

情報通信ネットワーク技術の現状と今後

2024年10月24日

坂野 寿和

波動工学研究所
株式会社国際電気通信基礎技術研究所

- はじめに -本講演を通してお伝えしたいこと-
- 自分および組織の紹介
- 情報通信ネットワークの全体概要
- 情報通信分野の最近の話題
- ディスカッション
- まとめ

- 本講演では、情報通信業界で特に重要な概念である「インターフェース」に着目して、情報通信ネットワークの概要、変遷、将来に向けたトレンドを紹介します。
- インターフェースとは、利用者とネットワークやネットワーク間の境界点のことです。
- インターフェースに着目して情報通信技術、業界を俯瞰することで、全体像の理解やその活用への道筋が得られやすくなります。



なぜインターフェースが重要？⇒ネットワークは構成要素が相互に接続されて初めて機能するため。

名前： 坂野 寿和

- 1987年：日本電信電話株式会社 (NTT) 入社

研究所にて光ファイバ通信、光信号処理、超高精細映像通信システム等の研究開発に従事。

- 2001年：NTTコミュニケーションズ株式会社

開発企画業務、国内バックボーンネットワーク(県間ネットワーク)の中長期戦略策定業務、次世代ネットワークの設計、構築業務に従事。

- 2008年：NTT未来ねっと研究所

フォトニックネットワーク、100Gデジタルコヒーレント光通信システム、耐災害ICTの研究開発に従事。

- 2015年～：株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR)

AI、ロボット、通信系ベンチャーへの投資ファンド運用、研究成果の事業化推進業務、無線通信系の研究開発に従事。

ATRのご紹介(1)

ATRは関西けいはんな地区にある情報通信の研究機関です。



ATRのご紹介(2)

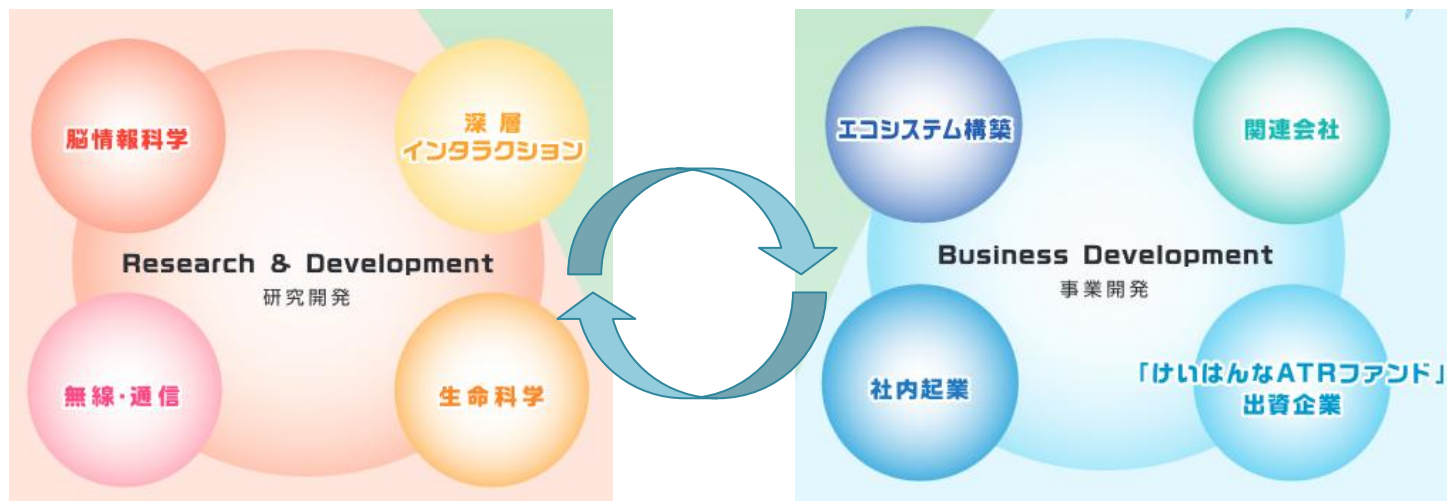
● 会社概要

設 立	1986年3月 ATR設立 1989年 現在の地に移転
資本金	1億円(資本剰余金 約219億円)
株主構成	NTT、KDDI始め110社
所在地	〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2 (けいはんな学研都市)
社員数	245名(再掲:研究者163名) 研究者の内訳:契約研究者 94%、出向者 4%、プロパー 2%、 海外研究者 13%(2024年4月1日現在)

