

ICT分野の技術戦略の検討

2018/1/31

東京大学大学院情報学環 教授

中尾彰宏

Network Softwarization

ネットワークソフトウェア化 (Network Softwarization) は、
「ネットワークの機器や機能をソフトウェアプログラムによって具現化し、より柔軟かつ迅速にサービスを構築・運用していく」という通信ネットワークにおける大きな変革を意味する。

- SDN/NFVに代表とされる柔軟で迅速な制御を実現するソフトウェア化が注目されているが、今後は、FLARE, P4などデータプレーンプログラマビリティに注目が集まる。インターネットテレメトリーがユースケースで先行する
- ソフトウェア化の研究開発プロジェクトは欧米で主導されている (5G! Pagoda, Platforms for Advanced Wireless Resaerch (PAWR) Open Air Interface(OAI), Telecom Infra Project (TIP), など
- ソフトウェア化によりもたらされた通信(Communication)と情報科学(Computer Science) の融合は欧米でますます進展しつつある一方で我が国の通信分野への情報科学の適応は未熟
- 米国ではソフトウェア化されたプラットフォームの海外輸出を狙う
- ソフトウェア化に対する戦略と投資、および、通信分野における情報科学の積極的活用、ソフトウェアエンジニアの育成、を加速する必要

“柔らかい通信インフラ”の便益を考える

- 情報通信基盤の利活用は通常予想を凌駕する
- 10年後（ましてや50年後）の通信の利用方法は予測が困難
- 絶えず進化する人間の需要を受容するためには「究極に柔らかい（新たな課題に対して迅速に対応する）」通信基盤が必要
- 「社会問題の解決」と「新たな価値の創造」が迅速に可能となる
- 「ソフトウェア」であることが重要ではなく「プログラマブル」であることが必須
- 「ソフトウェア化」は誰が何を言おうと必ず進展する、しかし、その便益を再確認することは重要
- “Value-Driven Thinking”が必要

ソフトウェア化が推進する新規分野(再掲)

- **エッジコンピューティング（通信と情報科学の融合）**

ソフトウェア化でネットワーク機能とデータ処理機能が同一のプラットフォームに共存可能となり、リソースの最適化だけではなく、エクストリームエッジへのデータ処理の実装により、超低遅延通信やデータ地産地消が可能となる

- **モバイルデータアナリティクス**

膨大なモバイルデータをデータサイエンスを駆使して、ユーザーの行動や意図（インテント）を推測し制御の最適化を図る

- **In-Network Deep Machine Learning（網内深層機械学習）**

ソフトウェア化により、深層機械学習など複雑なネットワーク機能が制御プレーンのみならずデータプレーンに実装可能となるため、自動化や従前の想像を超える制御が可能となる

自律・自動運転から協調運転へ

自律運転車業界は2050年までに7兆円の経済規模に発展する

<https://newsroom.intel.com/newsroom/wp-content/uploads/sites/11/2017/05/passenger-economy.pdf>

米運輸省道路交通安全局（NHTSA）の2015年のレポートによれば米国における交通事故の約94%がドライバーに原因がある

完全無人の自律運転（Autonomous Driving）や、人間が監視役となる自動運転（Automatic Driving）は**1台の車両運転に対する技術**

協調運転とは、鉄道において2両以上の動力車を連結（重連運転）し、相互に協調しながら運転を行うこと。（<https://ja.wikipedia.org/wiki/協調運転>）

近未来においては、**交差点・都市部において「複数車両に対して」超低遅延通信による位置取得・調停・制御をする「協調運転(Cooperative Driving)」が必須となる**

