BurstRadar o ConQuest, destacando que μ MON busca compatibilidad con *commodity switches* (ECN/Mirroring).

III. ARQUITECTURA Y METODOLOGÍA DE REPLICACIÓN

Aquí se detalla la **Estrategia y Arquitectura** de la replicación.

A. Arquitectura del Sistema μ MON

Presente un diagrama conceptual (si es posible) de la arquitectura μ MON: Hosts (WaveSketch) \leftrightarrow Switches (ECN/Mirroring) \leftrightarrow Analizador (μ Event Replay).

B. Diseño de la Topología en NS-3

- **Topología Fat-Tree $k = 4$:** Detalle la construcción (4 pods, 4 core switches, 16 hosts).
- **Configuración de Enlaces:** 100 Gbps y 1μ s de delay por salto.

C. Implementación de μ Flow Measurement (WaveSketch)

Describa cómo se adaptó la lógica de WaveSketch en el código NS-3 (FlowRateLogger::WriteCsv).

- **Recolección de μ Flows:** Explicar la ventana de agregación (ej. 8.192μ s o 1μ s).
- **Compresión/Reconstrucción:** Describir el uso de la lógica `waveletScheme.count()` y `waveletScheme.rebuild()` para obtener la tasa reconstruida ($\hat{f}(t)$).

D. Implementación de μ Event Detection

- **Mecanismo ECN/RED:** Detallar la configuración de la cola (RedQueueDisc, MinTh, MaxTh, UseEcn=true). Mencionar la trazabilidad de la marca ECN (TraceConnectWithoutContext("Mark", ...)).

- **Parámetros de Congestión:** Especificar los umbrales utilizados (ej., 20 KiB y 200 KiB para KMin y KMax, si se ajustaron para reflejar el paper).

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE REPLICACIÓN

Esta es la sección de **Resultados**.

A. Fidelidad del Monitoreo μ Flow



(a) Tasa de flujo vs. Tasa reconstruida (WaveSketch).



(b) Métricas de precisión (ARE, Cosine Similarity) vs. Memoria.

Fig. 1: Resultados de la replicación de μ Flow Measurement.

- **Comparación de Tasa:** Presente una gráfica (Figura 1a) de la curva de tasa de flujo original ($f(t)$, de NS-

3) contra la tasa reconstruida ($\hat{f}(t)$, de WaveSketch). Analice visualmente la fidelidad.

- **Análisis de Precisión:** Presente una tabla o gráfica (Figura 1b) de las métricas de precisión (ARE, Cosine Similarity, etc.) obtenidas, comparándolas con los rangos reportados en el paper original (ej., Figuras 11 y 12 del paper).

B. μ Event Replay (Correlación de Congestión)



Fig. 2: Replicación del μ Event Replay: Correlación de la Tasa de Flujo con las Marcas ECN.

- Presente el resultado del *Event Replay* (Figura 2).
- Muestre un segmento de la curva de tasa de flujo de un flujo y destaque (sombreado) las ventanas de tiempo donde se detectaron **ecn_marks** (μ Events).
- Analice cómo la tasa de flujo (el flujo víctima) reacciona inmediatamente después de la marca ECN, validando el concepto de *Event Replay* (similar a la Figura 10c del paper).

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A. Conclusiones

Resuma los hallazgos principales. Confirme si la replicación del enfoque WaveSketch y el Event Replay fueron exitosos (ej., "WaveSketch logra una alta similitud de energía (≥ 0.95) con una compresión significativa").

B. Trabajo Futuro

Mencione posibles extensiones:

- Implementación de la versión completa de WaveSketch (parte *heavy/light*).
- Simulación del overhead de ancho de banda del monitoreo.
- Integración de un algoritmo de congestión como DCQCN para un escenario de RDMA más fiel al paper.

AGRADECIMIENTOS

(Opcional, si corresponde).

REFERENCIAS

Liste todas las referencias. La pauta requiere un buen uso de citas en el texto.

REFERENCES

- [1] Hao Zheng, et al. “ μ MON: Empowering Microsecond-level Network Monitoring with Wavelets.” ACM SIGCOMM 2024. [El paper replicado]
- [2] Una referencia de revista relacionada (ej. sobre ECN/DCTCP, como el paper de Alizadeh et al. o Zhu et al.).
- [3] Una referencia sobre la topología o el simulador (NS-3).
- [4] Otras referencias que haya citado en la sección de Trabajos Relacionados.