● 主な役員

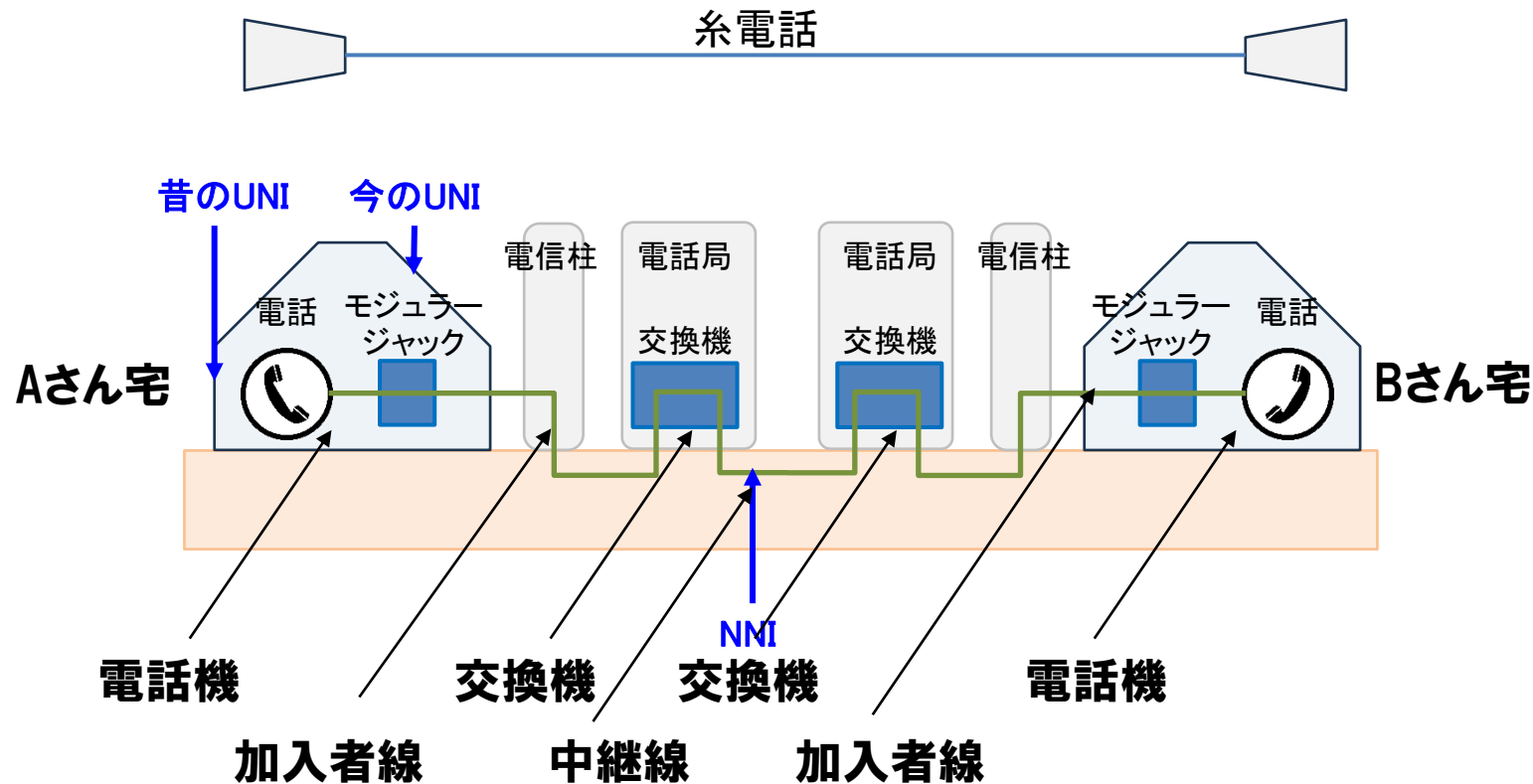
取 締 役 会 長	松 本 紘
代表取締役社長	浅 見 徹
代表取締役副社長	鈴 木 博 之
取 締 役 相 談 役	松 本 正 義

事業内容



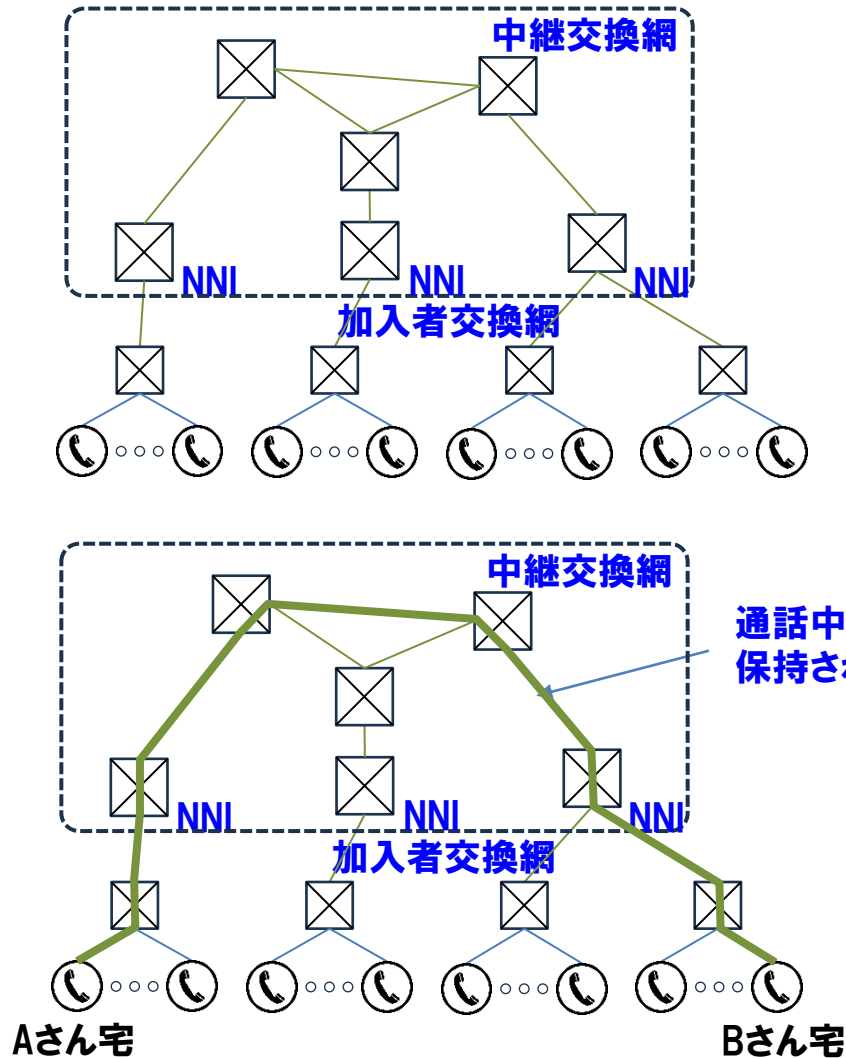
- 電話網とパケット交換網
- プロトコル階層モデル
- ~~NGN (Next Generation Network)~~

