

5G-ICN : Memberikan Layanan ICN melalui 5G menggunakan Pemotongan Jaringan

Ravishankar Ravindran, Asit Chakraborti, Syed Obaid Amin, Aytac Azgin dan Guoqiang Wang

Pusat Penelitian Huawei, Santa Clara, CA, AS.

{ravi.ravindran, asit.chakraborti, obaid.amin, aytac.azgin, gq.wang}@huawei.com

ABSTRAK

Persyaratan 5G yang menantang – baik dari sudut pandang aplikasi maupun arsitektur – memotivasi kebutuhan untuk mengeksplorasi kelayakan pemberian layanan melalui arsitektur jaringan baru. Ketika 5G mengusulkan pembagian jaringan yang berpusat pada aplikasi, yang memungkinkan penggunaan bidang data baru yang dapat direalisasikan melalui infrastruktur komputasi, penyimpanan, dan transportasi yang dapat diprogram, kami mempertimbangkan Jaringan Berpusat pada Informasi (ICN) sebagai kandidat arsitektur jaringan untuk mewujudkan tujuan 5G. Hal ini dapat berdampingan dengan layanan IP end-to-end yang ditawarkan saat ini. Untuk mencapai hal ini, pertama-tama kami mengusulkan arsitektur 5G-ICN dan membandingkan manfaatnya (yaitu, layanan inovatif yang ditawarkan dengan memanfaatkan fitur ICN) hingga arsitektur seluler berbasis 3GPP saat ini. Kami kemudian memperkenalkan kerangka kerja umum berbasis aplikasi yang menekankan pada fleksibilitas yang diberikan oleh Network Function Virtualization (NFV) dan Software Defined Networking (SDN) yang dapat mewujudkan 5G-ICN. Kami secara khusus berfokus pada isu bagaimana mobilitas sebagai layanan (MaaS) dapat direalisasikan sebagai bagian dari 5G-ICN, dan memberikan gambaran mendalam mengenai penyediaan sumber daya serta saling ketergantungan dan koordinasi di antara fungsi 5G-ICN. irisan untuk memenuhi tujuan MaaS.

1. PERKENALAN

Faktor pendorong utama 5G, yang telah dijelaskan dalam [1], meliputi: (i) dukungan untuk perangkat dan layanan Internet-of-things (IoT) berdensitas tinggi dengan persyaratan end-to-end yang sangat ketat (misalnya, latensi 1 – 10ms); (ii) dukungan untuk throughput yang sangat tinggi, dengan rata-rata 50Mbps di semua kondisi perkotaan, dan mencapai puncaknya pada 1 – 10Gbps dalam kondisi ideal; (iii) dukungan untuk kelas layanan baru yang terdiri dari aplikasi sentuhan yang secara bersamaan membawa persyaratan latensi rendah dan keandalan tinggi. Oleh karena itu, pembeda signifikan yang dicari operator dalam 5G adalah transisi menuju infrastruktur yang berpusat pada layanan yang juga mampu menumbuhkan model bisnis baru antara operator dan penyedia over-the-top (OTT) yang populer. Faktor-faktor ini bersama dengan

¹Yang kami maksud dengan ini adalah infrastruktur yang dioperasikan secara top-down menggunakan manajemen, kontrol, dan bidang data yang sadar layanan.

pergeseran pola komunikasi dari menghubungkan host ke penyebaran informasi yang efisien [2] mempertimbangkan persyaratan keamanan dan mobilitas memotivasi kebutuhan untuk mengevaluasi arsitektur jaringan baru (selain jaringan IP yang saat ini diterapkan).

Upaya penelitian saat ini mengenai arsitektur jaringan 5G mengadopsi dua pandangan berbeda:

- Pandangan pertama, sebagaimana dipertimbangkan dalam [3], mengusulkan arsitektur 5G dengan fokus pada jaringan akses radio (RAN) yang berevolusi, sambil mempertahankan arsitektur jaringan inti 4G tetapi melalui infrastruktur berbasis NFV/SDN yang fleksibel. Namun, mengadopsi arsitektur jaringan 4G ke 5G juga berarti mewarisi kelemahan arsitektur IP saat ini, sehubungan dengan: (i) jaringan inti yang kompleks berdasarkan teknologi terowongan untuk mendukung mobilitas, (ii) tantangan keamanan yang menyebabkan biaya sinyal tinggi, (iii) kurangnya dukungan multihoming, (iv) infrastruktur jaringan yang tidak memanfaatkan ketangkasan sumber daya komputasi dan penyimpanan yang murah dalam infrastruktur transportasi.
- Pandangan kedua, sebagaimana dipertimbangkan oleh kelompok fokus 5G ITU FG-IMT2020 [4], yang mengakui persyaratan layanan yang heterogen, membahas manfaat arsitektur seperti Jaringan Berpusat Informasi (ICN) dengan dukungan bawaan untuk fitur-fitur seperti jaringan berbasis nama, penyimpanan, komputasi, keamanan, dan mobilitas. Hal ini dimungkinkan dalam 5G dengan usulan perangkat lunak jaringan dan kemampuan untuk membagi sumber daya transportasi, komputasi, dan penyimpanan mentah, di antara beberapa layanan [1]. Dalam konteks arsitektur 5G yang digerakkan oleh kerangka network slicing, ICN dapat direalisasikan sebagai sebuah irisan, di mana layanan dapat disampaikan.

