

# Evaluation des Transportprotokolls QUIC in OMNeT++

Denis Lugowski

Hauptseminar  
Master Informatik  
HAW Hamburg

22. Mai 2018

- 1 Einleitung
- 2 Grundlagen
- 3 Relevante Arbeiten
- 4 Motivation
- 5 Projektmanagement
- 6 Evaluation
- 7 Risiken
- 8 Ausblick

- Bisherige Entwicklung im Internet geprägt von Bandbreitenausbau
- Latenz oft unberücksichtigt trotz größeren Mehrwert für Nutzer
- Von Google initiiertes Transportprotokoll QUIC setzt Fokus auf Latenz
  - Vorausgegangen Entwicklung an SPDY

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten
- ④ Motivation
- ⑤ Projektmanagement
- ⑥ Evaluation
- ⑦ Risiken
- ⑧ Ausblick

- QUIC (noch Akronym für Quick UDP Internet Connections)
- Vereint Eigenschaften von TCP + TLS + HTTP/2
  - Zuverlässig, reihenfolgegesichert
  - Verschlüsselt (TLS 1.3)
  - Multiplexed (kein Head-of-Line blocking)
- Verbesserte Latenz durch 1-RTT, 0-RTT Handshake
- Implementierung im *Userspace*

# QUIC Protokollstack

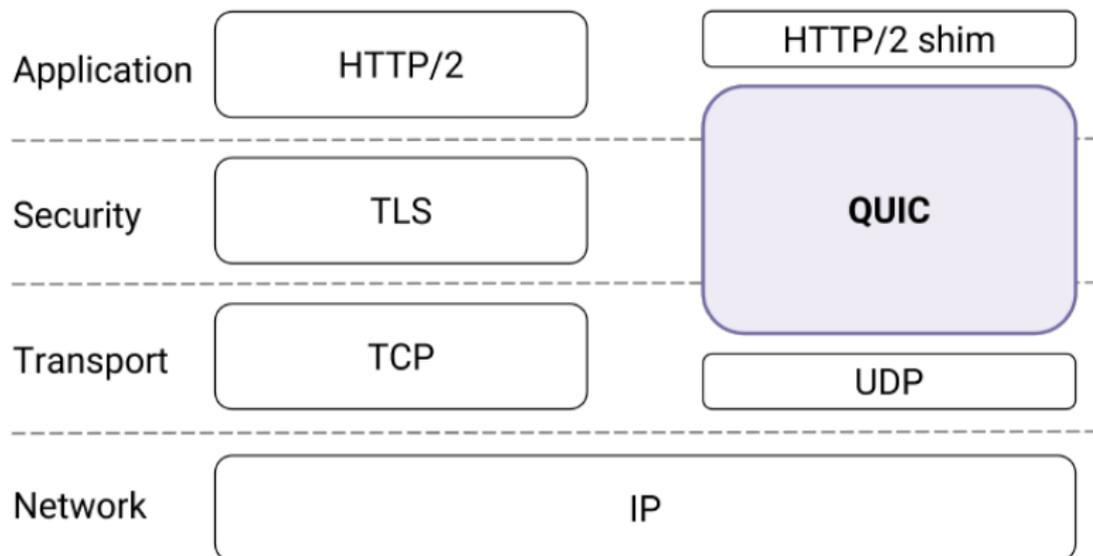


Abbildung: Vergleich HTTP/2 Protokollstack zu QUIC [1]

# QUIC Verbreitung und Statistiken

- QUIC findet Verwendung in Google Chrome Browser mit Google Services
- Implementierungen von Cloudflare, Facebook, Apache [2], [3]
- Anzahl an QUIC-fähigen IPv4-Adressen von  $\sim$ **186K** (08.2016) auf  $\sim$ **617K** (10.2017) gestiegen [4]
- **7%** des Internetverkehrs durch QUIC ausgeliefert (2016) [1]

## Statistiken von Google [1], [5]

- **85%** der Google Chrome Requests an Google Services (2016)
- **30%** des gesamten ausgehenden Google Datenverkehrs (2016)
- Verringerung der Latenz bei Google-Suche um **8%** (Desktop) und **3,6%** (Mobile)