まずは通信の基本: 旧来の電話の話から



電話がつながるときの主な構成要素は上の図の通りです。ちょうど、Aさん宅の電話機とBさん宅の電話機が糸電話のように線でつながれて、その上を声が伝わっているような構造です。

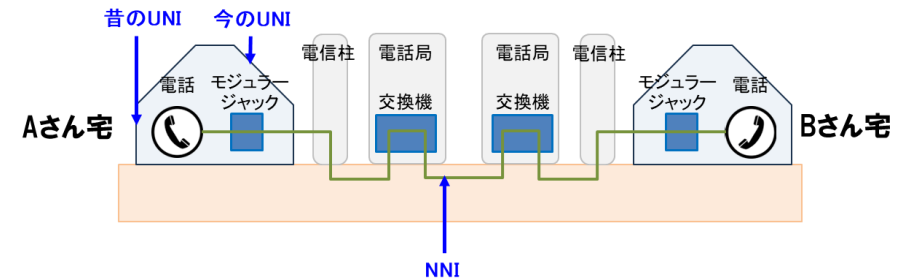
旧来の電話網における交換：回線交換方式



電話網における交換の特徴は、呼（受話器を上げること）が発生し通話が始まるまでの短時間に伝送路（線）が確保され、呼終了までその状態が経路上の交換機で保持されることです。

このように通話中は回線が保持される方式を“**回線交換方式**”と言います。

回線交換方式では、**ネットワーク内での情報の滞留はありません。**



現代のほぼ全ての通信網：パケット交換方式

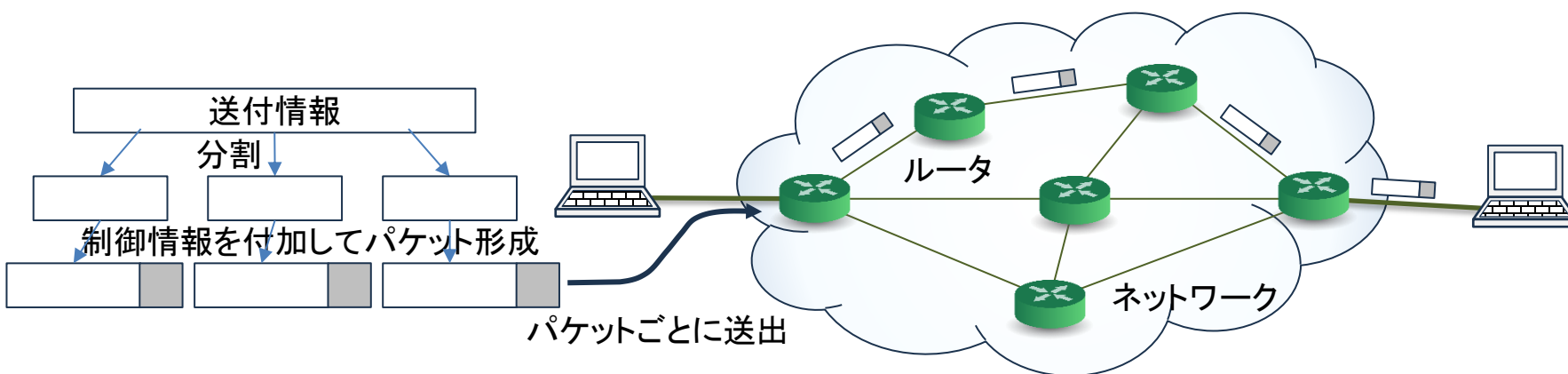
現代の電話網を含むほぼ全ての通信ネットワークでは、**パケット交換方式**という方式が使われています。

パケット交換方式では、コンピュータ間で通信するデジタル情報（ファイルとってください）を小分けされた情報の塊に区切り、それぞれに宛先情報などの制御情報を付加してパケット（情報の塊）を構成します。

パケット交換方式では電話交換機の代わりに**ルータと呼ばれる交換機能をもつ装置**が使われます。ルータでは入力された個々のパケットについて宛先を読み、宛先に応じて適切な方向にパケットを転送します。

