

Programozható csomagfeldolgozás 5G/6G hálózatok alkalmazásaihoz

Vörös Péter és Laki Sándor

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai kar

Kapcsolat: {vopraai, lakis}@inf.elte.hu

Bevezetés

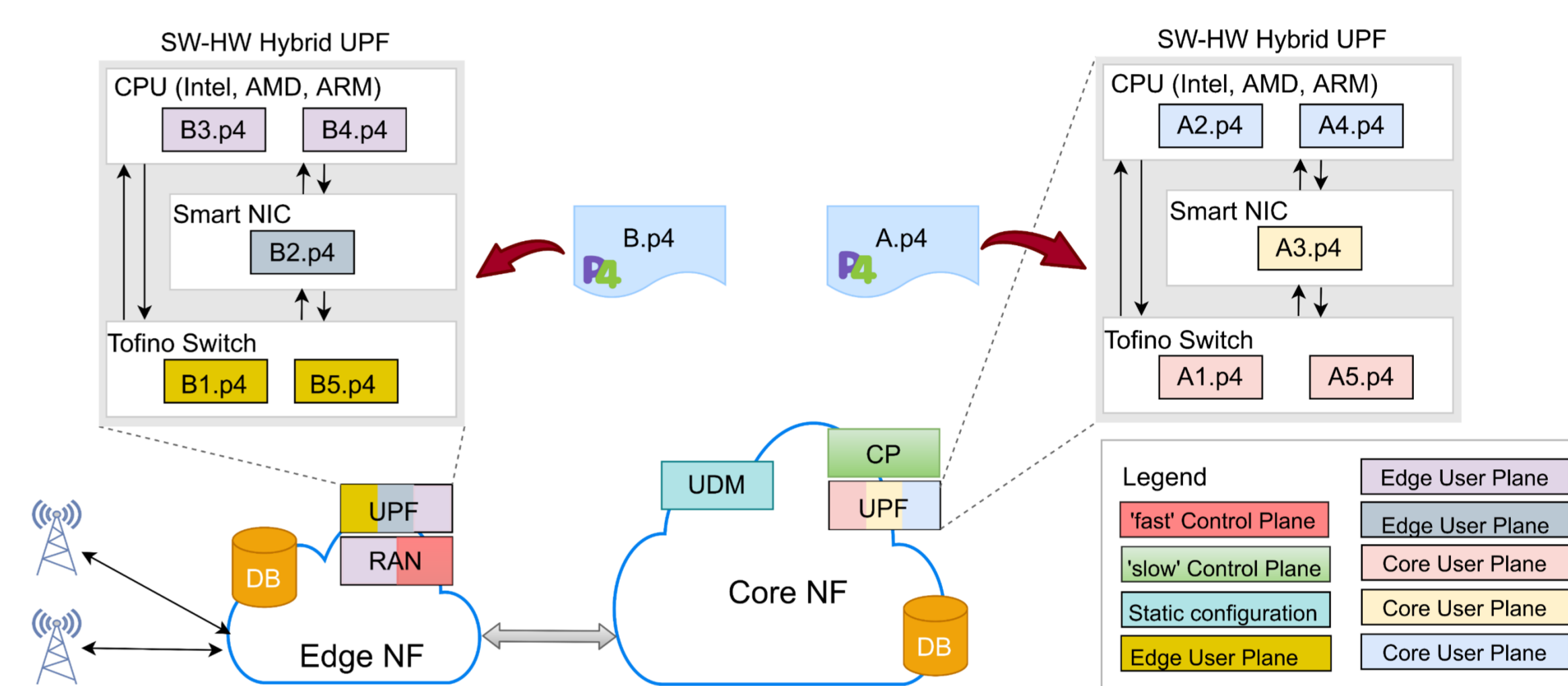
Az 5G/6G mobil hálózatokat számos új típusú alkalmazásra fel kell készíteni, amelyek a kiterjesztett valósághoz (AR), a virtuális valósághoz (VR), az IoT-hoz és az önvezető járművekhez kapcsolódnak. Ezen alkalmazások számos követelményt támasztanak a hálózattal szemben (pl. kis késleltetés, nagy sávszélesség, vagy ezek kombinációi). A mai hálózatokban ezen követelmények kezelése komoly tervezési és üzemeltetési kihívást jelent. A (P4) programozható csomagfeldolgozást támogató eszközök megjelenésével a hálózatok sokkal rugalmasabban átkonfigurálhatók a terhelés függvényében.