Dalam artikel ini, dengan mengadopsi pandangan kedua, kami membahas arsitektur 5G-ICN berdasarkan kerangka NFV/SDN untuk mewujudkan platform layanan yang berpusat pada top-down, di mana platform penyampaian layanan berbasis ICN menjadi perpanjangan alami dari cloud ke dalam dunia teknologi. infrastruktur-

struktur. Hal ini dimungkinkan karena: (Saya)ICN memungkinkan virtualisasi komputasi, penyimpanan, dan jaringan pada platform yang sama, dan (ii)penyampaian layanan berbasis ICN dapat mengatur eksekusi logika layanan yang kompleks dengan penempatan fungsi layanan dan pemrosesan konten di ujung jaringan yang ekstrem (misalnya,Stasiun pangkalan) dan dapat diperluas ke utilitas komoditas (misalnya,tiang lampu atau lampu lalu lintas). Selain itu, karena ICN telah membuktikan kegunaannya dalam infrastruktur terbatas dan ad hoc [5, 6], ICN juga mewakili platform ideal untuk menghadirkan layanan IoT terpadu [7] melalui kerangka 5G. Kami memberikan contoh manfaat dari platform layanan tersebut dengan mempertimbangkan kasus penyampaian mobilitas sebagai layanan (MaaS) melalui infrastruktur terprogram yang terkonvergensi yang memungkinkan pemotongan jaringan.

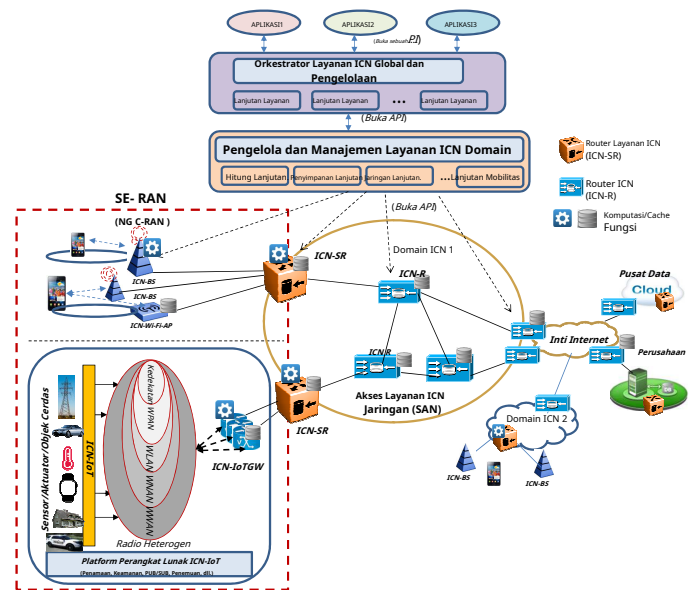
Bagian selebihnya diuraikan sebagai berikut. Bagian 2 memberikan pengenalan singkat tentang ICN, diikuti dengan diskusi tentang arsitektur 5G-ICN di Bagian 3, dengan fokus mengakomodasi layanan dan aplikasi IoT dengan kebutuhan bandwidth tinggi. Di sini, kami menjelaskan fitur-fitur yang diaktifkan oleh arsitektur ini dengan mempertimbangkan sistem 3GPP saat ini, dan berbagai skenario penerapan 5G-ICN. Bagian 4 memperkenalkan kerangka kerja pembagian jaringan yang digeneralisasikan, yang melaluinya layanan IP dan 5G-ICN dapat disalurkan. Di Bagian 5, kami menyajikan studi kasus penggunaan untuk mewujudkan arsitektur 5G-ICN melalui kerangka kerja network slicing, di mana kami membahas bagaimana mobilitas sebagai layanan (MaaS) dapat direalisasikan. Kami menekankan pada cara mem-bootstrap jaringan ICN dan bagian layanan yang berbeda serta interaksinya untuk mencapai tujuan MaaS. Kami menyajikan komentar terakhir kami di Bagian 6.

2. JARINGAN YANG BERPUSAT INFORMASI

Jaringan Berpusat pada Informasi (ICN) [2] adalah hasil dari berbagai penelitian arsitektur jaringan masa depan yang dilakukan di berbagai belahan dunia yang memungkinkan fitur-fitur seperti: (Saya)jaringan sumber daya berbasis nama yang terkait dengan konten, layanan, perangkat, dan domain jaringan; (ii)transportasi tanpa sesi melalui resolusi nama per-hop (dari sumber daya yang diminta), yang juga memungkinkan fitur-fitur yang ditargetkan 5G seperti mobilitas, multicasting, dan multi-homing; (aku aku aku) mengeksploitasi sumber daya penyimpanan komputasi tertanam transportasi yang dapat divirtualisasikan di antara layanan heterogen; (iv)keamanan lapisan jaringan, yang memungkinkan seseorang untuk mengautentikasi permintaan pengguna dan objek konten yang dikembalikan, sehingga memungkinkan penyimpanan cache dan komputasi yang tidak bergantung pada lokasi seperti yang diinginkan oleh aplikasi ICN dan penyedia infrastruktur; (di dalam)kesesuaian untuk lingkungan IoT berbasis ad hoc dan infrastruktur, di mana sifat aplikasi IoT yang berpusat pada informasi sesuai dengan apa yang ditawarkan oleh infrastruktur ICN.

Kami selanjutnya membahas ca-arsitektur 5G berbasis ICN.

kemampuan memanfaatkan fitur-fitur ini untuk mengaktifkan arsitektur jaringan berorientasi layanan.



Gambar 1: Arsitektur 5G-ICN.