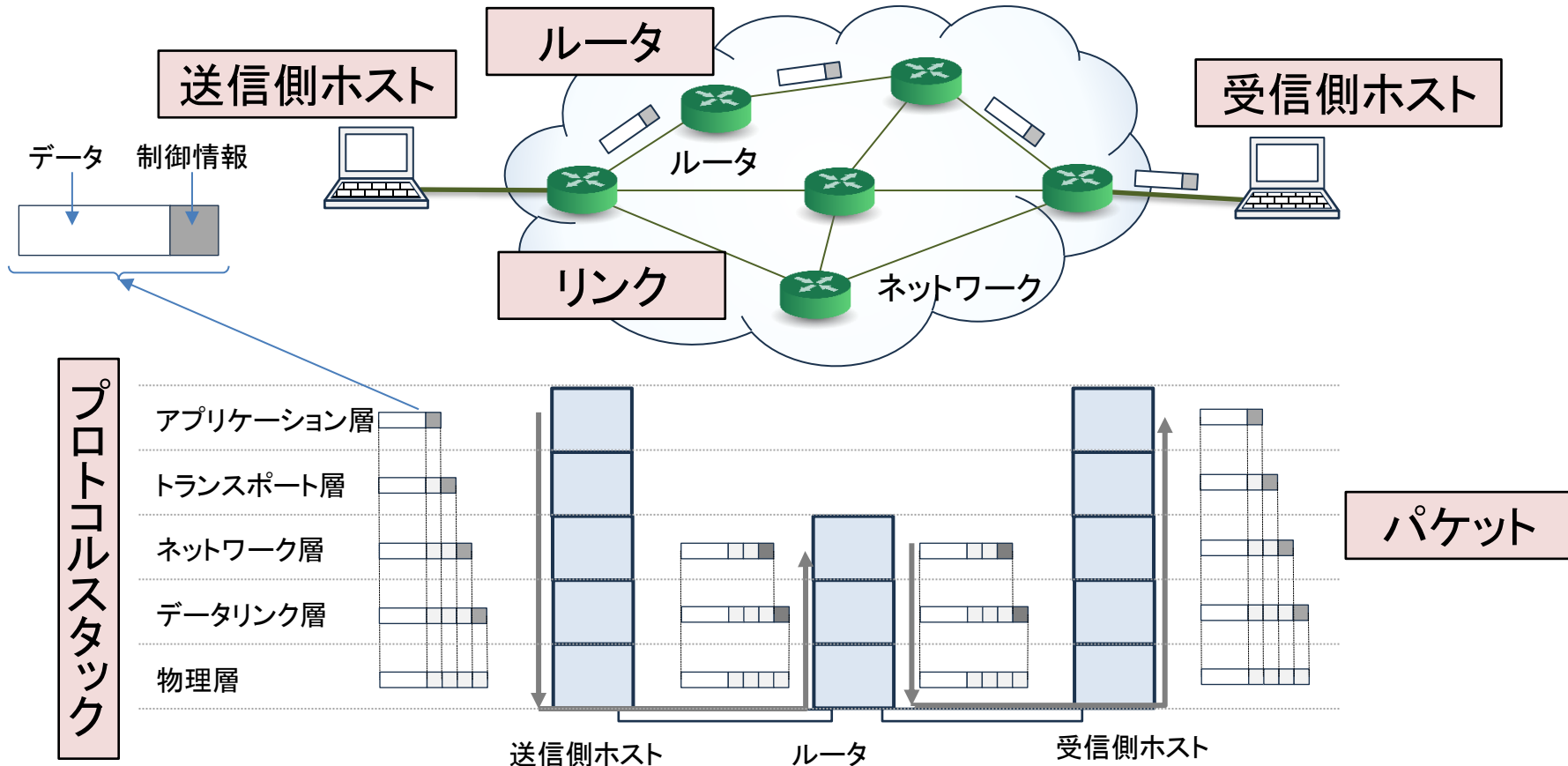
ルータ内ではすべての入力パケットは一旦メモリに格納され、制御情報に基づいて出力先が決定されてから読みだされて出力されます。（**ルータでは全ての情報は一時保存されます。**）

パケット交換方式は、インターネットのようにコンピュータ間の通信が間欠的な性質を持っていると、ネットワークが空いている時間帯には別の宛先のパケットを流し込むことができ、回線交換方式にくらべてネットワークを有効利用することができるのです。（**統計多重効果**）