言い換えれば「信号のない世界は可能か？」ということになる

協調運転が実現される未来



<https://www.bsfilms.me>

「Rush Hour」

(注意) クローンエフェクト技術を駆使した映像 (CG) であり、協調運転技術の実験ではない

「信号のない世界」は現代でも存在する



<https://www.youtube.com/watch?v=4pbAl40dK0A>

Autonomous Intersection Management (AIM) 2012

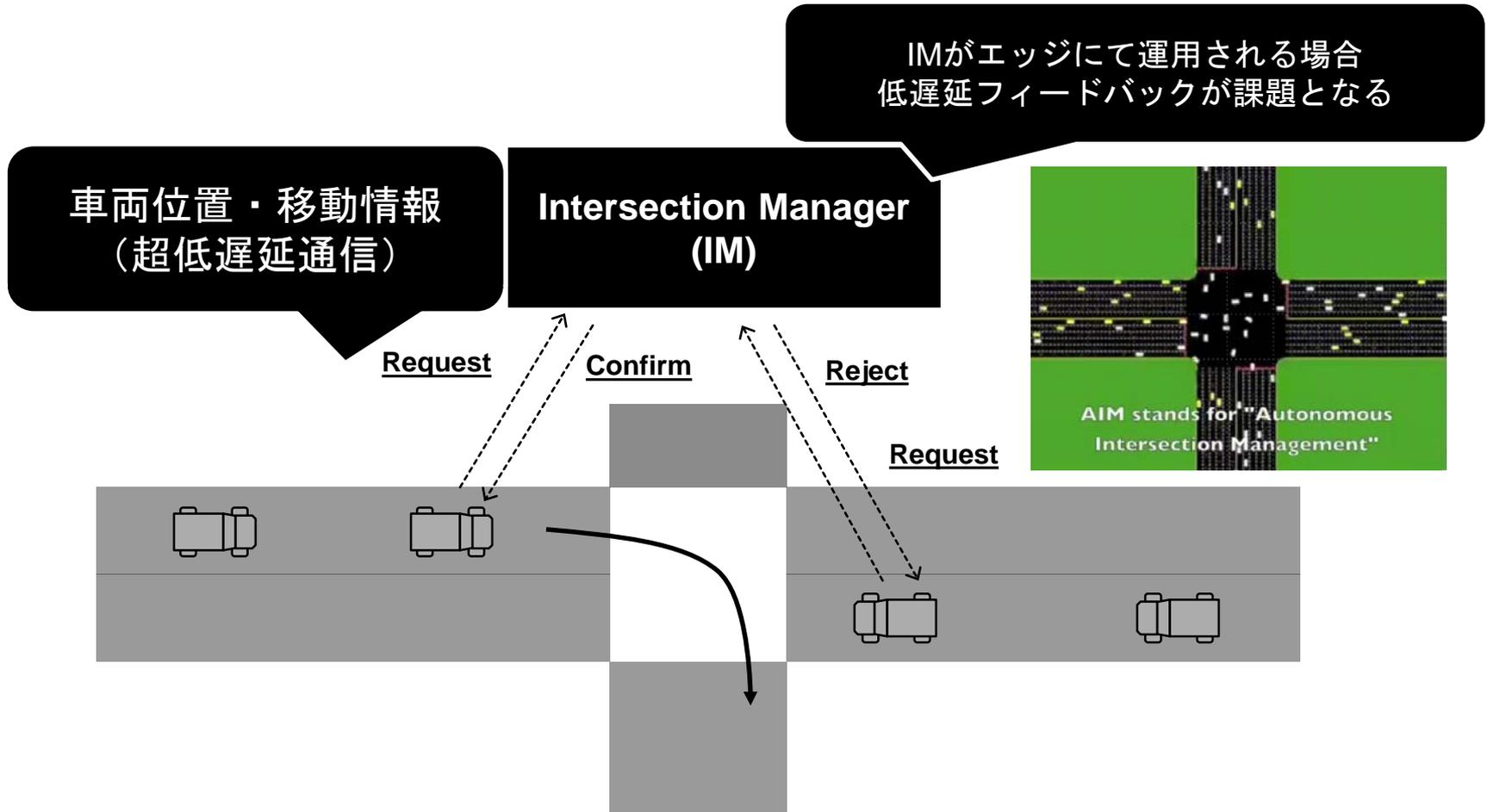
University of Texas at Austin.



<https://www.youtube.com/watch?v=4pbAl40dK0A>

Autonomous Intersection Management (AIM)

