

vEPCにおけるユーザープレーン制御の実現

塚越 努 佐伯 修一 寺田 純平 砂川 佑太 島本 裕志 井口 智仁

要 旨

SDN/NFVソリューションの実現に向けて、モバイルコアネットワーク装置のなかでは特にユーザーデータの転送処理を担う機能部分をいかにソフトウェアで実現するかが大きな課題となります。本稿では、高スループット・低レイテンシーといったテレコムネットワークの性能品質に着目して、従来専用ハードウェアを利用して実現していたユーザーデータ転送処理をソフトウェア処理で実現し、また仮想化環境上で運用するに当たっての技術課題と解決手段について紹介します。



NFV／ネットワーク機能仮想化／EPC／vEPC／モバイルコアネットワーク／DPDK／PCIバススルー／SR-IOV

1. はじめに

近年のモバイルトラフィックの急増や、IoT (Internet of Things) や OTT (Over The Top) サービスの成長を背景としたネットワークの利用用途の拡大・変化を受け、通信事業者は「設備リソースの柔軟な利用・運用」と「多様かつ迅速な通信サービスの提供・管理」をいかに実現するかという課題に直面しています。

SDN (Software-Defined Networking) /NFV (Network Functions Virtualization) は、従来は専用ハードウェアとソフトウェア、並びに計画的なネットワーク設計を前提としていたテレコムネットワークに対して、仮想化技術を用いて柔軟・効率的・高度な運用を可能とすることを企図して提案されました。

本稿ではNECのSDN/NFVソリューションのなかでも、モバイルデータ通信のコアネットワーク製品群であるvEPC (virtualized Evolved Packet Core) ソリューションを対象として、特にデータ転送処理で必要とされる性能要件 (高スループット、低レイテンシー) の観点に着目し、ソリューションを実現するに当たって生じた課題と解決手段・要素技術を紹介します。

2. 従来EPC製品の概要

2.1 EPCの概要

モバイルコアネットワークのアーキテクチャは標準化団体である3GPPの勧告で規定されており、例えばLTE回線を収容するEPC (Evolved Packet Core) ではMME (Mobility Management Entity)、S-GW (Serving Gateway)、P-GW (Packet data network Gateway) などの機能コンポーネント群から構成されています(図1)。これらのコンポーネント群により、モバイルコアネットワークはユーザー端末のアクセス要求・認証、モビリティ管理、ハンドオーバーなどのネットワーク制御処理(以下、コントロールプレーン制御)と、ユーザーデー

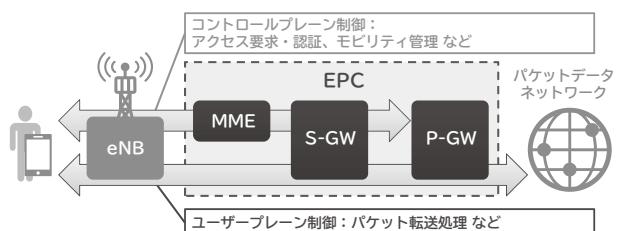


図1 3GPP標準アーキテクチャにおけるEPCのコアコンポーネント

タのパケット転送処理（ユーザープレーン制御）を実現しています。

EPCのコアコンポーネントを構成する装置は、テレコムネットワーク機器として、コントロールプレーン制御において大量のネットワーク制御要求を処理するとともに、ネットワーク全体で処理の遅延が発生しないように、低レイテンシーとレイテンシーの揺らぎを抑えることが求められます。また、ユーザープレーン制御（パケット転送処理、QoS（Quality of Service）制御など）においては、スループットやレイテンシーの点で、コントロールプレーン制御以上に高い性能が求められます。

2.2 従来技術（仮想化以前）での実現方式

従来、NECのEPC製品では上述のテレコムネットワークの性能要件を満たすため、コントロールプレーン制御処理の実装においては、CGL（Carrier Grade Linux）の採用や性能を意識したソフトウェア設計、メモリ制御の設計を通じて、必要とする性能要件を実現してきました。一方、更に高い性能が求められるユーザープレーン制御については、必要とされるスループットやレイテンシーを実現するために、専用ハードウェア（ネットワークプロセッサ、専用チップ）と対応する専用ドライバ・ライブラリを利用した実装方式とする必要がありました（図2）。

ユーザープレーン制御のなかでも、定型的な処理の繰り返しとなるパケット転送処理やQoS制御などは、高い性能が要求されます。これらの処理はネットワークプロセッサの機能を専用ドライバ/ライブラリを介して利用しFast Pathとして実装しています。また保守やコントロールプレーン連携の処理については、そこまで高い性能が求めら