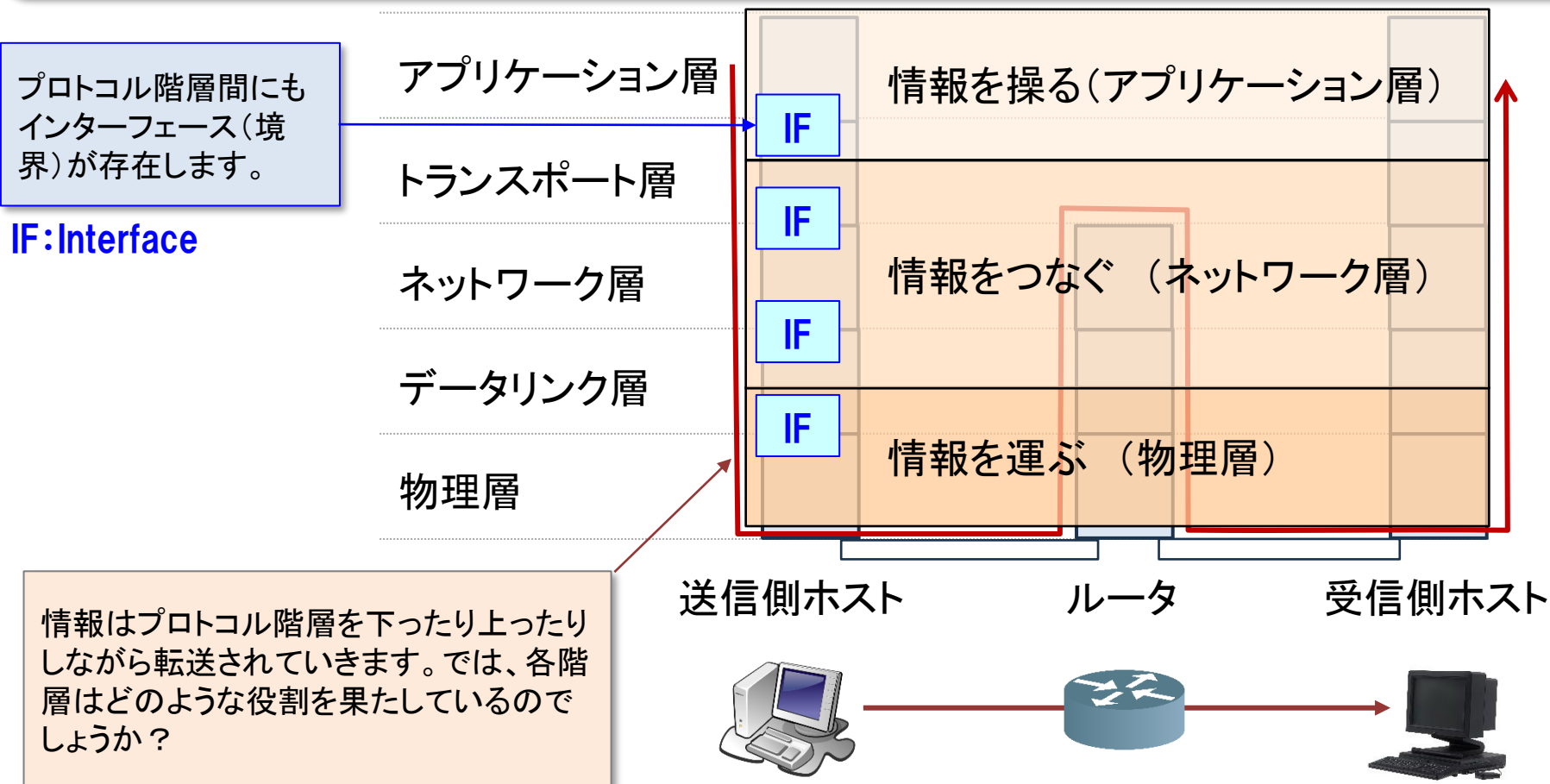
パケット交換網の構成要素とプロトコル階層モデル

パケットは、ネットワークの役割に応じて生成され、階層的な入れ子構造を持ちます。役割に応じたパケット制御方式(規約)をプロトコル、入れ子構造をプロトコル階層(スタック)と言ったりします。パケットは、ルーターを伝わって受信側コンピュータに届くまでに、プロトコル階層を上下しながら伝わっていきます。



TCP/IPにおける 5階層モデル

現在広く用いられているのは、TCP-IP5階層モデルです（OSI7階層モデルを簡略化したもの）。パケット化された情報は、ホスト（コンピュータ）、ルータ内でプロトコル階層を上ったり下ったりしながら転送されていきます。プロトコル階層の役割は大きく3つに分類できます。



TCP/IP5階層モデル 役割と代表的プロトコル

通常使われるプロトコル階層はTCP/IP5階層モデルと言われるものです。

階層の名称		代表的プロトコル名	実装機器
情報を操る (アプリケーション層)	アプリケーション層 ネットワークアプリケーション向け制御、規約	HTTPなど Hyper Text Transfer Protocol	コンピュータ、サーバ
	トランスポート層 再送や輻輳制御などパケットを確実に送るための機能	TCPなど Transmission Control Protocol	コンピュータ、サーバ
	ネットワーク層 パケットの経路を制御する機能	IP Internet Protocol	ルータ
情報をつなぐ (ネットワーク層)	データリンク層 LAN内等隣接する機器間でパケットをやり取りする機能	イーサネットなど	(L2) スイッチ
情報を運ぶ (物理層)	物理層 デジタルデータを転送する機能	光通信、無線通信など	伝送装置、無線基地局

