

# Posudek diplomové práce

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

**Autor práce** Bc. Radek Zikmund  
**Název práce** QUIC Protocol Implementation for .NET  
**Rok odevzdání** 2021  
**Studijní program** Informatika      **Studijní obor** Softwarové a datové inženýrství

**Autor posudku** Mgr. Pavel Ježek, Ph.D.  
**Pracoviště** UK MFF KDSS

**Role** Vedoucí

## Text posudku:

Cílem práce bylo vybrat vhodnou podmnožinu protokolu QUIC a provést její prototypovou implementaci čistě v jazyce C#, a provést integraci do vývojové větve platformy .NET. Implementace měla být navržena tak, aby byla dále udržovatelná, a aby bylo možné doimplementovat kompletní podporu QUIC, a aby byla na úrovni výhledově použitelném v produkčním prostředí milionů uživatelů platformy .NET. Součástí práce měla být též možnost uživatelsky přepínat mezi autorovou implementací QUIC a stávající implementací využívající nativní knihovnu MsQuic. V neposlední řadě měl autor (v případě dostatku času), provést i základní zhodnocení rychlosti jím navržené managed implementace oproti MsQuic. Všechny výše uvedené cíle autor v práci beze zbytku a na profesionální úrovni splnil. Výsledná implementace základu QUIC je plně funkční, což je ověřeno na ukázkové aplikaci, navíc je na této základní úrovni i interoperabilní s MsQuic implementací. Softwarová část práce je příkladným dílem kvalitního profesionálního SW vývojáře a inženýra, kterým autor beze sporu je (jak na této práci ukazuje) - dílo má příkladný návrh a autor pečlivě řeší i technické problémy, a v práci pečlivě dbá na využití moderních konceptů jazyka C# a platformy .NET pro dosažení maximální výkonosti jeho implementace (mimo jiné pomocí minimalizace dynamických alokací paměti při zpracování QUIC paketů, a využití paralelizace). Jako velmi zásadní pozitivum implementace hodnotím také to, že autorova implementace je navržena jako portabilní a byla plně odladěna a odskoušena na platformě Windows i Linux.

Na exceletní úrovni jsou i zbylé aspekty práce - velmi oceňuji praktický návrh testovacího frameworku, který umožňuje přehledným "fluent API" psát stručné a přehledné testy, u kterých se jejich autor může soustředit na domain specifický popis chování testované části QUIC protokolu; dále možnost detailního logování v zavedeném formátu, který umožňuje použití profesionálních ladících nástrojů.

Všechny tyto kvality jsou jistě dány také detailní analýzou problému a možných řešení, kterou má autor v textu práce precizně rozpracováno. Součástí textu práce je též velmi přehledná vývojová dokumentace, která pomocí velmi přehledných obrázků dává jasný vhled do koncepčního návrhu práce. Velmi oceňuji též podrobnou uživatelskou dokumentaci, která popisuje veškeré kroky netriviálního build procesu platformy .NET, který je jinak těžké zvládnout. Navíc ale i tak dává autor k dispozici i binární verze potřebných souborů, pokud si čtenář vystačí s již přeloženou odevzdanou verzí práce. Součástí je i stručný a přehledný tutoriál použití QUIC v .NET aplikacích.

Velmi cenný je též tutoriál do samotného fungování QUIC protokolu, který svou kvalitou a přehledností (mimo jiné danou i exceletními schémata) převyšuje jinak ke QUIC protokolu dostupné dokumentační zdroje.

Jako závěrečná část práce je detailní srovnání výkonosti autorovy implementace

s implementací MsQuic a i s běžnou implementací TCP+TLS (a to hned na 2 podporovaných platformách - na Windows i Linux - součástí čehož je i netriviální příprava a nakonfigurování nástrojů, které musel autor provést pro měření a traffic shaping, které je na obou systémech velmi odlišné) - autorova práce sice za stávajícími implementacemi v mnoha ohledech výkonově zaostává (i když v některých bodech stávající MsQuic výkonostně překonává), nicméně to u prototypové implementace není překvapující. Co je ovšem velmi cenné, že autor testy provádí na realistických scénářích (např. zohledňuje 99 percentil, jako velmi zásadní metrikou pro primární využití QUIC v protokolu HTTP3), ale hlavně že výsledky testů důladně interpretuje a podává věrohodná vysvětlení pozorovaných jevů a to hlavně s detailními návrhy, jak v budoucnu implementaci vylepšit pro zvýšení výkonosti v pozorovaných slabých oblastech. Závěrem bych chtěl ještě zdůraznit, že kvalit autorovy práce je si vědom i vývojový tým .NET ve firmě Microsoft, a spolupracuje s tím na integraci jeho práce do budoucích verzí .NET.

**Práci doporučuji k obhajobě.**

**Práci navrhuji na zvláštní ocenění.**

*Pokud práci navrhujete na zvláštní ocenění (cena děkana apod.), prosím uveďte zde stručné zdůvodnění (vzniklé publikace, významnost tématu, inovativnost práce apod.).*

Vzorová implementační diplomová práce, exceletně provedená implementace neprobádaného a velmi netriviálního nového protokolu QUIC se silným zaměřením na plnou nasaditelnost do praxe s využitím nejlepších SW inženýrských postupů, a s výhledem využití práce miliony vývojářů na platformě .NET po celém světě.

**Datum** 28.1.2021

**Podpis**