

# 知っておきたいキーワード

## コンテンツ指向ネットワーク

中里 秀則<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学 基幹理工学部 情報通信学科

"Information Centric Network" by Hidenori Nakazato (Department of Communications and Computer Engineering, School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University, Tokyo)

キーワード：コンテンツ指向ネットワーク, ICN, CCN, NDN

### コンテンツ指向ネットワークとは何か

インターネットでは、パケットという単位でメッセージの送受信が行われます。各パケットには、「IPアドレス」を付与してパケットの宛先を指定します。IPアドレスは、宛先のホスト（コンピュータ）に対して割当てられており、パケットはホストに向けて配送されます。

一方、一般のインターネットユーザがインターネットを利用するのは、情報、すなわちコンテンツを取得するためです。取得したいコンテンツを指定するために、ユーザはURLを指定します。URLからホストを指定する部分を取り出し、Domain Name Service (DNS) を使って、ホスト名をIPアドレスに変換します。パケットの宛先に、ホスト名から変換して得たIPアドレスを記入し、URLもパケットの内容に書込み、コンテンツ取得の要求をインターネットに送り出します。コンテンツ取得要求は、IPアドレスが指定するホストに送達されます。コンテンツ取得要求を受け取ったホストは、指定されたコンテンツを自ホスト内に探

し、もし見つければコンテンツを要求元に向けて返送します。しかし、コンテンツがなかった場合には、そこできらめ、別のホスト（URL）を指定して、はじめからやり直さなくてはなりません。

これはIPアドレスがホストに付与されている一方、ユーザが指定するのは欲しいコンテンツの名前であり、メッセージ配送に関わるアドレスの付与方針と、インターネットを使うユーザの意図に齟齬があるためです。

この齟齬を改め、メッセージを配送する宛先も情報そのものにしてというのがInformation Centric Network (ICN) です。ICNでは、コンテンツ名に対して要求がなされるので、コンテンツが存在するホストが変わっても目的のコンテンツに到達することができます（図1）。

ICNとしてはさまざまなものが提案されています。よく引用されるICNとして、PARCが提案し開発を進めているContent Centric Network (CCN)、元々はCCNと同じアーキテクチャとしてスタートし、現在はCCNとは別にUniversity of California, Los Angelesで開発を進めているNamed Data

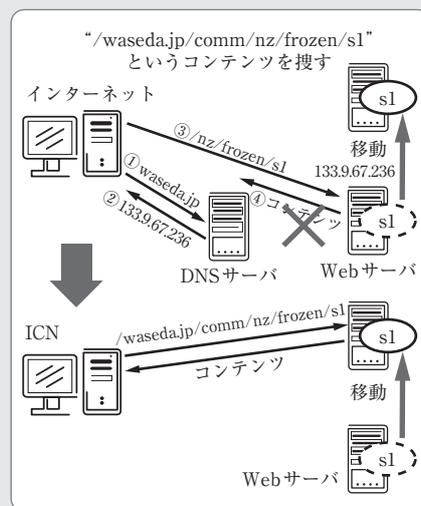


図1 ICNではコンテンツが移動しても発見できる

Network (NDN), EUのFramework Program 7のプロジェクトとして進められたPURSUITやNetwork of Information (NetInf)があります。日本では、ICNを指して「コンテンツ指向ネットワーク」と呼ばれる場合もありますが、英語ではCCNが存在するため、日本でいうところのコンテンツ指向ネットワークを指してInformation Centric Networkと呼ぶのが一般的です。

### Content Centric Network (CCN)

ここでは、ICNの例として、CCNについて、さらに詳細に紹介します。

CCNでのコミュニケーションでは、InterestとDataという二つのタイプのパケットが定義されています。CCNではユーザがコミュニケーションを主導し、何か情報を取得したいときに、Interestパケットを送信します。Interestパケットに指定された欲しい情報をもっているホストやルータ（以降、ホストとルータを合わせてノードと呼ぶ）がそのパケット受信すると、そのノードはDataパケットに要求された情報を入れて返送します。