主要ICTの機能

TCP/IP5階層モデル

日本国内のネットワーク構成 - 物理層・光通信網 - ATR

中継ネットワーク

- 全国ブロック間を相互接続

アグリゲーションネットワーク

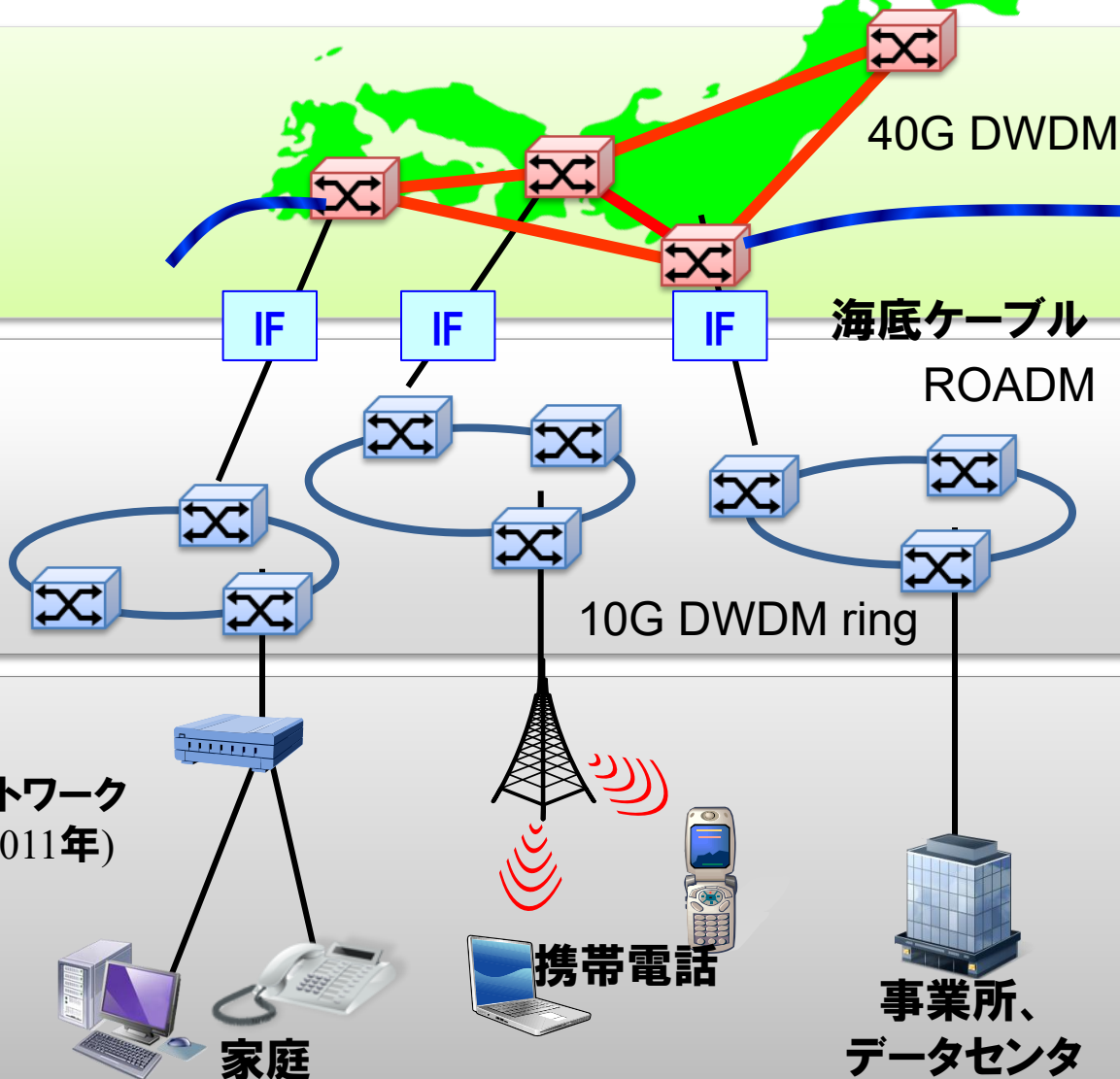
- 県域とブロック拠点間を接続

メトロネットワーク

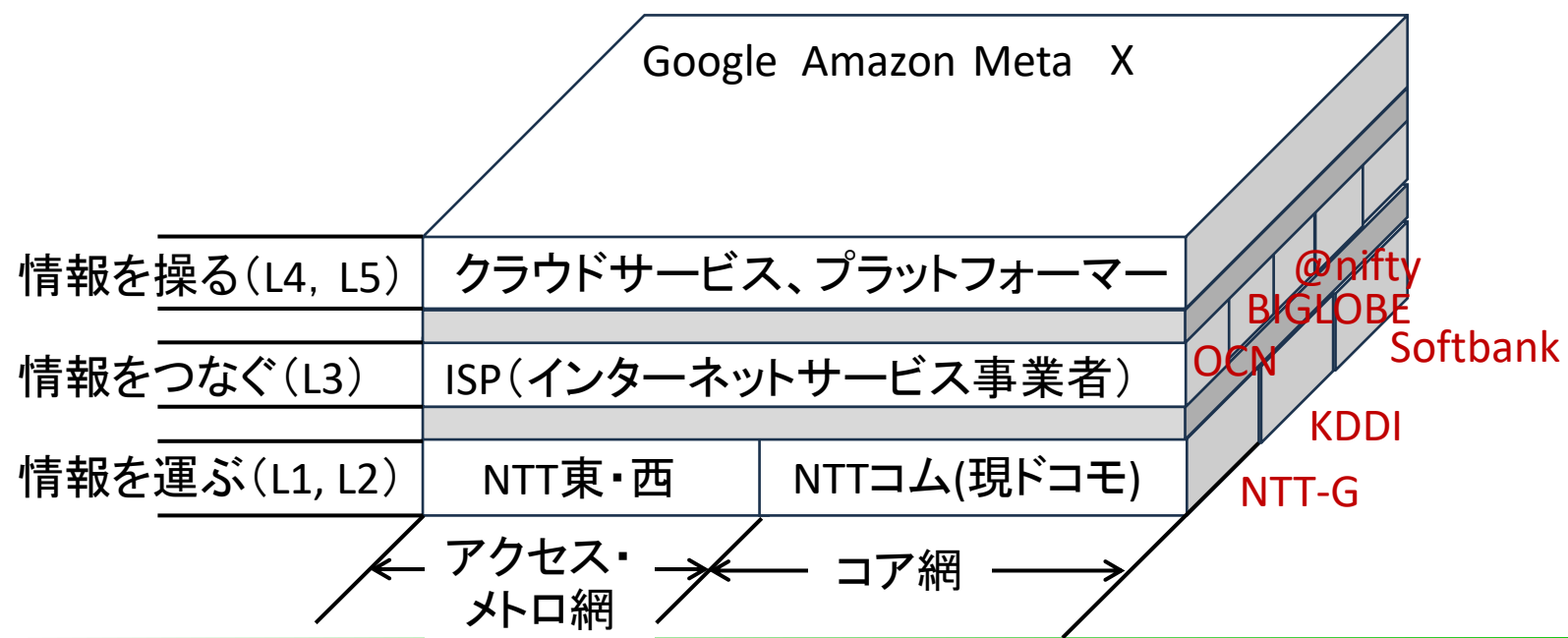
- 県内ネットワーク

アクセスネットワーク

- 通信ビルからお客様までのネットワーク
- 例えばFTTH復旧率:約40% (2011年)
(> 1500万ユーザ)
- 50万携帯基地局(2010)



- これまで見てきた通り、情報通信網には多くのインターフェースが存在します。 ユーザ・ネットワーク間、サービス提供者・ネットワーク間、プロトコル階層間、アクセス・メトロ・コアNW間など。
- インターフェース(IF)には次の特徴があります。
 - 通常相互接続が可能ないように接続規則が存在します。
 - IFで挟まれた領域ごとにビジネスやサービスが存在します。
 - IFはビジネスやサービスの責任分界点となります。
 - そのためIF付近には流通情報のログなど記録が残りやすくなります。



