

TCP/IP COMMUNICATION IN FPGA

Michal Kekely

Bachelor Degree Programme (3), FIT BUT

E-mail: xkekel01@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Michal Kajan

E-mail: ikajan@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper analyzes the design of TCP/IP network stack in FPGA. This is especially needed in embedded systems, where data is analyzed in hardware. Therefore sending those data reliably out via software would be ineffective. The implementation of the design will be used in the real network.

Keywords: TCP, IP, FPGA, network, hardware

1 ÚVOD

V dnešnej dobe sa čoraz viac rozširujú vstavané systémy (ang. embedded systems). Ani odvetvie sietí sa tomuto rozširovaniu vstavaných systémov nevyhýba. Sieťová komunikácia býva väčšinou implementovaná softvérovo, často ako súčasť jadra operačného systému. Niektoré vstavané systémy však nemajú prístup k veľmi výkonnému procesoru, prípadne je potrebné výpočetnú silu procesoru využiť na iné účely. Preto je vhodné sieťovú komunikáciu riešiť hardvérovo.

Tento príspevok sa venuje vytvoreniu hardvérovej jednotky implementovanej v hradlovom poli typu FPGA, ktorá je schopná komunikácie na sieti s využitím protokolov TCP a IP.

2 μ SONDA

V rámci projektu Sec6Net ([1]) je vyvíjaná špecializovaná sonda schopná monitorovania siete a zberu dát. Úlohou sondy je schopnosť legálneho odposluchu obsahu prenášaného po sieti. Sonda je realizovaná ako hardvérové zariadenie.

Táto práca sa venuje hlavne jednotke *DATA EXPORT*. Jedná sa o výstupnú časť μ Sondy, ktorá zodpovedá za odoslanie dát. Táto funkcionality by mohla byť zabezpečená aj procesorom *MicroBlaze*, avšak jedná sa o mikroprocesor implementovaný v FPGA, ktorý neposkytuje dostatočný výkon a preto je efektívnejšie používať dedikovanú jednotku.

Hlavičky paketov na vstupe μ Sondy sú spracované, sú im pridané časové značky a následne sú odfiltrované pakety, ktoré nepatria do odpočúvanej komunikácie. Takto spracované pakety sú privedené na vstup jednotky *DATA EXPORT*, kde sú zabalené do správnych hlavičiek a odoslané na server.

3 ROZBOR PROTOKOLOV

TCP (Transmission Control Protocol) je protokol transportnej vrstvy, ktorý poskytuje spoľahlivý prenos dát po sieti. IP (Internet Protocol) je protokol sieťovej vrstvy, ktorý poskytuje prenos dát v sieti s prepínaním paketov. Informácie o týchto protokoloch je možné získať napríklad zo zdrojov [2] a [3].

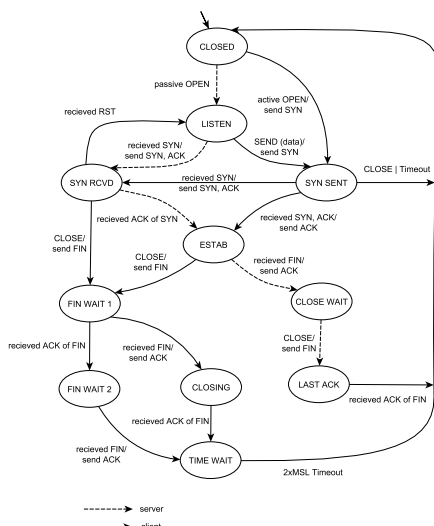
3.1 PROTOKOL IP

Z tohoto protokolu sú dôležité hlavne hlavičky, ktoré je treba pridať k samotným dátam. Z pohľadu implementácie výstupnej jednotky sa jedná len o pridanie hlavičiek so správne nastavenými hodno-

tami (najmä zdrojová a cieľová IP adresa) k samotným dátam.

3.2 PROTOKOL TCP

Z protokolu TCP je potrebné riešiť okrem hlavičky aj ďalšie mechanizmy hlavne na riadenie prenosu a predchádzanie zahľtenia. Komunikáciu TCP je možné riadiť pomocou stavového automatu, ktorého diagram je na obrázku 1.



Obrázek 1: Diagram stavového automatu pre riadenie TCP komunikácie.

Celé TCP spojenie sa dá rozdeliť na 3 fázy. Prvou je 3-fázové naviazanie spojenia. V ďalšej fáze dochádza k samotnej výmene dát medzi stranami. V tejto fáze je dôležitá hlavne implementácia posuvného okna, časovačov a jednotlivých algoritmov pre riadenie zahľtenia. Poslednou fázou je ukončenie spojenia, ktoré sa vykonáva obojstranne.