ユーザが欲しい情報は、Interestパケットに記述する「コンテンツ名」によって指定します。コンテンツ名が、どのような情報であるかは、CCNと

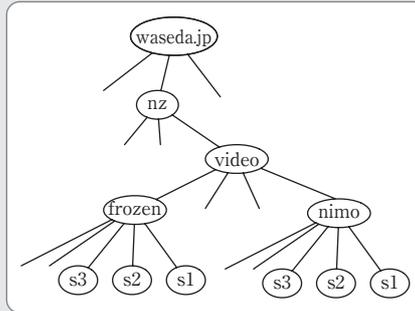


図2 名前の階層構成

しては感知しないところです。つまり、情報に付けられたコンテンツ名と、Interestパケットに記入するコンテンツ名が一致すれば、CCNとしてはどんな名前がついていても基本的には気にしません。ただし、コンテンツ名のフォーマットとしては階層的な構造をもつことを仮定しています(図2)。例えば、早稻田の中里研究室が作った

frozenという動画コンテンツは/waseda.jp/nz/frozen/s1というコンテンツ名がついているという具合です。この動画コンテンツは、もちろん大きなサイズのコンテンツなので、s1, s2, ... というように分割されています。/waseda.jp/nz/frozen/s1というコンテンツ名を指定されたInterestパケットは、/waseda.jp/nz/frozen/s1というコンテンツを保持するホストに転送されることになります。階層的なコンテンツ名を使うことにより、ルータがパケットを転送する先を決めるための情報を集約することができます。つまり、もし/waseda.jp/nz/video/nimoという動画コンテンツがあるとすると、パケットを転送する先の情報として/waseda.jp/nz/videoという、名前の先頭部分（以降、プレフィクスと呼ぶ）をもつInterestパケットの転送先がわかれば良いということになります。

### CCNルータ

CCNでは、コンテンツ名によるパケット転送を行うために、各ルータがForwarding Information Base (FIB), Pending Interest Table (PIT), Content Store (CS) という三つのデータ構造をもちます(図3)。

FIBはコンテンツ名に基づくInterestパケットの転送に使用するデータ構造です。FIBにはコンテンツ名のプレフィクスと、そのプレフィクスに一致したInterestパケットの転送方向のネットワークインタフェース（フェイスと呼ぶ）を示す情報の組が格納されます。PITはこのルータが受信したInterestパケットに呼応するDataパケットを返送するフェイスの情報を保持するために使用するデータ構造です。PITには、到着したInterestパケットのコンテンツ名と、そのInterestパケットを受信したフェイスの組を格納します。CSは、

CCNルータ

FIB	
プレフィクス	フェイス
⋮	⋮
/waseda.jp/nz	0.1
⋮	⋮

PIT	
コンテンツ名	フェイス
⋮	⋮
/waseda.jp/nz/video/s1	2.3
⋮	⋮

CS	
コンテンツ名	コンテンツ
⋮	⋮
/waseda.jp/nz/video/s1	.....
⋮	⋮

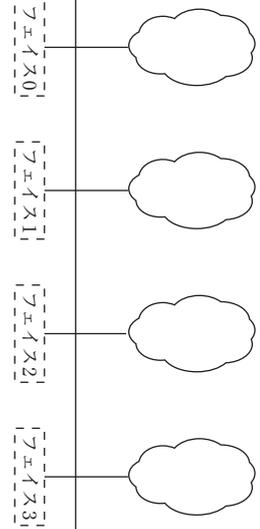


図3 CCNルータのもつデータ構造

Dataパケットによって返送されてきたコンテンツを一時的に記憶しておくデータ構造です。CSには、コンテン

ツ名とそのコンテンツそのものの組が保存されます。

### CCNルータでのパケット処理手順

CCNルータでのパケット処理手順を図4に示します。ルータは、Interestパケットを受け取ると、そのパケットに記載されたコンテンツ名を取出します。コンテンツ名と一致するコンテンツがCSに一時保存されているかをまず確認します。もしCSに保存されていれば、保存されているコンテンツを含むDataパケットを生成し、Interestパケットを受け取ったフェイスに返送し、Interestパケットを廃棄します。

CSに要求されたコンテンツがなければ、Interestパケットに記載されたコンテンツ名と、そのパケットを受け取ったフェイスをPITに保存し、Interestパケットの転送を行います。転送は、Interestパケットに含まれるコンテンツ名と最も長く一致するプレフィックスをFIB内を探し、そこに記されたフェイスにパケットを転送することによって行います。