3. ARSITEKTUR 5G-ICN

5G menghadirkan peluang besar untuk memperkenalkan arsitektur jaringan baru guna memenuhi kebutuhan layanan yang sulit dipenuhi dengan jaringan IP saat ini. Kebutuhan akan arsitektur jaringan baru dapat dibenarkan berdasarkan manfaat penting berikut:

(Saya)untuk mengatasi masalah memiliki satu protokol yang dapat menangani mobilitas dan keamanan dibandingkan memiliki beragam protokol 3GPP berbasis IP (seperti yang terjadi pada sistem seluler saat ini), (ii)untuk berfungsi sebagai platform pemersatu dengan API L3 yang sama untuk mengintegrasikan radio heterogen (seperti Wifi, LTE, 3G) dan antarmuka kabel di mana perangkat dan layanan terhubung ke jaringan, dan (aku aku aku)untuk menyatukan komputasi, penyimpanan, dan jaringan melalui satu platform, yang meningkatkan fleksibilitas dalam mengaktifkan logika layanan tervirtualisasi dan fungsi caching di mana pun dalam jaringan (terutama untuk segmen akses). Semua manfaat ini dapat dicapai oleh arsitektur 5G berbasis ICN (yaitu,5G-ICN).

Dalam bidang data, 5G-ICN mampu mewujudkan arsitektur datar tanpa gateway khusus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, di mana aplikasi dan perangkat mencari konektivitas melalui RAN ke gateway ICN (menghasilkan RAN atau SE-RAN yang mendukung layanan dan co. -terletak dengan implementasi cloud RAN maka disebut sebagai cloud RAN generasi berikutnya atau NG-RAN). Pada Gambar 1, kami menyebut router edge ICN sebagai router layanan ICN (ICN-SR), karena node ini dilengkapi dengan sumber daya komputasi, penyimpanan, dan bandwidth tambahan untuk dibagikan antar layanan. Kemampuan ICN yang melekat (seperti caching dan komputasi dalam jaringan, dan multi-homing

fitur) memungkinkan 5G-ICN secara alami menawarkan dukungan untuk aplikasi bandwidth tinggi. Demikian pula, kesesuaian ICN untuk mendukung aplikasi IoT [8] (karena eksploitasi, misalnya, penamaan, komunikasi perangkat-ke-perangkat, jaringan kontekstual, dan fitur self-X seperti konfigurasi, manajemen, dan penyembuhan) memungkinkan layanan IoT untuk mendukung aplikasi IoT. dikirimkan secara efisien menggunakan infrastruktur protokol yang sama. Segmen 5G-ICN untuk layanan IoT dapat didukung dengan fungsi layanan middleware terdistribusi melalui fitur ICN (seperti penemuan perangkat dan layanan, penamaan, pemrosesan konteks, dan layanan pub/sub) yang diperlukan untuk sistem IoT.

Dalam bidang kontrol dan layanan, mengingat persyaratan jaringan berorientasi layanan seperti yang dinyatakan oleh [1], 5G-ICN secara alami cocok untuk virtualisasi layanan melalui orkestrator layanan global. Hal ini dapat diwujudkan melalui bidang layanan yang terpusat secara logis, yang mengabstraksi sumber daya dari orkestrator tingkat domain yang memantau, mengelola, dan mengabstraksi sumber daya infrastruktur ICN dalam setiap domain. Untuk mendukung virtualisasi data plane, kami mempertimbangkan untuk berbagi sumber daya cache, komputasi, dan jaringan dalam router ICN di antara beberapa layanan menggunakan virtualisasi komputasi seperti fungsi jaringan virtual (VNF)², kerangka kerja P4 [9], atau partisi logis dari router ICN fisik atau perangkat lunak (mirip dengan teknologi VPN melalui IP saat ini).

Selain itu, 5G-ICN dapat memenuhi beberapa persyaratan, yang tidak ada dalam arsitektur jaringan seluler saat ini seperti LTE [10], dan ini termasuk:

Penamaan: Aplikasi saat ini menggabungkan alamat IP sebagai pengidentifikasi, sehingga menjadi sulit untuk mendukung mobilitas sesi atau mencapai multihoming dalam arsitektur IP. Berbeda dengan ini, aplikasi ICN mengikat nama persisten yang digunakan untuk mengidentifikasi host, konten, atau layanan. Penamaan sumber daya mengisolasi aplikasi dari segala jenis mobilitas host atau bahkan mobilitas layanan, karena lapisan ICN menangani pemetaan dari pengidentifikasi aplikasi lapisan tinggi ke pencari lokasi. ICN mengizinkan berbagai skema penamaan yang berpusat pada aplikasi, seperti skema yang dapat dibaca manusia, tersertifikasi mandiri, atau hybrid. Nama yang tersertifikasi sendiri menawarkan properti lain yang diinginkan, yaitu otentikasi host, layanan, perangkat, atau konten dengan biaya pensinyalan minimal. Keadaan tersebut dapat dikelola di BS untuk mengotentikasi transmisi upstream atau downstream.

Mobilitas: Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, ICN memungkinkan arsitektur datar, di mana mobilitas dapat ditangani oleh node point-of-attachment (PoA), yang dalam arsitektur kami dapat berupa stasiun pangkalan ICN (ICN-BS) atau node ICN-SR mengintegrasikan beberapa radio. Di sisi lain, mobilitas di LTE [10] ditangani secara ortogonal

seperangkat protokol. Khususnya, di LTE, status terowongan pembawa per pengguna dibuat antara LTE-BS (eNodeB) dan Evolved Packet Core (EPC) yang berisi Service Gateway (S-GW) dan gateway PDN (P-GW), melalui yang merupakan terowongan lalu lintas masuk/keluar UE, saat UE melakukan handover dari satu eNodeB ke eNodeB lainnya. Karena jumlah status terowongan yang diperlukan untuk menangani mobilitas di bidang data sebanding dengan jumlah UE, overhead sinyal meningkat seiring dengan dinamika host.

