

# Replicación del Sistema de Monitoreo de Red Microsegundo-Nivel $\mu$ 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 ( $\mu$ s) para capturar micro-ráfagas y fluctuaciones de tasa de flujo. El sistema  $\mu$ MON propone una solución que utiliza el algoritmo *WaveSketch* para la compresión eficiente de curvas de tasa de flujo ( $\mu$ Flow) en los hosts, y la detección de eventos de congestión ( $\mu$ Event) mediante marcas ECN en los switches. Este informe presenta la metodología, arquitectura e implementación de la replicación de  $\mu$ 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,  $\mu$ 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 “ $\mu$ MON: Empowering Microsecond-level Network Monitoring with Wavelets” utilizando NS-3, enfocándose en la simulación de  $\mu$ Flow Measurement y  $\mu$ 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 Netflow/SNMP (segundos/minutos).

- **Monitoreo a Milisegundos:** Mencione soluciones de *sketching* que no manejan compresión temporal (ej., Count-Min Sketch tradicional).
- **Monitoreo  $\mu$ s en Plano de Datos:** Mencione enfoques que requieren switches programables (P4) como BurstRadar o ConQuest, destacando que  $\mu$ 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 $\mu$ MON

Presente un diagrama conceptual (si es posible) de la arquitectura  $\mu$ MON: Hosts (WaveSketch)  $\leftrightarrow$  Switches (ECN/Mirroring)  $\leftrightarrow$  Analizador ( $\mu$ 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  $1\mu$ s de delay por salto.

### C. Implementación de $\mu$ Flow Measurement (WaveSketch)

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

- **Recolección de  $\mu$ Flows:** Explicar la ventana de agregación (ej.  $8.192\mu$ s o  $1\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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  $\mu$ 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.

- **Ánalisis 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. $\mu$ Event Replay (Correlación de Congestión)



Fig. 2: Replicación del  $\mu$ 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 (sobreponiendo) las ventanas de tiempo donde se detectaron **ecn\_marks** ( $\mu$ 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. “μMON: 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.