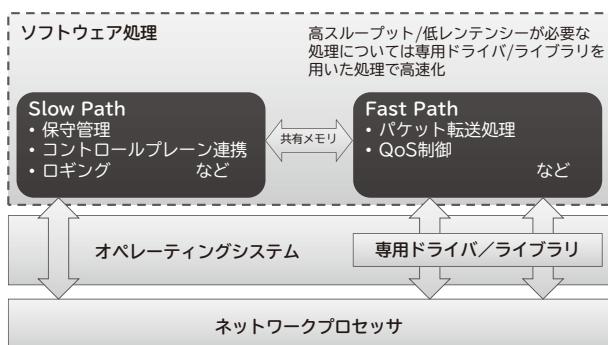


図2 ユーザープレーン制御部のシステムアーキテクチャ（従来）

れないため、汎用的な機能を利用したSlow Pathとして実装しています。

このように、従来技術に基づくユーザープレーン制御機能部の実装においては、結果的にソフトウェアとハードウェアが密結合のアーキテクチャとならざるを得ず、これがNFVの実現に当たっての課題となります。

3. EPC製品のNFV対応と要素技術

3.1 概要

テレコムネットワークの性能品質（高スループット、低レイテンシー）を維持してNFVを実現するには、2つの課題があります。まず専用ハードウェアで実装していた処理を汎用サーバ上のソフトウェアとして実現する必要があり、加えて仮想化環境のオーバーヘッドによる性能の劣化を抑えることも必要となります。

NECのvEPCソリューションでは、汎用的なIA（Intel Architecture）サーバ上の仮想化環境を前提として、DPDK（Data Plane Development Kit）やPCI（Peripheral Component Interconnect）バススルーラー、SR-IOV（Single Root I/O Virtualization）などの技術を利用して上述の課題を解決しています。以下、専用ハードウェア/ライブラリに基づく実装方式について、汎用サーバ上のソフトウェア実装方式に見直すに当たっての課題と解決手段を説明します。そのうえで、仮想化環境におけるオーバーヘッドを解消する技術について紹介します。

3.2 ソフトウェア実装による処理の実現とDPDK

vEPCでは、特に性能が要求されるパケット転送処理において、DPDK技術を用いることで、汎用サーバ上でも従来の専用ハードウェア/ライブラリを利用した処理性能と同等の性能水準を実現しています。

Intel Architecture CPUや一般的なNIC（Network Interface Card）を実装した汎用サーバ上で、ソフトウェアのみによってユーザープレーン制御の処理を実装するには、単純な実現手段としては一般的なLinuxのネットワークスタックとNICの標準ドライバとで実装することが考えられます（図3左）。しかしながら、この実装方式によるパケット送受信処理では、次の問題が発生します。

- ・送受信イベント発生ごとの割り込み処理
- ・デバイスとEPCソフトウェア処理間のパケット

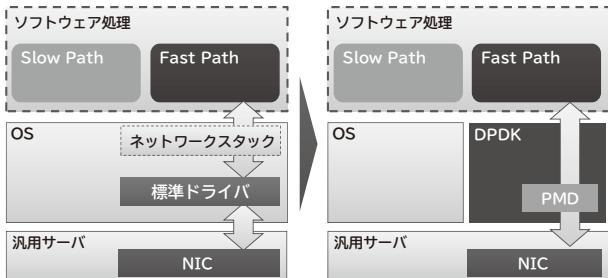


図3 DPDKを採用した際のソフトスタックの
イメージ図 (左:標準ドライバと右:DPDKの比較)

データの引き渡しにおける多数のメモリコピー
このため、割り込みによるオーバーヘッドや、多重のメモリコピーによる処理負荷と遅延が発生することになり、ユーザープレーン制御に対する要求性能を満たすことができなくなります。実際、この実装方式においては、ごく低いパケットトラフィックでも、バッファ溢れによるパケットロスが発生する結果となりました。

DPDKは、従来専用ハードウェアと専用ライブラリを用いて実現されていたパケットの高速処理を、汎用サーバ上で実現するための技術です。DPDKでは、Linuxの標準的なネットワークスタックのパケット処理と比較して、スループットの低下やレイテンシーの悪化を招く要因を回避するために、以下の対応により高速なパケット転送処理を実現しています（図3 右）。

- ・PMD (Poll Mode Driver) と呼ばれるポーリング方式のドライバを用いる
- ・不要なメモリコピーが発生しない様、ユーザープログラムとデバイスの間でデータを直接やりとりする

DPDKを用いてユーザープレーン制御処理を実装することで、専用ハードウェア/ライブラリを利用せず汎用のIAサーバ上でvEPCのユーザープレーン制御を実現することが可能となりました。