Keamanan: Dalam sistem LTE saat ini, biasanya diperlukan waktu 60 ms bagi perangkat untuk beralih dari keadaan diam ke keadaan aktif sebelum mengirim atau menerima data apa pun [11], yang sebagian besar disebabkan oleh otentikasi UE dan pensinyalan jalur pembawa – antara eNodeB, S-GW dan P-GW untuk lalu lintas UE. Dalam kasus ICN, API aplikasi untuk Lalu Lintas Minat/Data³ mengikat informasi identitas untuk mengaktifkan fitur keamanan seperti integritas konten dan validasi asal. Primitif yang terkait dengan lalu lintas ICN juga dapat dikontekstualisasikan dengan atribut keamanan tambahan seperti identitas perangkat atau pengguna, yang dapat dikenakan verifikasi keamanan dalam jaringan.

Keandalan: Fitur-fitur yang secara inheren ditawarkan oleh ICN, seperti operasi store-and-forward tanpa sesi, resolusi nama per-hop⁴, kontrol kemacetan per-hop, multihoming, caching yang direplikasi, dan perutean multi-jalur, memungkinkan pemulihan yang cepat dan mudah dari skenario kemacetan atau kegagalan tautan dengan cara yang tidak dapat dicapai dengan jaringan IP.

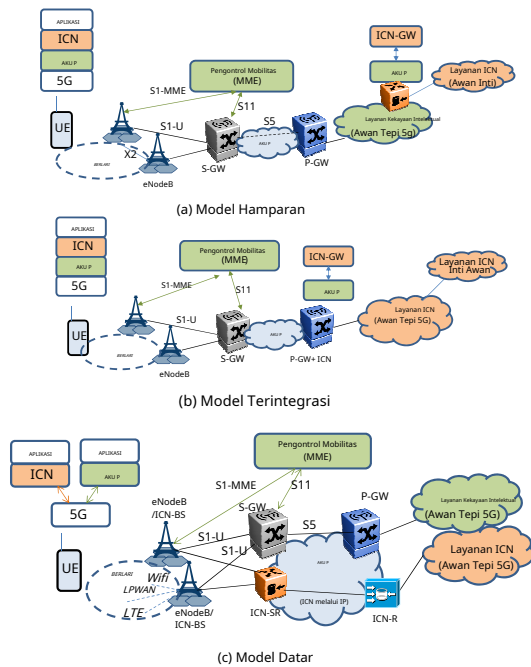
Efisiensi: ICN menawarkan efisiensi di setiap tingkat, mulai dari bidang data hingga bidang kontrol dan manajemen. Efisiensi bidang data dicapai melalui replikasi komputasi, caching, dan penyimpanan dalam jaringan, sehingga mengurangi biaya yang terkait dengan penggunaan bandwidth, penyimpanan, dan komputasi upstream. Efisiensi bidang kendali dicapai melalui jaringan berbasis nama yang memungkinkan berbagai mode teknik bidang kendali berdasarkan lingkungan jaringan, seperti mekanisme banjir dalam kasus komunikasi perangkat-ke-perangkat untuk skenario ad hoc, atau memanfaatkan mekanisme perutean tradisional untuk mengaktifkan unicast, multicast atau anycast dalam infrastruktur. Efisiensi bidang manajemen dicapai melalui beberapa fitur Self-X yang disediakan ICN, seperti kontrol kemacetan perhop, perutean multi-jalur, dan overhead minimal untuk bootstrapping.

Komunikasi Kontekstual: API ICN pada dasarnya berpusat pada layanan dan dikontekstualisasikan. Misalnya, konsumen dapat membuat permintaan konten menggunakan metadata kontekstual opsional (yaitu, lokasi, perangkat, atau kekritisan permintaan atau respons informasi), yang kemudian dapat diproses dalam jaringan di router ICN

²Fungsi jaringan virtual adalah mesin virtual (VM) atau kontainer yang diperlukan untuk mendukung fungsi logis tertentu dari jaringan seperti penerusan IP/ICN, pemrosesan RAN fronthaul/backhaul, dan fungsi middlebox umum.

³Perhatikan bahwa, primitif Interest/Data adalah milik CCN/NDN [12], namun mirip dengan protokol ICN lainnya seperti MobilityFirst [13].

⁴Hal ini berlaku untuk Minat dan Data.



Gambar 2: Model penerapan ICN.

atau melalui fungsi layanan virtual (VSF) yang dilapissuntuk diproses lebih lanjut. Dengan demikian, permintaan kontekstual ini dapat dipenuhi di tepi jaringan, yang dapat meningkatkan QoE UE untuk memenuhi tujuan layanan.

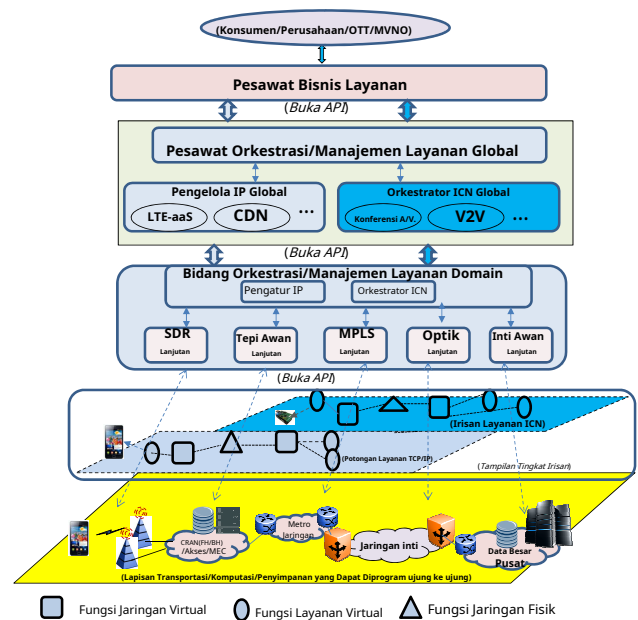
3.1 Model Penerapan 5G-ICN

Kami mempertimbangkan tiga kemungkinan skenario penerapan 5G-ICN, yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan dibahas selanjutnya dengan menggunakan arsitektur LTE [14] sebagai referensi.

