

Anforderungen an offene Kommunikationsstandards für effizienten Datenaustausch

Ein datenbasierter Leitfaden zur Wahl des richtigen Standards für den effizienten Datenaustausch.

Diplandant



Alessandro Shun
Bühler

Ausgangslage: Die digitale Transformation führt zu einer Flut an Daten in vernetzten Systemen wie dem Internet der Dinge (IoT) oder Microservice-Architekturen, wodurch der effiziente Datenaustausch zum kritischen Erfolgsfaktor wird. Entwickler stehen jedoch vor der Herausforderung aus einer Vielzahl offener Standards wie HTTP, MQTT, JSON oder Protobuf die optimale Wahl zu treffen. Da fundierte, empirische Vergleichsdaten oft fehlen, basieren Architekturentscheidungen häufig auf pauschalen Annahmen. Diese Arbeit adressiert diese Lücke durch eine systematische, quantitative Analyse der fundamentalen Zielkonflikte zwischen Netzwerk-Overhead, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Datengröße und Robustheit, um eine datengestützte Entscheidungsgrundlage für die Praxis zu schaffen.

Vorgehen / Technologien: Um eine ganzheitliche Bewertung zu ermöglichen, wurde ein zweigeteiltes Forschungsdesign in einer isolierten, virtuellen Laborumgebung umgesetzt, das die Analyse der Format-Eigenschaften von der Protokoll-Performance im Netzwerk trennt.

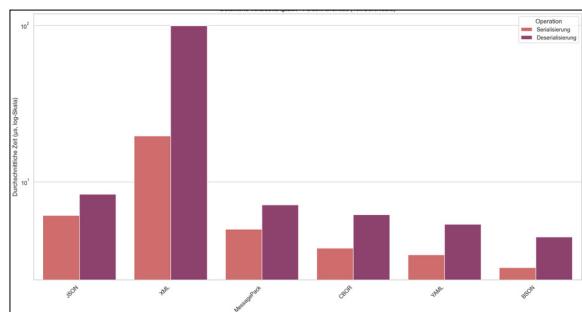
Serialisierungsqualitätstest (SQ-Test): In diesem protokollunabhängigen Test wurden 13 Datenformate (u.a. JSON, XML, Protobuf) direkt im Arbeitsspeicher auf ihre intrinsischen Leistungsmerkmale untersucht: Datengröße (Kompaktheit), Verarbeitungsgeschwindigkeit (CPU-Zeit) und Robustheit im Umgang mit fehlerhaften Daten. **Systemische Protokoll-Effizienz-Analyse (SPEA-Test):** Dieser Test mass die End-to-End-Performance von 5 Protokollen (HTTP, MQTT, CoAP, TCP, UDP) in einem vollständig isolierten Netzwerk zwischen zwei virtuellen Maschinen (VMs). Um einen fairen Vergleich zu gewährleisten, wurde eine einheitliche JSON-Nutzlast in Größen von 100 Byte bis 10 MB verwendet. Dabei wurden die systemischen Metriken wie Netzwerk-Overhead, Paketanzahl ("Chattiness") und Anwendungs-Latenz (RTT) erfasst und ihr Skalierungsverhalten analysiert.

Ergebnis: Die zentrale Erkenntnis ist, dass die optimale Technologiewahl kontextabhängig ist und massgeblich von der Nachrichtengröße dominiert wird. Die Ergebnisse lassen sich in drei „goldenen Regeln“ zusammenfassen: 1) Bei kleinen Nachrichten (< 10 KB) dominiert das Protokoll. Die Wahl eines schlanken Protokolls wie MQTT statt HTTP kann den Netzwerk-Overhead um über 70% reduzieren und ist der entscheidende Effizienzfaktor. 2) Bei grossen Nachrichten (> 1 MB) dominiert das Datenformat. Der Protokoll-Overhead wird vernachlässigbar (< 1%). Die Kompaktheit und

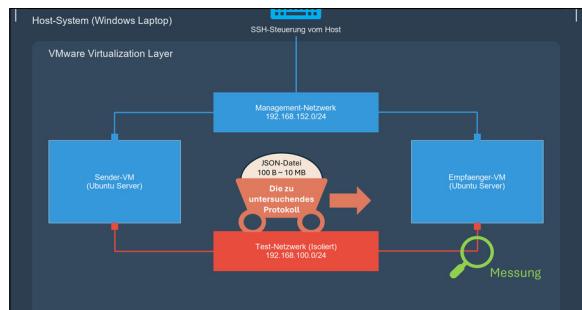
Verarbeitungsgeschwindigkeit eines Binärformats wie Protobuf bestimmt nun den Datendurchsatz. 3) Einfachheit und Lesbarkeit sind ein teurer, aber oft gerechtfertigter Luxus. Textformate wie JSON sind messbar ineffizienter, ihre Robustheit und ihr enormes Ökosystem rechtfertigen den

Performance-Verlust aber oft durch schnellere Entwicklung und einfacheres Debugging.

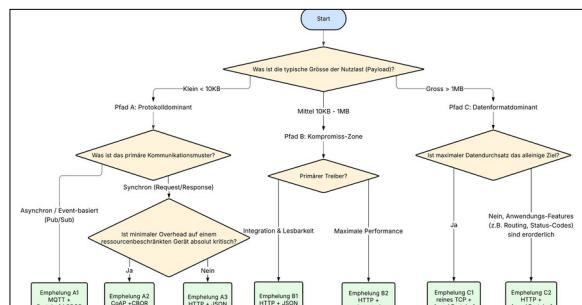
Detaillierte Verarbeitungszeit für das komplexe Java-Objekt "PersonAdvanced" (Listen, Maps und verschachtelte Objekte)
Eigene Darstellung



Architektur der virtualisierten Testumgebung
Eigene Darstellung



Entscheidungsmodell zur systematischen Auswahl eines Kommunikationsstandards
Eigene Darstellung



Referent
Prof. René Pawlitzek

Korreferent
Prof. Guido Piai

Themengebiet
Ingenieurinformatik