3.3 仮想マシン上の処理の実現と仮想化関連技術

一般的な手法で仮想化環境を構築する場合、ホストOSがQEMUなどのエミュレータにより、ゲストOSに仮想CPUや仮想NICを提供し、ゲストOS側では提供された仮想CPUや仮想NICを利用して処理を行います（図4）。

このような構成の場合、まずホストOS層における仮想

Switch の処理の段階で、標準 NIC ドライバやネットワークスタックによる処理の負荷・遅延が発生し、更に仮想 NIC のエミュレーション処理でもオーバーヘッドが発生します。加えて、ゲスト OS 側でも標準 NIC ドライバとネットワークスタックによる処理の負荷と遅延が発生することになります。したがって、仮想化環境上でソフトウェアによるユーザープレーン処理を実現するには、単純な汎用サーバ上で実現に比べ、ホスト層/ゲスト層の両方での課題の解決が必要となります。

解決手段としては、ゲスト層では第3章2節の説明と同様にDPDKによる実装方式を用い、ホスト層ではPCIバススルーを用いることで、仮想化によるオーバーヘッドを最小限にする方式が考えられます（図5）。

PCIバススルーでは、仮想化環境上の仮想マシンがホストのPCIデバイスを直接参照・制御できるように、CPUの仮想化支援機構を利用し、ゲスト層におけるI/O用物理アドレスと、ホスト層におけるI/O用物理アドレスのマッピングを解決しています。この結果、ホスト層における仮

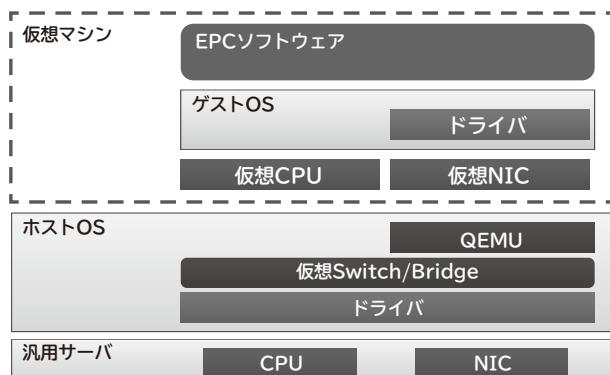


図4 一般的な仮想化構成を用いた場合のシステム構成

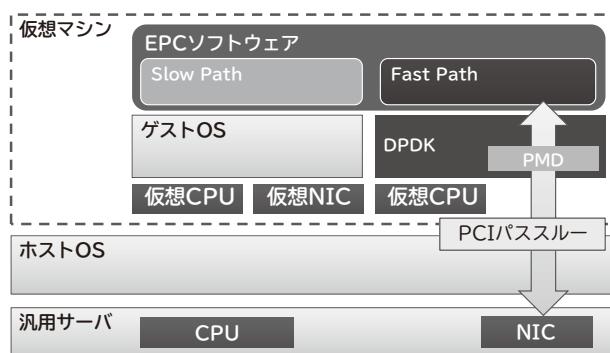


図5 PCIバススルー、DPDKを用いた構成

想Switch処理をスキップし、仮想NICのエミュレーション処理を取り除くことで、仮想化環境におけるホスト層の処理オーバーヘッドを抑えることができます。

またPCIバススルーを用いることにより、仮想マシン側で物理NICを直接制御することができるため、仮想マシン側のパケット送受信処理の実装方式としてDPDKを利用することができます。このようにして、NEC vEPCでは、仮想マシン上でも十分な性能を伴ってソフト処理によるユーザープレーン制御が実現できています。

ただし、PCIバススルーを利用した場合、対象のデバイスが該当仮想マシンに占有されることとなり、複数の仮想マシンの同時運用においては構成の柔軟性に欠けることとなります。この課題に対しては、SR-IOVという技術を利用することで解決しています。SR-IOVを利用すると、PCIデバイスを複数デバイスに仮想的に見せることができ、PCIバススルーと併用することで複数の仮想マシンから単一のNICを利用することが可能となります。

4. 今後の取り組み

NECのvEPCソリューションでは、上述のようにDPDKやPCIバススルー、SR-IOVの技術を利用することにより、ユーザープレーン制御をはじめとしたテレコムネットワークの性能要件を満たしながら、仮想化環境上の仮想マシン群としてEPC機能を構成することを実現しました。今後はシステム全体の管理・運用の柔軟性を向上させるため、vEPCの機能コンポーネント群としてのトポロジーの隠蔽、処理・管理データの分離やN-ACT構成の実現などの検討を進めていきます。この際、本稿で述べてきた高スループット、低レイテンシーといった性能要件のほか、ライフラインであることや課金情報の処理・管理の観点から求められる高度な可用性と強固な一貫性の両立といった、テレコムネットワークの要件・制約を留意した実現方式を検討することが重要となります。

