

УДК 004.738.5:004.722

ВИКОРИСТАННЯ ПЛІС ДЛЯ МЕРЕЖ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Старокожев С.В.

e-mail: sviatoslav.starokozhev@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., асистент Волох А.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МТС
м. Харків, Україна

The article examines the use of field-programmable gate arrays (FPGAs) in modern Internet of Things (IoT) networks. Key requirements for such networks are analyzed, including high data throughput, minimization of transmission delays, and security assurance, as well as how the use of FPGAs helps meet these requirements. While typical IoT solutions are better suited for ASICs or embedded processors, the flexibility and reconfigurability of FPGAs make them essential for projects that require specialized networking solutions and adaptation to unique requirements.

Сучасні мережі, які інтегрують користувацькі системи та пристрої Інтернету речей (IoT), мають специфічні обмеження та вимоги. Вони вимагають спеціально розробленого обладнання для максимізації пропускної здатності, мінімізації енергоспоживання, забезпечення безпеки та цілісності даних при мінімальних затримках пакетів. Для забезпечення перелічених вимог, при побудові таких мереж, розробники на апаратному рівні часто використовують ПЛІС, що також дозволяє забезпечити гнучкість в дотриманні унікальних вимог в кожному конкретному випадку.

Одною із найпоширеніших вимог до IoT є висока пропускна здатність, наприклад, для мереж в яких використовуються відеопотоки з високою роздільною здатністю. В таких задачах ПЛІС часто використовується в якості мережевих інтерфейсних карт (NIC), перш за все завдяки тому, що з допомогою ПЛІС можна забезпечити паралельну обробку великих об'ємів даних. З 2019 р. з'являються розробки з відкритим вихідним кодом, в яких забезпечується робота стеку TCP/IP на базі ПЛІС зі швидкостями в 100 Гб/с. Однією з реалізацій NIC на ПЛІС є мережевий інтерфейс з відкритим кодом Corundum, реалізованих на Verilog HDL. Цей проект був націлений не тільки на досягнення заданого значення швидкості, а й на забезпечення портативності та можливості налаштування для різних мережевих конфігурацій.

Іншою вимогою в мережах для IoT є зменшення затримки передачі пакетів даних. Особливо це стосується аудіовізуальних передач, затримка в яких пов'язана з використанням кодеків для упаковки та розпаковки відеосигналів. В таких застосунках бажаною низькою затримкою є час відгуку від декількох сотень наносекунд до декількох одиниць мілісекунд. Для вирішення такої задачі розробляються рішення, які забезпечують переміщення кодеків з прикладного рівня програмного забезпечення ближче

до мережевого рівня, за рахунок чого відбувається значне скорочення затримок при передачі відео. Кодери та декодери реалізуються на ПЛІС, а блочна оперативна пам'ять (BRAM) ПЛІС використовується як буфер для зберігання вхідних пакетів. Мережі IoT не орієнтовані на використання аудіовізуальних передач, теж виграються від переміщення частини функцій прикладного рівня ближче до мережевого рівня. Використовуючи готові IP-ядра від відомих постачальників таких як Intel та Xilinx, можна зменшити кількість необхідних рівнів абстракції даних і пакети TCP/IP зчитувати та обробляти напряму на апаратному рівні, зменшуючи загальний час обробки даних.

Складною задачею також може бути забезпечення безпеки передачі даних в мережах IoT. Традиційні протоколи безпеки, такі як TLS або DTLS, часто не підходять для мереж IoT, тому що вимагають доволі довготривалих сесій налаштування безпеки та постійної підтримки стану каналу поки він не буде закритий. Створити та протестувати нові рішення з забезпечення безпеки передачі даних в мережах IoT можна з використанням ПЛІС. Наприклад, розробники пропонують реалізацію на ПЛІС криптографічних рішень на основі еліптичних кривих або з використанням системи рівнянь Лоренца для створення хаотичного кодування даних. Обидва апаратні рішення з використанням ПЛІС перевершують по швидкості шифрування/дешифрування, надійності та енергоспоживанню аналогічні рішення на програмному рівні.

Використання ПЛІС замість готових рішень на ASIC або рішень на вбудованих процесорах не завжди доцільно для мереж IoT. Прості типові задачі або складніші, але такі які не вимагають значних налаштувань, матимуть більшу фінансову вигоду в використанні рішень на базі ASIC. Зазвичай використання в таких проектах ASIC забезпечує більш низьке енергоспоживання, роботу на більш високих частотах. Незважаючи на це, використання ПЛІС для мереж IoT не втрачає своєї актуальності. Можливість переконфігурації ПЛІС дозволяє виправляти помилки проектування та створювати нові можливості для мереж IoT. Розробка проектів для ПЛІС з відкритим вихідним кодом, дозволяє використовувати їх як базу при підготовці унікальних, адаптованих під конкретну задачу рішень для IoT.

Список використаних джерел:

1. Forencich A., Snoeren A., Porter G., Papen G. Corundum: An open-source 100-Gbps NIC. // 28th Annual International Symposium on FCCM. 2020. P. 38-46.
2. Ubik S., Halák J., Melnikov J., Kolbe M. Ultra-low-latency video transmissions for delay sensitive collaboration. // 9th MECO. 2020. P. 1-4.
3. Piyas B., Raouf S., Abdelkader S., Camel T., Said S., Lei H. An Efficient and Reliable Chaos-Based IoT Security Core for UDP/IP Wireless Communication. // IEEE Access. 2022. P. 49625–49656.