交差点ごとに設けられたIntersection Managerが交差点通過車両を制御する



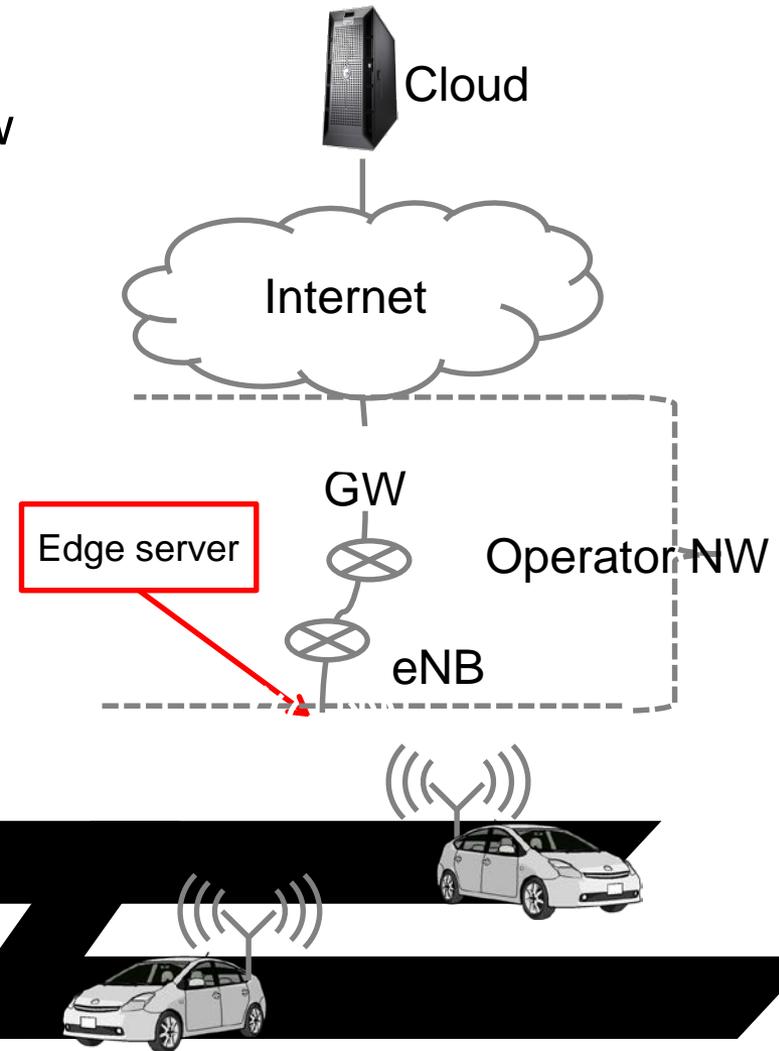
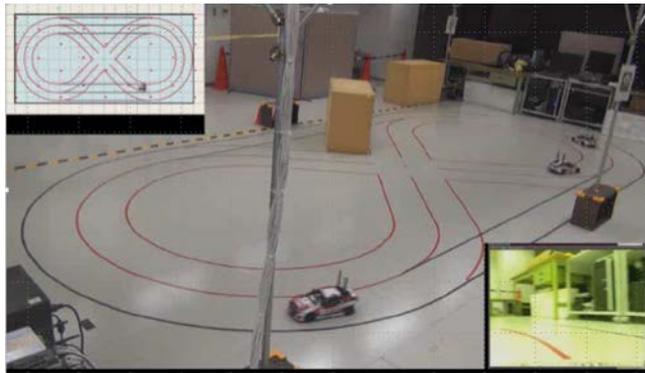
超低遅延通信とエッジコンピューティングが必須となる