- Diskretes ereignisorientiertes Simulationsframework
- Ermöglicht Modellierung von Kabel(un-)gebundenen Netzwerken, Protokollen
- INET-Framework stellt Bibliothek mit Netzwerkprotokollen zur Verfügung
  - Bisher kein Simulationsmodell von QUIC vorhanden

# OMNeT++ Aufbau einer Beispielsimulation

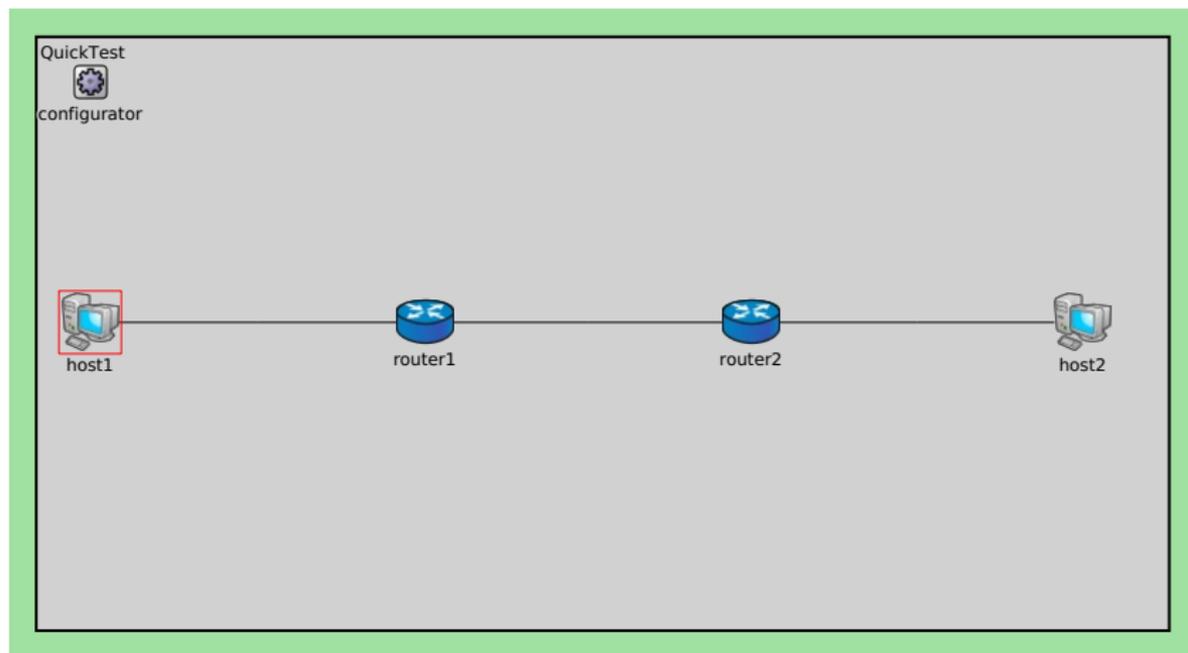


Abbildung: Beispielaufbau einer Simulation

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten**
- ④ Motivation
- ⑤ Projektmanagement
- ⑥ Evaluation
- ⑦ Risiken
- ⑧ Ausblick

## Taking a Long Look at QUIC (2017) [6]

- Vergleich QUIC mit HTTP/2 + TLS + TCP
- Abruf von Webseiten und YouTube-Videos
- Variierende Anzahl und Größe der Ressourcen, Latenz, Bandbreite, Jitter
- Ergebnis: QUIC verliert bei vielen (200) kleinen (5KB) Ressourcen mit hoher Bandbreite (100Mbit/s) (signifikant schlechter mit Jitter)

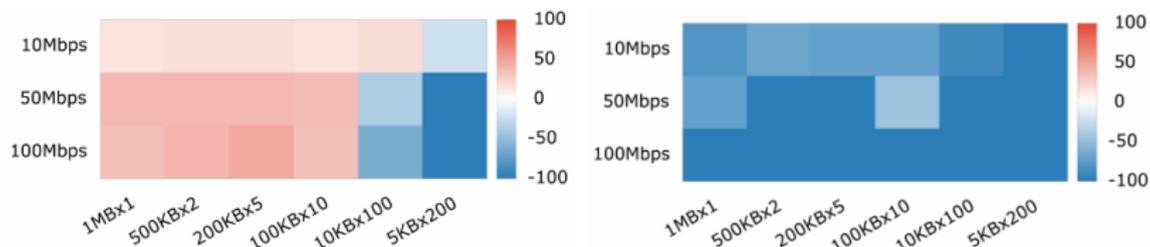


Abbildung: QUIC im Vergleich zu TCP [6]