Model Hamparanditunjukkan pada Gambar 2(a), di mana ICN menjadi layanan overlay pada infrastruktur IP saat ini. Meski di-overlay, ICN tetap dapat diwujudkan sebagai platform layanan yang dikelola oleh operator, sekaligus menawarkan manfaat caching dan komputasi melalui infrastruktur edge dan core cloud (yang dapat melayani geografi regional yang luas).

Model Terintegraseditunjukkan pada Gambar 2(b), di mana ICN terintegrasi erat dengan infrastruktur jaringan seluler inti. Model ini mengasumsikan bidang kontrol dan manajemen eksplisit untuk menyampaikan PDU ICN dari UE melalui 5G ke P-GW, yang menjadi host router ICN. Oleh karena itu, untuk potongan layanan ICN, aliran layanan ICN dapat memilih rute ke P-GW ICN yang berbeda berdasarkan kebutuhan layanan. Dalam skenario ini, mobilitas ditangani oleh protokol dasar 5G, namun manfaat caching dan komputasi didistribusikan dalam infrastruktur inti dan lebih dekat ke UE. Dalam model ini saluran ICN dapat diaktifkan menggunakan kontrol yang sama dan

sFungsi layanan virtualbertanggung jawab untuk melaksanakan (Saya) logika layanan spesifik yang terkait dengan layanan, atau (ii) yang umum untuk membantu penemuan layanan dan layanan penamaan.



Gambar 3: Kerangka pemotongan jaringan.

infrastruktur sinyal LTE.

Model Dataditunjukkan pada Gambar 2(c), yang mana arsitektur 5G-ICN (dibahas di Bagian 3) diintegrasikan dalam jaringan untuk memanfaatkan semua manfaat yang ditawarkan oleh 5G-ICN. Karena ICN mengintegrasikan keamanan dan mobilitas tanpa jangkar, protokol overlay lainnya tidak diperlukan dalam infrastruktur ICN. Meskipun fungsi kontrol seperti MME, Home Subscriber Service (HSS) atau Policy and Charging Rule Functions (PCRF) diperlukan, fungsi tersebut dapat disesuaikan dengan jaringan ICN setelah memperhitungkan fitur yang diaktifkan oleh ICN di lapisan jaringan.

Dengan pandangan arsitektur 5G-ICN di atas, kami membahas bagaimana 5G-ICN dapat direalisasikan dalam kerangka kerja yang mampu menawarkan layanan pemotongan jaringan.

4. ARSITEKTUR PENGIRIS JARINGAN

Memotong jaringan 5G secara end-to-end, yang mencakup beberapa domain teknologi dan mencakup peralatan pengguna (UE)sumber daya, bertujuan untuk mendukung beragam aplikasi dengan kebutuhan layanan berbeda (misalnya,latensi, bandwidth, dan keandalan) menggunakan kumpulan sumber daya umum yang terdiri dari sumber daya komputasi, penyimpanan, dan bandwidth. Gambar 3 menunjukkan arsitektur pemotongan jaringan umum dengan kemampuan untuk membuat potongan layanan IP dan 5G-ICN. Kerangka kerja ini memiliki lima bidang fungsional (FP) berikut:

FP1 -Pesawat Bisnis Layananmembentuk antarmuka antara pengguna layanan 5G eksternal dan infrastruktur lunak yang membantu mewujudkan konektivitas dan layanan yang berpusat pada pengguna secara dinamis.FP1 memperlihatkan berbagai API layanan, yang mampu dimiliki jaringan

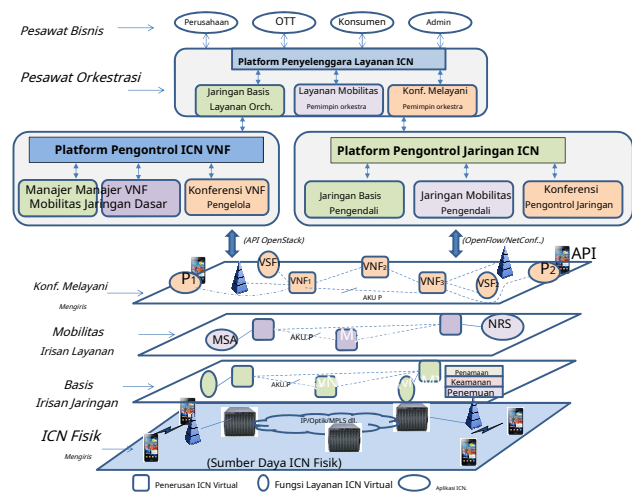
penyampaian melalui model niat formal, bersama dengan fungsi manajemen dan pemantauan layanan. API bidang bisnis dapat direalisasikan sebagai bahasa abstraksi tingkat tinggi, yang melaluinya layanan mengekspresikan, (Saya)apa yang ingin dicapainya dan (ii)layanan jaringan yang diperlukan untuk mencapainya. Misalnya, masukan layanan dapat mencakup jenis layanan, pola permintaan, dan persyaratan SLA/QoS/QoE dan layanan jaringan seperti keterjangkauan, keamanan, mobilitas, multicasting, dan penyimpanan.FP1mengubah persyaratan ini menjadi model informasi dan data seperti yang disyaratkan olehFP2.