MECを用いた協調運転の実現

MEC: Multi-Access/Mobile Edge Computing

超低遅延通信URLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communication)の利活用

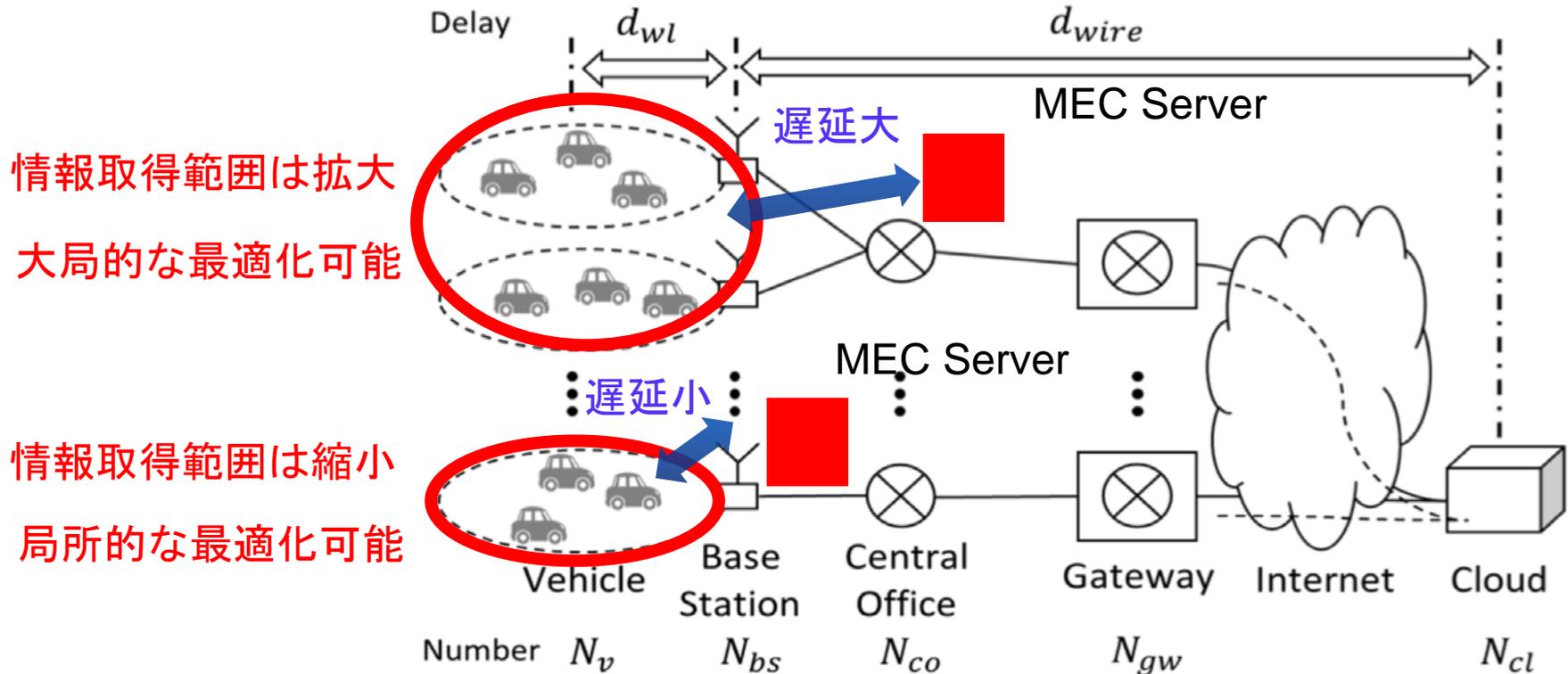
端末・基地局の近傍での計算資源の利活用



- K.Sasaki, N. Suzuki, S.Makido and A. Nakao
“Layered Vehicle Control System Coordinated
between Multiple Edge Servers,”
3rd IEEE Conference on Network Softwarization
(IEEE NetSoft) 2017

- K.Sasaki, N. Suzuki, S.Makido and A. Nakao
Vehicle Control System Coordinated between Cloud and Mobile
Edge Computing, *IEEE SICE* (2016)

協調運転制御の最適化のための情報取得範囲 (Information Coverage for Coordination)と 制御のための超低遅延 (Latency in Control)とは トレードオフの関係にある