➤ ~~Beyond5G研究開発~~

➤ ~~NTTによるIOWN構想~~

➤ 脳科学の進展(BMIなど) (ATRの取組み紹介)

➤ アバター協創社会の研究開発 (ATRの取組み紹介)

ATRでの脳情報科学分野における研究開発事例1 「ニューロフィードバックによるPTSD治療」



交通事故や災害など、強い恐怖体験をするとPTSD(心的外傷後ストレス障害)を発症することがあります。従来、PTSDの治療は、恐怖体験をイメージさせたりして精神的な苦痛を伴うため、ニューロフィードバックを用いて恐怖を緩和し、苦痛を伴わない新たなPTSD治療法を開発しています。

本研究は内閣府革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の研究委任により実施したものです。

[紹介動画](#)

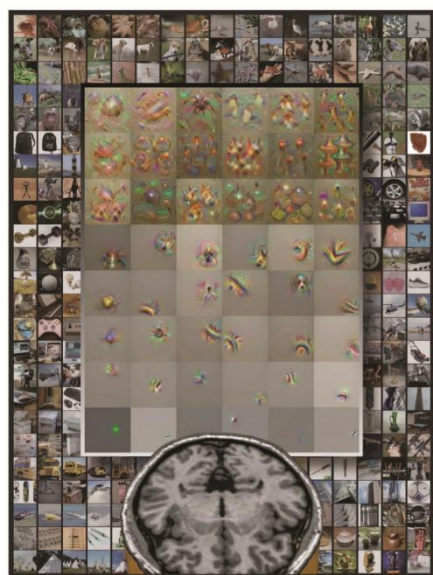
ATRでは、脳情報科学の研究開発として、BMI(Brain Machine Interface)の研究も行われています。

ATRにおける脳情報科学研究「脳情報デコーディング」

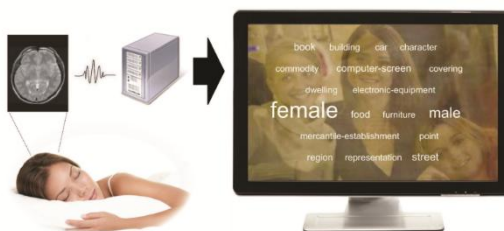
脳というメモリーに格納されている情報を読み出す技術の研究開発という見方もできます。利用者デバイスのインターフェースは5感という外部センサーでした。このインターフェースが体内へと広がっていくのを感じさせます。

紹介動画

～ 脳を介した情報通信の実現を目指して ～



neuron
neuron



ヒトの知覚や意図、心理状態などを脳活動から予測する脳情報デコーディング技術を開発し、この技術を利用した脳機能の解明、および、身振りや声を使わない新たな情報通信技術の確立を目指しています。

本研究は、日本医療研究開発機構脳科学研究戦略推進プログラム、総務省SCOPE、日産科学振興財団、内閣府革新的研究開発プログラム(ImPACT)、

文部科学省・科学研究費補助金、Honda Research Institute Japan、(株)本田技術研究所の支援により実施したものです。

(株)ATR-Promotions脳活動イメージングセンタ(BAIC)と京都大学こころの未来研究センターの協力のもとfMRI実験を行っています。

AIに代表されるように、ヒトの機能の一部を代替する技術が進歩を遂げています。人とロボットが互いに補完しながら社会を形成していくようになっていくようです。その場合のインターフェースをどう設定して規定していくのかは今後検討が必要と思われます。

「意図や欲求に基づく対話ができるアンドロイドの開発」

実社会で人間と親和的に関わり、人間と共生できる自律対話ロボットの実現を目標に、人間のように多様な伝達手段を用いたインタラクション技術の開発と、ロボットとの高い対話感をもたらす対話生成モデルの開発を行っています。



研究プラットフォーム
「ERICA」



ERICA=“ERATO Intelligent Conversational Android”

インターフェースは物理的エンティティと対応する形でこれまで存在してきました。今後は、モノとインターフェースは乖離して論理的に存在するようになり、ネットワーク全体の構図が益々分かりにくくなっていくことが予想されます。

アバター共生社会プロジェクトの社会実装に向けて

概要

アバター共生社会プロジェクトでは、人がサイバネティックアバター(CA)を使って自在に活躍する社会(アバター共生社会)の実現を目指しています。ここでは研究開発と並行して進めている社会実装のための取り組みとして、実社会実証実験とアバター共生社会企業コンソーシアム(C-CAS2)について紹介します。

特徴

- 実社会でCAを活用する実社会実証実験を実施しています。CAの実社会での使い方を実験的に市民に試してもらい、その結果を研究開発にフィードバックすると共に、社会的受容性について多くの意見をもらいます。
- アバター市場の創出と、本プロジェクトの研究者・技術者との共同研究の促進を目的として、「アバター共生社会企業コンソーシアム(略称:C-CAS2)」を2021年8月に設立しました(会員数:107法人(2023年8月末現在))。
- 市民がCAを体験して社会的受容性を検証するアバター100実証実験『アバターまつり』を、アジア太平洋トレードセンター(ATC、大阪市住之江区)にて実施し、2,000人以上の参加者にCAの遠隔操作や対話を体験していただきました。

今後の展開

- 様々な業種や業態の事業をCA化(サイバネティックアバタートランスフォーメーション(Cybernetic Avatar Transformation)、AX)することで、社会の様々な場面で、人々が自在に働き、暮らしを楽しむことができる社会を目指します。