FP2 -Pesawat Orkestrasi dan Manajemen Layanan,setelah menerima permintaan layanan dariFP1– dengan informasi eksplisit mengenai batas sempit yang digunakan untuk penyampaian layanan – mengkomunikasikan persyaratan layanan kepada masing-masing orkestrator layanan global IP/ ICN untuk pelaksanaannya.

FP3 -Penyelenggara Global IP/ICNmewujudkan layanan IP dan ICN, dengan memanfaatkan irisan yang sudah ada (jika diperlukan). Pada Gambar 3, orkestrator layanan IP dan ICN dipisahkan secara logis, karena jaringan dan layanan beroperasi pada data, kontrol, dan API bidang layanan yang berbeda.FP3antarmuka dengan pengontrol domain untuk memvirtualisasikan komputasi, penyimpanan, dan sumber daya jaringan untuk memenuhi persyaratan layanan, dengan bantuan fungsi berikut: (Saya)menerjemahkan persyaratan layanan ke persyaratan sumber daya di bidang data, dan mengidentifikasi VNF/VSF berbeda yang diperlukan untuk mendukung layanan yang diberikan, sekaligus menghasilkan konteks irisan untuk layanan, kontrol, dan manajemen bidang data; (ii)memantau sumber daya komputasi, penyimpanan, dan jaringan di edge dan core cloud, serta segmen transportasi; (iii)aku aku aku)menjaga pandangan abstrak dari sumber daya fisik (topologi) dan pemetaannya dalam konteks beberapa irisan; (iv) berinteraksi dengan pengontrol domain khusus teknologi (in FP4),untuk menegakkan aturan yang ditentukan oleh orkestrasi layanan; (di dalam)menangani manajemen siklus hidup global VNF/VSF, manajemen kegagalan, dan keandalan jaringan berdasarkan persyaratan perjanjian lapisan layanan (SLA).

FP4 -Orkestrasi dan Manajemen Layanan Domain mendukung orkestrasi layanan IP dan ICN dalam domain. Karena segmen jaringan end-to-end akan terdiri dari beberapa domain dengan teknologi berbeda, mulai dari 4G/5G RAN hingga domain transport Optik/MPLS, dan dari edge hingga sumber daya cloud pusat, masing-masing domain ini akan diatur oleh domain lokalnya sendiri. pengontrol jaringan, komputasi, dan penyimpanan. Pengontrol ICN direalisasikan sebagai sub-pengendali di domain terkait ICN. Fungsi seperti manajemen SLA irisan domain, siklus hidup VNF/VSF, manajemen kegagalan juga ditangani oleh pengontrol domain berkoordinasi denganFP3fungsi.

6Dalam kasus ICN, sumber daya komputasi dan penyimpanan menjadi bagian dari infrastruktur



Gambar 4: Realisasi mobilitas sebagai layanan.

FP5 -Bidang Infrastrukturdidistribusikan di antara beberapa domain dan dikelola olehFP4,memungkinkan aturan layanan secara end-to-end, mencakup UE, RAN dan jaringan akses, segmen transportasi heterogen, edge dan cloud pusat.

Dalam konteks aliran IP/ICN yang multipleks, pesawat pengangkut harus dapat membedakan aliran-aliran ini untuk memberikan jaminan sumber daya yang sesuai. Dalam kasus ICN, diferensiasi layanan tingkat aliran yang lebih baik bergantung pada kemampuan jaringan untuk memahami primitif ICN (yaitu,aliran berbasis nama, sumber daya untuk mengelola status multicast, penerusan permintaan dan kebijakan manajemen cache yang ditentukan perangkat lunak, komputasi dalam jaringan dan aturan pemrosesan konteks, dan, kebijakan manajemen QoS dan antrean).

Radio yang ditentukan perangkat lunak (SDR) memungkinkan realisasi lapisan MAC/PHY yang fleksibel dan elastis untuk melayani beragam layanan, seperti IoT berdaya rendah dan aplikasi video bandwidth tinggi. Berbagai fungsi middlebox, data plane, kontrol dan layanan dapat direalisasikan melalui infrastruktur generik Intel-x86 dalam bentuk VNF/VSF. Bidang data dapat didasarkan pada hamparan jaringan virtual atau perangkat keras yang dapat diprogram secara mendalam berdasarkan teknologi P4 atau OpenFlow ke aliran layanan IP/ ICN multipleks untuk mencapai isolasi QoS dan peralihan kecepatan jalur. Kemampuan program UE memungkinkan pemetaan aliran IP/ICN,misalnyamenggunakan saklar virtual host, ke irisan radio yang sesuai dan kemudian menyerahkan aliran layanan di Stasiun Pangkalan (BS) ke irisan layanan yang sesuai.

Setelah membahas secara luas tentang kerangka kerja network slicing yang mampu memberikan layanan IP dan ICN, selanjutnya kami membahas realisasi layanan mobilitas-asa-sebagai potongan 5G-ICN dan interaksi fungsionalnya dengan potongan layanan 5G-ICN lainnya.

7Hal ini mencakup beberapa permintaan pengguna untuk konten yang sama, atau mengirimkan konten ke beberapa penerima.

5. MOBILITAS SEBAGAI LAYANAN 5G-ICN

Pada bagian ini, sebagai studi kasus dalam mewujudkan 5G-ICN dalam kerangka network slicing, kami membahas mobilitas sebagai layanan (MaaS) dan bagaimana irisan layanan lain dapat menggunakan API yang diekspos oleh MaaS untuk mengaktifkan layanan mobilitas ke entitas dinamisnya. Kami mempertimbangkan tujuan MaaS berikut:

- Mobilitas berdasarkan permintaan memungkinkan nama ICN untuk didaftarkan secara dinamis (dibatalkan) untuk layanan mobilitas, dan ketika didaftarkan, semua aliran untuk nama tersebut diberikan dukungan mobilitas.
- Gangguan sesi minimal diperlukan untuk memberikan dukungan mobilitas yang lancar pada aliran layanan dalam suatu irisan jaringan mobilitas, ketika UE anggota berpindah dari satu PoA ke PoA lainnya dalam irisan yang sama.