Probléma

A felhasználói adatforgalom teljesítménye (sávszélesség, késleltetés) veszélybe kerülhet, ha a kiszolgáló hálózati funkciók nem hatékony hardver vagy szoftver eszközön futnak. A P4 nyelv fejlesztői számos erőfeszítést tettek a különböző futtató platformok (hálózati ASIC, FPGA, CPU) egységes kezelésére, megkönnyítve olyan hibrid rendszerek kialakítását, amely terhelés és képességek alapján osztja el a hálózati funkciókat az eszközök között. A CPU-n futó P4 programok alapvetően magas szintű programozhatósággal és rugalmas skálázhatósággal bírnak, alacsony áteresztőképesség és késleltetés mellett. A hálózati ASIC esetében a teljesítmény magas lesz, bár a programozhatóság és az erőforrások korlátozottak. Az FPGA bizonyos esetekben képes nagyfokú programozhatóságot és teljesítményt is biztosítani egyszerre.

Általános modell

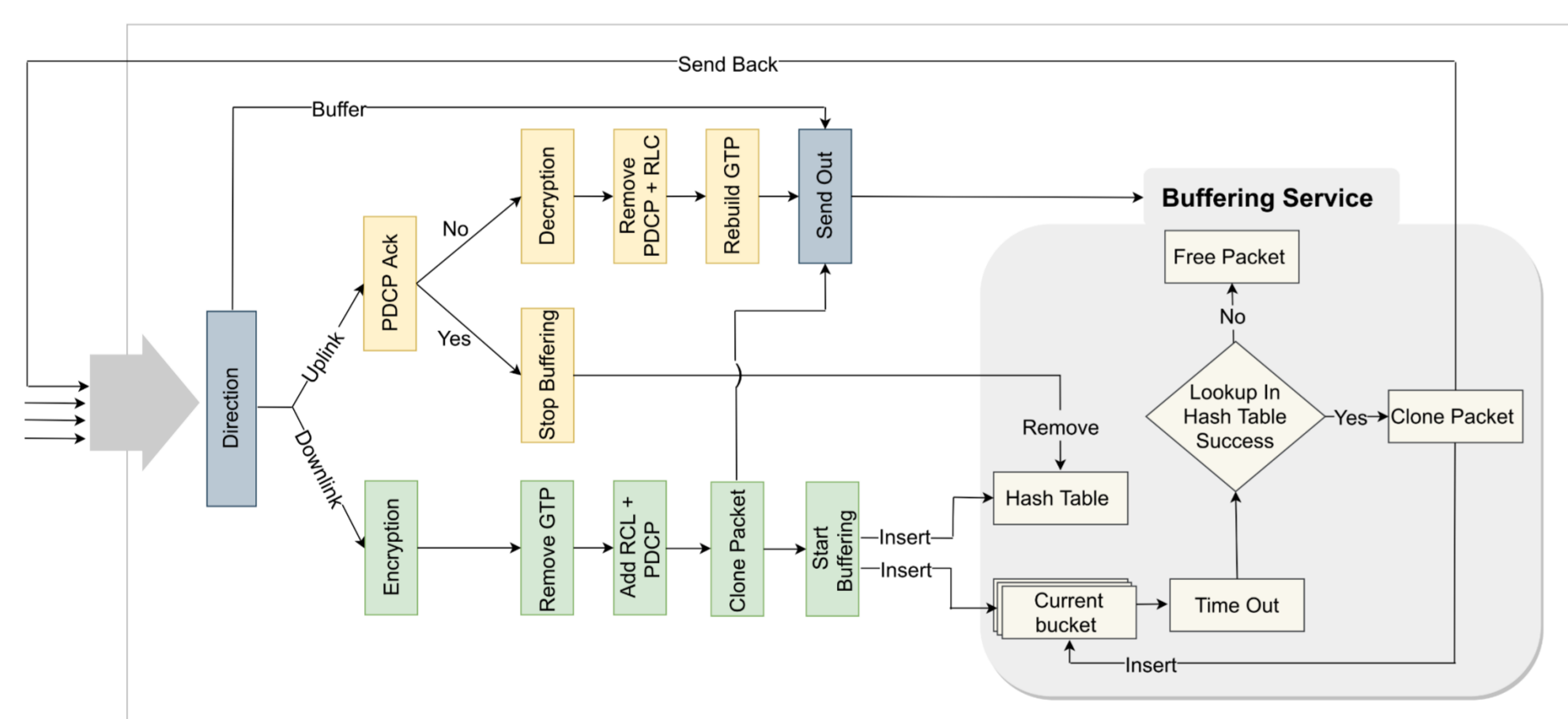
Az 1. ábra egy általános 5G mobilhálózatot szemléltet, ahol a hálózat egyetlen P4 programját szétbontjuk alprogramokra, melyeket különböző csomópontjain futtatunk. Például az A.p4 program öt alprogramra osztható: A1, A2, A3, A4 és A5. Az A2.p4 és A4.p4 a CPU-n fut, mivel magas fokú programozhatóságot igényelnek, kisebb várható terhelés mellett. Azok az alprogramok (A3.p4), amelyek nagy programozhatóságot, sok erőforrást és nagy átviteli teljesítményt igényelnek ún. SmartNIC-en futtathatók. Az 5G UPF azon funkcionálisai (azaz A1.p4 és A5.p4), amelyek korlátozott programozhatósággal és erőforrásokkal is végrehajthatóak, de nagyon nagy átvitelt igényelnek, futtathatók programozható hálózati ASIC-alapú switch-en.