テーマ「ともに究め、明日の社会を拓く」との関連

- 実社会実証実験とアバター共生社会企業コンソーシアムを連携させ、アバター共生社会を、研究者・企業・市民が先取りして体験し、CAの是非を考えること(バックキャスト)によって、ともに明日の社会を拓いていきます。



連絡先: インタラクション技術バンク 担当 堀川 優紀子 E-Mail: horikawa@atr.jp

本研究は、JSTムーンショット型研究開発事業「PM6/M5-2011」の支援を受けたものです。

ATR Openhouse 2023より

ここまで、インターフェースに着目しながら情報通信ネットワークの構造や業界の特性、最近の研究開発トレンドなどをいくつか紹介しました。

これから、今後のインターフェースの方向性として次のようなことが言えるかもしれません。

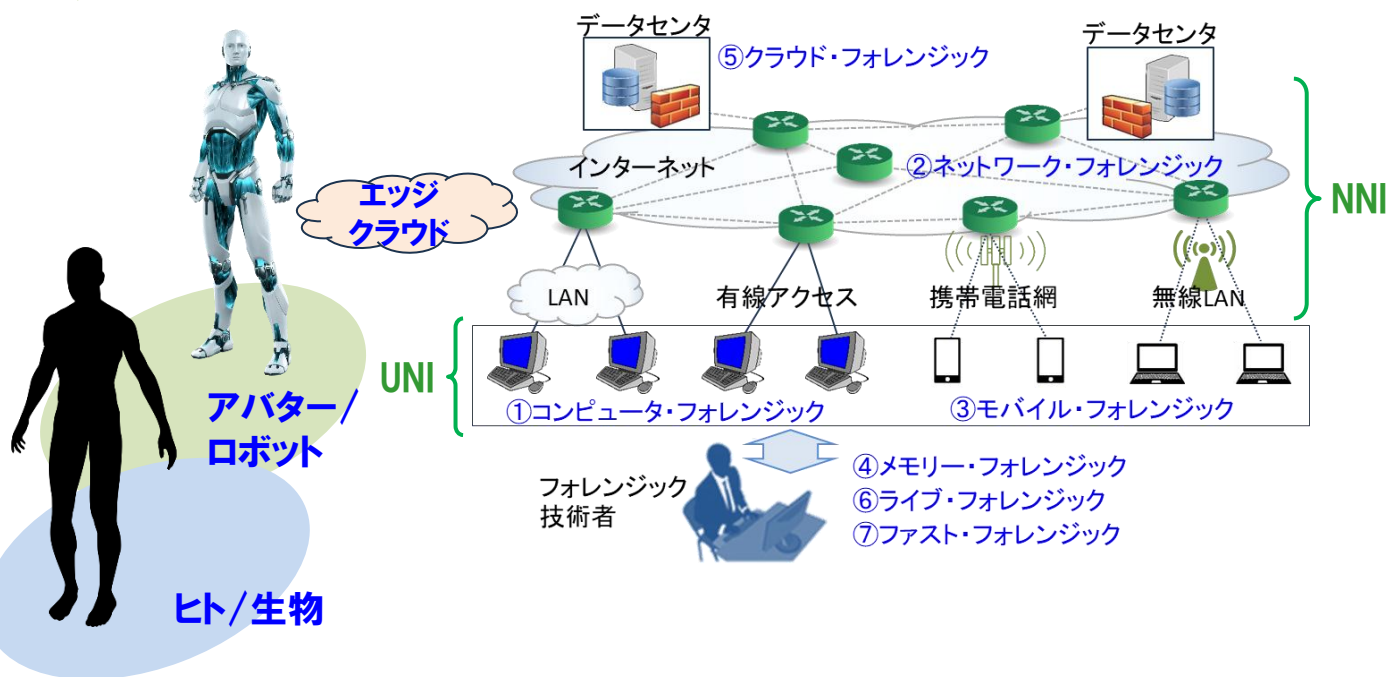
- 情報通信分野では、ログや痕跡などの情報はインターフェース部分に集まる、残る。
⇒責任分界点だから。
- ネットワーク(その先の仮想空間)と現実世界とのインターフェースとなるデバイスは、スマホからロボットやあらゆるモノへと指数的に増えていく。
- ヒトと(ネットワーク系)サービスのインターフェースは将来、体内(脳内)にまで入り込んでいく。
- インターフェースは物理的エンティティから乖離して論理的になり(ソフトウェア化され)、その存在や構造は分かりにくくなっていく。
- ユーザインターフェースは、ユースケース(あるいはサービス)によってプラットフォームへ吸収される(クラウド化)か、逆にユーザー側に集約されるか(エッジ化)、二極化する。

デジタルフォレンジック対象例の今後

UNIの浸透によりデジタルフォレンジックの対象はどんどん増えていく。また、論理的・地理的階層構造に基づくNNIによるネットワーク技術・業界の秩序は崩れつつある。今後はこれらの新たな動きに対応した技術やしくみを開発・構築していく必要がある。

UNIはヒトや人工体の内部へ

NNIはプロトコル階層のソフト化や統合化によりカオス化



SDN (Software Defined Network)
NFV (Network Function Virtualization)
Software無線

Mobileエッジクラウド



IoT

- 本講演では、インターフェースに着目して情報通信ネットワーク技術やトレンドを俯瞰しました。
- 全てのモノが繋がる未来社会では、インターフェースはどこにあり、誰が管理・運営しているかを見極めながら物事を理解するのが益々重要になっていくと考えられます。
- 皆様の今後の活動に少しでもお役に立てれば幸いです。
- ご清聴ありがとうございました。

本講演に関するお問合せ先:

株式会社国際電気通信基礎技術研究所
波動工学研究所

坂野 寿和

t.sakano@atr.jp