Meskipun detail spesifik penanganan mobilitas di ICN berbeda-beda tergantung protokolnya, namun prinsip umumnya tetap sama, yaitu, memisahkan pengikatan nama aplikasi dari alamat jaringan, yang juga disebut sebagai fitur pemisahan ID/Locator dan pengikatan akhir [15] yang memungkinkan ICN PoA mengalihkan aliran ke PoA baru UE secara dinamis.

Untuk studi kasus ini, kami berasumsi jaringan ICN direalisasikan sebagai sekumpulan entitas virtual, seperti menggunakan aWadahteknologi, oleh karena itu status dalam penerus ICN virtual hanya terdiri dari status layanan seperti item yang di-cache dan status keterjangkauan nama yang hanya tersisa selama masa pakai instance irisan virtual.

5.1 Operasi MaaS

Kami menunjukkan keseluruhan arsitektur yang mengaktifkan MaaS, yang dapat dimanfaatkan oleh setiap potongan layanan, pada Gambar 4. Arsitektur ini didasarkan pada diskusi yang diberikan di Bagian 4. Aplikasi yang kami asumsikan adalah layanan konferensi video, di mana para peserta bergabung dalam konferensi secara acak dan dapat meminta konten audio/video/teks dari pihak lain yang diinginkan secara dinamis. Di sini, pengontrol layanan global dan domain, VNF/VSF dari setiap layanan mengekspos API yang sesuai yang dapat digunakan satu sama lain untuk mencapai tujuan layanan. Kami selanjutnya menjelaskan bagaimana MaaS direalisasikan dengan mempertimbangkan berbagai tahap penyediaan irisan dan interaksi antar irisan yang berbeda:

Langkah 1 - Bootstrap irisan jaringan dasar: Untuk mendukung virtualisasi layanan ICN, pertama-tama, kita perlu melakukan bootstrap pada fungsi layanan yang memungkinkan aplikasi UE menemukan dan memberi nama layanan, menyediakan fungsi keamanan, dan menghubungkannya ke gateway layanan yang sesuai. Kami menyebutnya sebagai Base Network Slice, yang dikelola oleh Base Network Slice VNF Orchestrator. Konektivitas ICN dari layanan ini berada di antara berbagai VNF⁸ dan UE dikelola oleh Base Network Slice Controller.

⁸VNF di sini adalah penerus ICN virtual.

Langkah 2 - Bootstrap irisan jaringan mobilitas: Saat layanan mobilitas di-bootstrap oleh Mobility Service Orchestrator, dua fungsi layanan penting diaktifkan di potongan yang sesuai: (i) Agen Layanan Mobilitas (MSA), yang memaparkan API untuk resolusi nama, dan (ii) Layanan Resolusi Nama (NRS), yang memetakan nama terdaftar ke pencari lokasi terkait di jaringan. Untuk entitas di luar domain, kami berasumsi NRS memiliki API untuk resolusi antar-domain. Karena NRS merupakan komponen yang sangat penting, komputasi mobilitas dan pengontrol jaringan harus memastikan ketersediaan yang tinggi untuk layanan ini (lihat Mobility Network Slice pada Gambar 4).

Langkah 3 - Membuat potongan konferensi video: Sebagai pemicu eksternal untuk instance konferensi video yang tiba dari bidang bisnis ke Conference Service Orchestrator, ia memetakan persyaratan konferensi (yaitu, informasi lokasi, jumlah peserta di lokasi fisik, jenis perangkat, dll.) ke ICN VNF dan VSF dengan sumber daya komputasi, cache, dan bandwidth yang sesuai untuk mengelola beban lalu lintas yang diharapkan. Manajer VNF Layanan Konferensi menyediakan rangkaian penerus ICN virtual dan fungsi layanan yang diminta untuk mendukung sesi konferensi. Conference Network Controller mengelola konektivitas antara penerus virtual dan fungsi layanan, serta memetakan peserta yang datang secara dinamis dan permintaan mereka ke VNF yang sesuai untuk penyeimbangan beban. Selain itu, aturan penerusan yang sesuai dimasukkan ke dalam instans VNF untuk menangani aliran layanan (lihat Conference Service Slice pada Gambar 4).

Langkah 4 - bootstrap aplikasi UE: Aplikasi ICN di UE menemukan layanan yang akan dihubungkan, melalui API terkenal yang tersedia untuk penemuan layanan (yang disediakan oleh Base Network Service Slice). Penemuan ini mengakibatkan aplikasi menerima nama, kunci, dan informasi kepercayaan, serta menyambung ke gateway irisan yang sesuai di irisan konferensi. Misalnya, pada Gambar 4, contoh aplikasi UE, P1, terhubung ke gerbang VNF1 ketika UE bergabung dalam sesi konferensi.

Langkah 5 - Mengaktifkan mobilitas dinamis: Asumsikan bahwa pemicu eksternal dari bidang bisnis meminta layanan mobilitas untuk peserta dalam contoh potongan konferensi tertentu. Permintaan ini pertama kali diterima oleh Conference Service Orchestrator, yang memanggil API layanan yang disediakan oleh Mobility Service Orchestrator yang meneruskan permintaan ke Mobility Network Controller, yang menetapkan status kebijakan yang sesuai (bergantung pada protokol ICN tertentu) di MSA dan NRS dalam potongan jaringan mobilitas. Pada saat yang sama, Conference Service Orchestrator memicu Conference Network Controller untuk mendaftarkan entitas bernama seluler dari irisan tersebut ke NRS. Pengontrol Jaringan Konferensi mengonfigurasi penerus virtual ICN untuk menjalankan fungsi resolusi guna menangani aliran ICN yang terikat

untuk nama ponsel ini. Singkatnya, untuk permintaan ICN yang masuk, permintaan resolusi dari potongan konferensi diteruskan ke fungsi MSA di potongan jaringan mobilitas, yang kemudian memanggil NRS untuk resolusi ke lokasi peserta seluler saat ini.