FIBの指示に沿ってInterestパケットの転送は続き、最終的には指定されたコンテンツのあるホストが、そのコンテンツが一時保存されたCSをもつルータを受け取ります。Interestパケットに指定されたコンテンツのあるノードは、そのコンテンツを含むDataパケットを生成し、Interestパケットを受け取ったフェイスに向けて返送します。また、Interestパケットはここで廃棄されます。

ルータは、Interestに呼応したDataパケットが返送されてくると、PITを検索し、対応するコンテンツ名のフェ

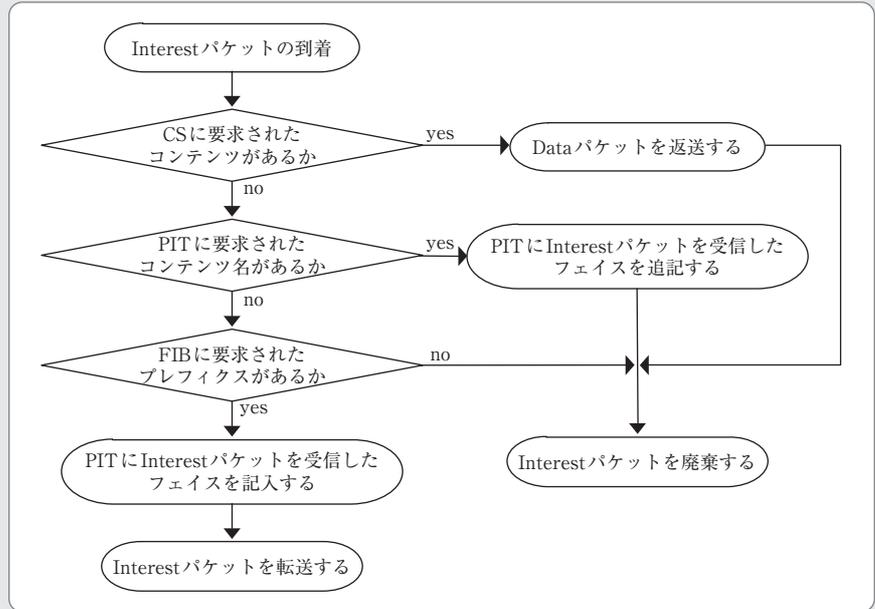


図4 パケット処理手順

イスを探し、そのフェイスに向けてDataパケットを転送します。そしてDataパケットを転送すると、呼応するPITに格納された情報は削除します。この仕組みにより、Interestパケットにその送り主の情報なくても、送り主までDataパケットを送り届けることができます。

Interestパケットを受け取ったルータが、Interestパケットに記載されたコンテンツ名をPITに保存しようとしたとき、すでに同一のコンテンツ名の情報がPITに保存されている可能性があります。これが起こるのは、複数のユーザが同一コンテンツを要求している場合です。この場合、PITに新たに同一のコンテンツ名をもつエントリを作成することはせず、新たにInterestパケットを受け取ったフェイスの情報のみを追加で保存します。受け取った

Interestパケットの転送は行わず、廃棄します。これはすでに同一コンテンツに対するInterestパケットの転送は行われているためです。このような場合、呼応するDataパケットを受け取ると、PITが複数のフェイスの情報を保存しているため、Dataパケットが複数のフェイスに向けて転送されます。

このようにCCNでは、CSがコンテンツを一時保存することによって、ホストまでInterestパケットを転送しないでも、途中のルータからその要求を満足できたり、あるいはPITを参照することによって、同一コンテンツを要求する複数のInterestパケットを送らないようにしたりと、ホストやネットワークの負荷を削減することができ、消費エネルギーの削減にもつながることが期待されています。

### むすび

本稿では、コンテンツ指向ネットワーク、およびその一つの例としてPARCが提唱した、Content Centric Network (CCN) について紹介しました。コンテンツ指向ネットワークが実用化されるためには、まだルーティングや管理などさまざまな構成要素について検討が必要です。今後の展開にご期待ください。

(2014年12月2日受付)



**中里 秀則** なかがと ひでのり 1982年、早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。同年、沖電気工業(株)入社。1993年、イリノイ大学大学院博士課程修了。同年、沖電気工業(株)復職。2000年、早稲田大学大学院国際情報通信研究科教授、現在、同大学基幹理工学部情報通信学科教授。分散処理システム、インターネットQoS、コンテンツ指向ネットワークの研究に従事。Ph.D.