## How quick is QUIC (2016) [7]

- Vergleich QUIC mit SPDY und HTTP/1.1
- Variierende Anzahl und Größe der Ressourcen, Latenz, Bandbreite
- Ergebnis: QUIC verliert bei vielen (50) großen (128KB) Ressourcen mit hoher Bandbreite (50Mbit/s)

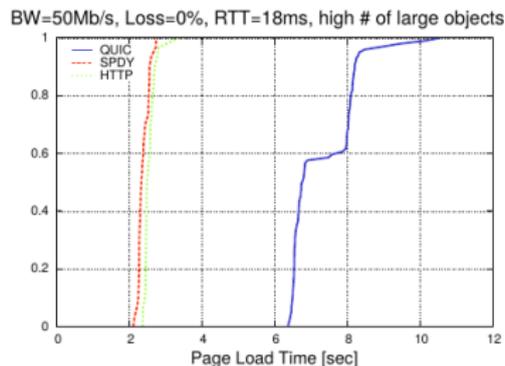


Abbildung: QUIC im Vergleich zu SPDY, HTTP/1.1 [7]

## Performance Analysis of QUIC under Network Congestion (2017) [8]

- Vergleich QUIC mit TCP
- Testdaten mit *iPerf*
- Ergebnis: Bandbreite bei unterschiedlicher Latenz fast gleich
- Problem: Nur mit geringen Linkkapazitäten bis 16Mbit/s getestet

- Negative Auswirkungen von großer Anzahl an Ressourcen mit hoher Bandbreite
- Relativ kleiner Umfang an Experimenten
- Experimente nur mit Implementierung von Google durchgeführt
  - Probleme durch Implementierung oder Protokoll bedingt?
- Einige Experimente im Internet durchgeführt
  - QoS: Best Effort → Eingeschränkte Reproduzierbarkeit

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten
- ④ Motivation**
- ⑤ Projektmanagement
- ⑥ Evaluation
- ⑦ Risiken
- ⑧ Ausblick

- **Skalierbarkeit** - 2 oder 1000 Hosts
- **Reproduzierbarkeit** - immer gleiche Bedingungen
  - Einhergehende **Testbarkeit**
- **Wartbarkeit** - keine Updates
- **Kostensparnis, Zeitersparnis** - ein Rechner für Simulation
- Beitrag zur INET-Community

- QUIC seit 2015 im Standardisierungsprozess der IETF
  - Verfolgt *Standards Track*, derzeit noch *Proposed Standard*
- Arbeiten durch QUIC Working Group durchgeführt
  - Mitunter größere Abweichungen zwischen IETF QUIC und Google QUIC
- Zahlreiche Drafts veröffentlicht
  - Multipath, QUIC over DTLS, DNS over QUIC usw.
- Im November 2018 Einreichung des Kern-Drafts zur IESG für Veröffentlichung als RFC

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten
- ④ Motivation
- ⑤ Projektmanagement**
- ⑥ Evaluation
- ⑦ Risiken
- ⑧ Ausblick

## **Projektaufgabe:**

Entwicklung eines Simulationsmodells von QUIC in OMNeT++ in einem Team.

Team bestehend aus 8 Personen (3 von der Universität Duisburg-Essen, 1 FH Münster und 4 HAW Hamburg)

- Verschiebung von *Proof of Address Ownership* und *Stateless Retries* auf späteren Zeitpunkt
- Keine *Version Negotiation* zwischen Client und Server
- Keine TLS-Verschlüsselung

# Definition von Arbeitspaketen

<b>Arbeitspaket</b>	<b>Beschreibung</b>
1	1-RTT Handshake
2	Connection Termination
3, 4	Data Transmission
5	Stream Frame Multiplexing
6	Stream Data Reordering
7	0-RTT Handshake
8	Congestion Control
9	Flow Control
10	Error Handling
11	Loss Detection and Retransmission