Z pohľadu implementácie teda treba okrem pridania správnych hlavičiek aj riadiť celý prenos. Implementácia musí obsahovať stavový automat na riadenie komunikácie, a zároveň musí zabezpečiť správne vykonanie jednotlivých fáz prenosu a ovládanie veľkosti okna s ohľadom na predchádzanie zahľteniu linky.

4 NÁVRH

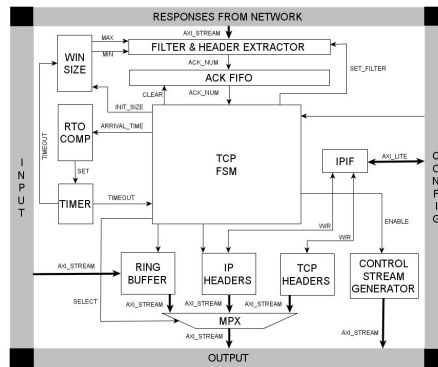
Na základe rozboru protokolov vznikol návrh jednotky. Funkcionalita bola rozdelená do menších blokov, z ktorých každý zodpovedá za istú časť komunikácie. Rozdelenie ukazuje obrázok 2.

Základ návrhu tvorí stavový automat (obrázok 1). Tento automat je navyše rozšírený o signály riadiace ostatné bloky.

Blok *RING BUFFER* implementuje kruhovú frontu, v ktorej sa udržiujú dáta na odoslanie. Tieto dáta prichádzajú zo vstupu a je možné ich poslať na výstup alebo mazať.

V blokoch *TCP HEADERS* a *IP HEADERS* sú v registroch udržiavané hodnoty jednotlivých polí hlavičiek.

Na spracúvanie potvrdení odoslaných dát slúžia bloky *FILTER & HEADER EXTRACTOR* a *ACK FIFO*. Segmenty prichádzajúce zo strany servera sú tu analyzované, prefiltrované a je z nich vyextrahované číslo potvrdenia, sekvenčené číslo a TCP príznaky.



Obrázek 2: Návrh TCP jednotky.

Výpočet hodnoty časovača RTO (časovač, ktorý signalizuje, po akom čase je potrebné znovuodoslať segmenty, v prípade, že neboli potvrdené) sa realizuje v bloku *RTO COMP*. Táto hodnota je potom nastavená a kontrovaná v bloku *TIMER* (jedná sa o jednoduchý čítač).

Za riadenie posuvného okna zodpovedá blok *WIN SIZE*. Tento blok teda obsahuje aj algoritmy na riadenia zahľtenia.

5 ZÁVER

Na základe nastudovania sieťových protokolov TCP a IP bol vytvorený návrh hardvérovej jednotky, ktorá slúži na sieťovú komunikáciu s využitím týchto protokolov.

V súčasnosti je implementovaná a na reálnej sieti otestovaná verzia pre nespoľahlivú komunikáciu pomocou protokolov UDP a IP (táto verzia na čípe xc6slx45-3fgg484 zaberá 1% slice registrov a 3% LUT a spĺňa časovanie pre maximálnu frekvenciu 190 MHz). Implementácia návrhu prezentovaného v tejto práci prebieha. Predpokladané využitie zdrojov je, z dôvodu vyššej réžie protokolu TCP, dvojnásobné oproti verzii s UDP.

Táto implementácia prináša alternatívu, kedy sieťovú komunikáciu nie je potrebné riešiť softvérovo a tým zaťažovať procesor, ale je možné túto funkcionlitu riešiť hardvérovo a teda v mnohých prípadoch efektívnejšie.

POĎAKOVANIE

Táto práca je súčasťou projektu VG20102015022 podporovaného MVČR. Článok vznikol za podpory projektu VUT v Brne FIT-S-14-2297.

REFERENCE

- [1] Projekt Sec6Net, Dostupné na: http://www.fit.vutbr.cz/research/view_project.php.cs?id=517.
- [2] WRIGHT, Gary R., STEVENS, W. Richard: TCP/IP Illustrated, Volume 2: The Implementation. First Edition, Boston, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995. 1200 s. ISBN 0-201-63354-X.
- [3] Cisco Networking Academy: CCNA Exploration Course Bookler: Network Fundamentals, Version 4.0, Cisco Press 2009, ISBN 978-1-58713-234-8.