Langkah 6 - Menangani mobilitas yang lancar: Mekanisme pengikatan terlambat (misalnya, [15] untuk NDN) dapat digunakan oleh bagian konferensi di bidang data untuk menangani mobilitas peserta yang lancar dan untuk meminimalkan gangguan sesi untuk sesi suara/video yang ditangani oleh bagian konferensi.

Perhatikan bahwa, mirip dengan skenario di atas, layanan mobilitas dapat dinonaktifkan atau diaktifkan oleh pemicu di bidang bisnis pada bagian layanan mana pun.

6. KESIMPULAN

Dalam artikel ini, kami mengeksplorasi kemungkinan mewujudkan arsitektur jaringan masa depan, seperti ICN, di bawah kerangka network slicing yang diusulkan untuk 5G. Kami berpendapat bahwa, meskipun ICN menyederhanakan arsitektur jaringan, hal ini dapat membantu memenuhi tujuan layanan yang heterogen dengan memanfaatkan beberapa fitur ICN yang diinginkan. Kami memeriksa potensi arsitektur 5G-ICN, menjelaskan fitur-fitur yang dimungkinkannya dan kemungkinan model penerapannya. Terakhir, kami mempelajari bagaimana Mobility-as-a-Service dapat diaktifkan secara dinamis sebagai bagian layanan dengan mempertimbangkan kerangka kerja 5G-ICN dan bagaimana bagian layanan lain dapat memanfaatkannya secara dinamis.

7. REFERENSI

- [1] Buku Putih NGMN 5G. [tautan]: https://www.ngmn.org/uploads/media/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf, 2015.
- [2] G. Xylomenos, dkk. Sebuah survei penelitian jaringan yang berpusat pada informasi. *Tutorial Survei Komunikasi IEEE*, 16(2):1024–1049, Kedua 2014.
- [3] H. Droste, dkk. Arsitektur metis 5g: Ringkasan pekerjaan metis pada arsitektur 5g. Di dalam *Konferensi Teknologi Kendaraan ke-81 IEEE 2015 (VTC Spring)*, halaman 1–5, Mei 2015.
- [4] ITU FG-IMT 2020, Persyaratan Standardisasi Jaringan untuk 5G. [tautan]: <http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/imt-2020/Documents/T13-SG13-151130-TD-PLN-0208!!MSW-E.docx>, 2015.
- [5] Emmanuel Baccelli, dkk. Jaringan yang berpusat pada informasi di iot: Eksperimen dengan ndn di alam liar. Di dalam *Prosiding Konferensi Internasional Pertama tentang Jaringan Berpusat pada Informasi*, ICN '14, halaman 77–86, New York, NY, AS, 2014. ACM.
- [6] G. Grassi, dkk. Vanet melalui jaringan data bernama. Di dalam *Workshop Komunikasi Komputer (INFOCOM WKSHPs)*, *Konferensi IEEE 2014 pada*, halaman 410–415, April 2014.
- [7] Yanyong Zhang, dkk. Persyaratan dan tantangan untuk iot over icn. Di dalam *draft-zhang-icnrg-icniot-requirements-01.txt*, *IETF/IRTF/ICNrg*, 2016.
- [8] Yanyong Zhang, dkk. Arsitektur berbasis ICN untuk iot. Di dalam *draft-zhang-icnrg-icniot-architecture-00.txt*, *IETF/IRTF/ICNrg*, 2016.
- [9] Pat Bosshart, dkk. P4: Pemrograman pemroses paket yang tidak bergantung pada protokol. *Komputasi SIGCOMM. Komunitas Putaran.*, 44(3):87–95, Juli 2014.
- [10] 3GPP-LTE. spesifikasi 3gpp lte. Di dalam <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36-series.htm>, 2008.
- [11] D. Singhal, dkk. Lte-advanced: Analisis waktu interupsi serah terima untuk evaluasi imt-a. Di dalam *Teknologi Pemrosesan Sinyal, Komunikasi, Komputasi dan Jaringan (ICSCCN)*, *Konferensi Internasional 2011 tentang*, halaman 81–85, Juli 2011.
- [12] Van Jacobson, dkk. Jaringan bernama konten. Di dalam *Prosiding konferensi internasional ke-5 tentang eksperimen dan teknologi jaringan yang sedang berkembang*, CoNEXT '09, halaman 1–12, New York, NY, AS, 2009. ACM.
- [13] Arun Venkatramani, dkk. Mobilityfirst: Arsitektur internet yang berpusat pada mobilitas dan dapat dipercaya. Di dalam *ACM Sigcomm CCR, Volume 44, Nomor 3*, 2014.
- [14] K. Dimou, dkk. Serah terima dalam 3gpp LTE: Prinsip dan kinerja desain. Di dalam *Konferensi Teknologi Kendaraan Musim Gugur (VTC 2009- Musim Gugur)*, *IEEE ke-70 2009*, halaman 1–5, September 2009.
- [15] Aytac Azgin, Ravishankar Ravindran, dan Guo-Qiang Wang. Arsitektur yang berpusat pada mobilitas dan dapat diskalakan untuk jaringan data bernama. Di dalam *ICCCN (Lokakarya Adegan)*, 2014.