1. ábra: Hibrid 5G User Plane Function (5G UPF)

Megoldás

Hibrid tervezési megközelítésre van szükség, ahol egyetlen P4 program alprogramjai különböző képességekkel bíró eszközökön futnak az általános teljesítmény és kihasználtság javítása érdekében.



2. ábra: Hibrid 5G gNodeB

Ipari és nemzetközi együttműködések

Ipari együttműködések: Ericsson

Nemzetközi együttműködések: University of Campinas (Brazília), Karlstad University (Svédország), Open Networking Foundation (USA)

Eredmények

[1] Vörös, Péter, Gergely Pongrácz, and Sándor Laki. "Towards a Hybrid Next Generation NodeB." Proceedings of the 3rd P4 Workshop in Europe. 2020. **Megjelent**

[2] J. Vestin, A. Kassler, S. Laki, G. Pongrácz. „Towards In-Network Event Detection and Filtering for Publish/Subscribe Communication using Programmable Data Planes”, IEEE Transactions on Network and Service Management (IEEE TNSM) (D1 folyóirat, IF: 5.93), Volume: 18, Issue: 1, Page(s): 415 - 428, March 2021. **Megjelent**

[3] Sándor Laki, Csaba Györgyi, József Pető, Péter Vörös, Geza Szabo. „In-Network Velocity Control of Industrial Robot Arms”, **Beküldött**

[4] Csaba Györgyi, Károly Kecskeméti, Péter Vörös, Géza Szabó, Sándor Laki. „In-network Solution for Network Traffic Reduction in Industrial Data Communication”, IEEE NetSoft 2021 **Elfogadott**

Valós használati esetek

Újgenerációs hibrid gNB [1]

Az 5G rádiós hálózatok két kulcsfontosságú rétegből állnak: a felhasználói sík funkciók (UPF) és az újgenerációs NodeB (gNB). A gNB olyan funkciókat igényel, mint az automatikus ismétlési kérelem (ARQ) és a titkosítás/visszaféjtés, amelyeket a piacon elérhető nagysebességű P4-programozható switch-ek nem támogatják. Ezen korlátok leküzdése érdekében egy hibrid megközelítést valósítottunk meg (2. ábra), ahol a csomagfeldolgozás nagy részét egy nagy sebességű P4-programozható switch (Intel/Barefoot Tofino ASIC) végzi, míg a további funkciókat a DPDK keretrendszerben megvalósított külső szolgáltatásokkal valósítottuk meg.

Ipari Internet alkalmazások [2,3,4]

A programozható adatsíkok ipari hálózatokban való alkalmazhatóságának vizsgálatához és gyakorlati előnyeinek szemléltetésére két felhasználási esetet valósítottunk meg. A 3. ábrán az látható, hogyan lehet a robotkarok idő kritikus vezérlési feladatait (pl. valós idejű sebességszabályozás) kiszervezni P4-ben programozható hálózati eszközre, melyek közel helyezkednek el a robotokhoz. Megmutattuk [2,3], hogy a programozható hálózatok a felhő robotika számos kihívására adhatnak megoldásokat. Egy másik felhasználásban [4] ipari hálózati forgalom 5G rádióon való átviteléhez dolgoztunk ki olyan megoldást, mely jelentősen csökkenti a redundáns adatátvitelt a vezeték nélküli csatornán. A módszer jobb spektrum hatékonyságot és kisebb energiafelhasználást ad.