5. まとめ

NFVの実現に当たり、テレコムネットワークのシステムとして求められる性能要件の観点からの課題と、解決に用いた要素技術を紹介しました。NECのvEPCソリューションは既に多数のPoC(Proof of Concept)と商用網で

の運用実績があり、ユーザープレーン制御をはじめとしたコアネットワークの処理機能が仮想化環境上で十分に動作することを実証しています。NECは今後もこれらの技術を活用・進展させ、通信事業者及びエンドユーザーへ更なる価値を提供していきます。

*LTEは、欧州電気通信標準協会(ETSI)の登録商標です。

*Linuxは、Linus Torvalds氏の日本及びその他の国における登録商標または商標です。

*Intelは、アメリカ合衆国及び/またはその他の国におけるIntel Corporationの商標です。

参考文献

- 1) 3GPP: 3GPP TS23.401, General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access

執筆者プロフィール

塚越 努

キャリアサービス事業部
部長

佐伯 修一

キャリアサービス事業部
マネージャー

寺田 純平

キャリアサービス事業部
主任

砂川 佑太

キャリアサービス事業部

島本 裕志

NEC通信システム
共通基盤開発本部
ソフトウェアエキスパート

井口 智仁

NEC通信システム
共通基盤開発本部
主任

関連URL

NEC、世界初 仮想化モバイルコアネットワークソリューションを発売

http://jpn.nec.com/press/201310/20131022_03.html

NEC、NTTドコモとモバイルコアネットワークの仮想化実証実験に成功

http://jpn.nec.com/press/201405/20140527_02.html

NEC技報のご案内

NEC技報の論文をご覧いただきありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.68 No.3 新たな価値創造を支えるテレコムキャリアソリューション特集

新たな価値創造を支えるテレコムキャリアソリューション特集によせて
変革期を迎えたテレコム産業に向けたNECのソリューション

◇特集論文

ネットワークに新たな価値を提供するSDN/NFVソリューション

SDN/NFVソリューション技術体系

ネットワークのインテリジェントな運用管理を実現するMANO技術

vEPCにおけるユーザー・プレーン制御の実現

付加価値の高いMVNOビジネスを支援するvMVNO-GW

通信事業者向け仮想化IMSソリューションへの取り組み

NFVで実現するIoTネットワーク

通信事業者向けトранSPORT SDNソリューション

通信事業者の収益向上を実現するトラフィック制御ソリューション(TMS)

トラフィック制御ソリューション(TMS)の要素技術

トラフィックの増大に対応するトランSPORTシステム

大規模データセンター向けOpenFlowイーサネットアブリック

増大するトラフィック対応に向けた10G-EPONの開発

大容量基幹ネットワークを支える要素技術とマルチレイヤ統合トランSPORT装置

光デジタルコヒーレント通信技術の開発

光海底ケーブルシステムを支える大容量光伝送技術

無線アクセスの高度化に対応するワイヤレスソリューション

ロシアでの通信事業者向けネットワーク最適化プロジェクト

サウジアラビアモバイル通信事業者向け大容量無線伝送システムを実現するIPASOLINKソリューション提案

世界最高の周波数利用効率を実現する超多値変調方式用位相雑音補償方式の開発

モバイル通信の高度化を支える高密度BDE

通信事業者向けICTソリューション

NEC Cloud Systemの競争力強化とOSSモデル構築SI技術への取り組み

会話解析ソリューションの通信事業者への適用

止まらないキャリアシステム開発への取り組み

通信事業者の業務を下支えするビッグデータ分析基盤

◇普通論文

セキュアな重複排除型マルチクラウドストレージ「Fortress」

◇NEC Information

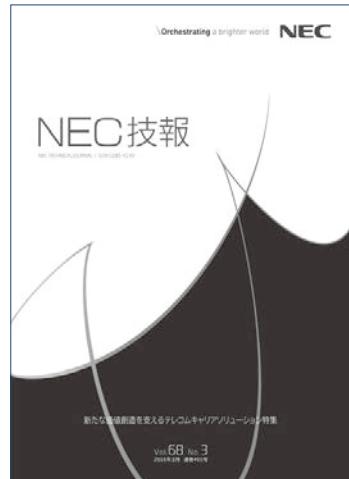
C&Cユーザーフォーラム&iEXPO2015 Orchestrating a brighter world

基調講演

展示会報告

NEWS

2015年度C&C賞表彰式開催



Vol.68 No.3
(2016年3月)

特集TOP