**Tabelle:** Arbeitspakete für Simulationsmodellentwicklung

- Kanban als Vorgehensmodell
- Git-Branching-Modell bestehend aus Master, Develop, Feature und Test
- Nach jedem abgeschlossenen Arbeitspaket folgt ein Code Review
- Coding Style nach INET-Framework Vorgaben

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten
- ④ Motivation
- ⑤ Projektmanagement
- ⑥ Evaluation**
- ⑦ Risiken
- ⑧ Ausblick

- Evaluation von QUIC mithilfe einer Parameterstudie
  - Umfassende Analyse von Parametern und ihren Zusammenhängen
- Ergebnisse vorheriger Arbeiten dienen als Annahmen
  - Simulative Überprüfung auf implementierungs- oder protokollbedingte Problemursachen
- Simulation von realen Internetbedingungen unter reproduzierbaren Umständen

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten
- ④ Motivation
- ⑤ Projektmanagement
- ⑥ Evaluation
- ⑦ Risiken**
- ⑧ Ausblick

## QUIC

- Stetige Entwicklung von QUIC → Risiko eines veralteten Simulationsmodells

## Simulation

- Simulation von Verschlüsselungs-Auswirkungen erforderlich → Mögliche Ergebnisabweichung von realer Implementierung
- Entwickelte Topologie spiegelt Bedingungen im Internet nicht wider

## Open-Source-Projekt

- Zu hoher Entwicklungsumfang → Risiko unvollständiger Analysen
- Fehlende Verbindlichkeiten im Team

- ① Einleitung
- ② Grundlagen
- ③ Relevante Arbeiten
- ④ Motivation
- ⑤ Projektmanagement
- ⑥ Evaluation
- ⑦ Risiken
- ⑧ **Ausblick**

- Entwicklung von Simulationsmodell vorantreiben
- Analyse von Verschlüsselungs-Auswirkungen
- Geeignete Topologie zur Abbildung eines Kommunikationsweges im Internet entwickeln

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

- [1] A. Langley, A. Riddoch, A. Wilk, A. Vicente, C. Krasic, D. Zhang, F. Yang, F. Kouranov, I. Swett, J. Iyengar, J. Bailey, J. Dorfman, J. Roskind, J. Kulik, P. Westin, R. Tenneti, R. Shade, R. Hamilton, V. Vasiliev, W.-T. Chang und Z. Shi, "The QUIC Transport Protocol: Design and Internet-Scale Deployment", in *Proceedings of the Conference of the ACM Special Interest Group on Data Communication, Ser. SIGCOMM '17*, Los Angeles, CA, USA: ACM, 2017, S. 183–196, ISBN: 978-1-4503-4653-5. DOI: 10.1145/3098822.3098842. Adresse: <http://doi.acm.org/10.1145/3098822.3098842>.
- [2] QUIC WG. (5. Mai 2018), QUIC Implementierungen, Adresse: <https://github.com/quicwg/base-drafts/wiki/Implementations>.
- [3] Apache. (5. Mai 2018), Traffic Server QUIC, Adresse: <https://github.com/apache/trafficserver>.
- [4] J. R uth, I. Poese, C. Dietzel und O. Hohlfeld, "A First Look at QUIC in the Wild", in *Passive and Active Measurement*, Springer International Publishing, 2018, S. 255–268, ISBN: 978-3-319-76481-8.
- [5] I. Swett. (2016), QUIC Deployment Experience @Google, Adresse: <https://www.ietf.org/proceedings/96/slides/slides-96-quic-3.pdf>.
- [6] A. M. Kakhki, S. Jero, D. Choffnes, C. Nita-Rotaru und A. Mislove, "Taking a Long Look at QUIC: An Approach for Rigorous Evaluation of Rapidly Evolving Transport Protocols", in *Proceedings of the 2017 Internet Measurement Conference, Ser. IMC '17*, London, United Kingdom: ACM, 2017, S. 290–303, ISBN: 978-1-4503-5118-8. DOI: 10.1145/3131365.3131368. Adresse: <http://doi.acm.org/10.1145/3131365.3131368>.
- [7] P. Megyesi, Z. Kr amer und S. Moln ar, "How quick is QUIC?", in *2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Mai 2016, S. 1–6. DOI: 10.1109/ICC.2016.7510788.
- [8] A. Srivastava, "Performance Analysis of QUIC Protocol under Network Congestion", Master Thesis, Worcester Polytechnic Institute, 2017.