情報取得範囲は拡大
大局的な最適化可能

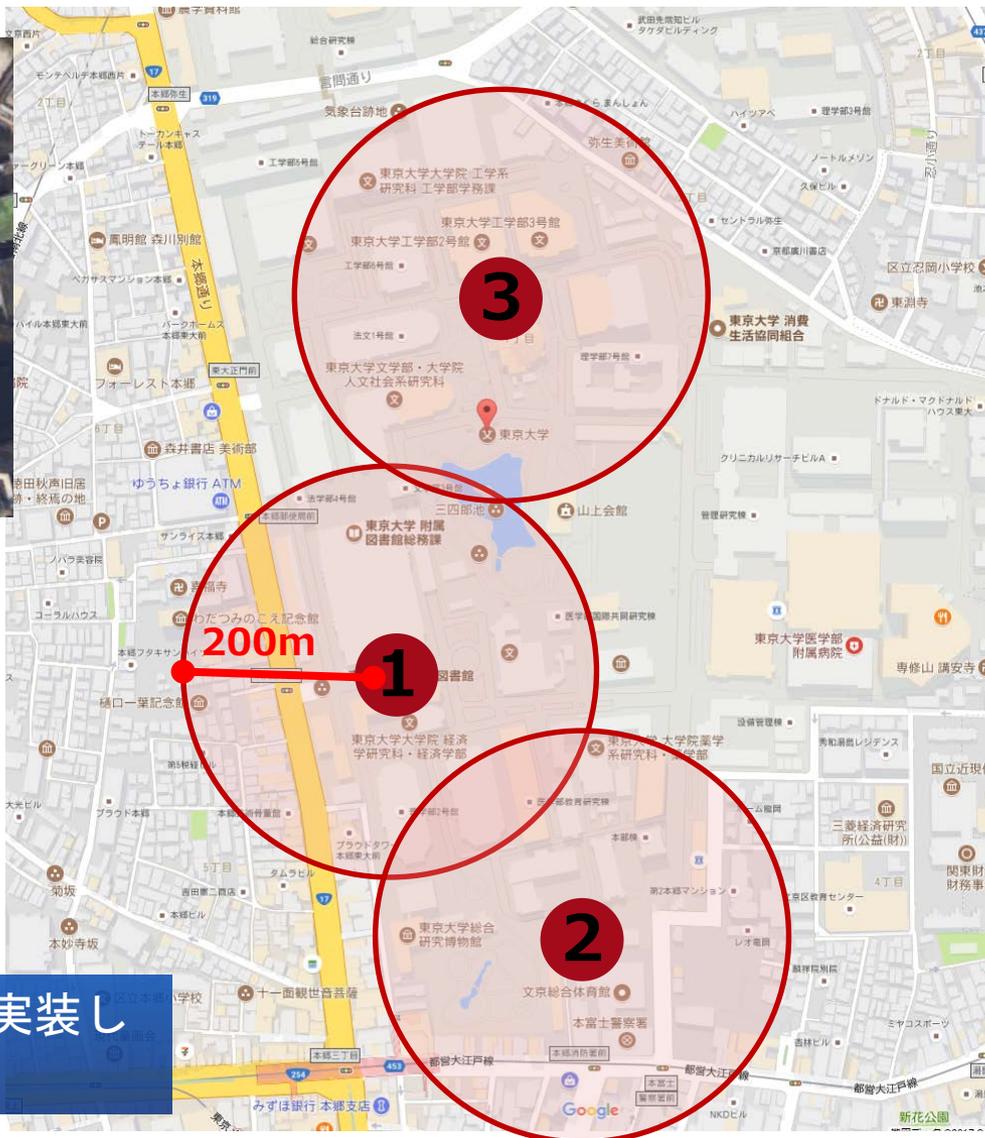
情報取得範囲は縮小
局所的な最適化可能

アプリケーション・サービスの要件に応じて、多段 (Multi-Tier)のMECが必要

• K.Sasaki, N. Suzuki, S.Makido and A. Nakao "Layered Vehicle Control System Coordinated between Multiple Edge Servers," 3rd IEEE Conference on Network Softwarization (IEEE NetSoft) 2017

東大キャンパスにおけるソフトウェア基地局実証実験

ソフトウェア化は有線から無線へ



X86サーバ+無線機にてLTE基地局を実装し
実験局免許を取得して運用

基地局ソフトウェア化により基地局とエッジデータ処理が共存可能
トラフィックデータだけでなく基地局運用データで機械学習可能

ソフトウェア化が推進する新規分野(再掲)

- **エッジコンピューティング（通信と情報科学の融合）**

ソフトウェア化でネットワーク機能とデータ処理機能が同一のプラットフォームに共存可能となり、リソースの最適化だけではなく、エクストリームエッジへのデータ処理の実装により、超低遅延通信やデータ地産地消が可能となる

- **モバイルデータアナリティクス**

膨大なモバイルデータをデータサイエンスを駆使して、ユーザーの行動や意図（インテント）を推測し制御の最適化を図る

- **In-Network Deep Machine Learning（網内深層機械学習）**

ソフトウェア化により、深層機械学習など複雑なネットワーク機能が制御プレーンのみならずデータプレーンに実装可能となるため、自動化や従前の想像を超える制御が可能となる

ブラックマーケットの統計的分析

(岩永・中尾 電子情報通信学会総合大会2017)

調査対象: Deep Web¹に関するニュースサイトDeepDotWeb²にて
トップマーケットと分類されているAlphaBay, Hansa Market, Dream Market

新規性:

- Tor³上のフォーラム型の市場を分析
- IoT botnet登場以降の最新(2016~2017)のDDoSアイテム・サービスについて分析
- マーケットのサービスの現実への影響を相関分析
- マーケットの監視・応用の提案



[MS] [Bulk] TDOS (Telephony Denial of Service) - ONE HOUR (or more) CALL FLOOD to any phone number (LANDLINE or MOBILE)
Item # 243754 - Botnets & Malware / Botnets & Malware - amelia75 (1236)

Views: 2131 / Bids: Fixed price
Quantity left: Unlimited

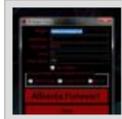
Buy price
USD 4.77
(0.0040 BTC)



[MS] [Bulk] [Sticky] ⊕ 24/7 Layer 7 DDoS HTTP/Website (rent 25k botnet) (flat rate & guaranteed downtime) ⊕
Item # 133745 - Botnets & Malware / Botnets & Malware - vimproducts (1697)

Views: 18236 / Bids: Fixed price
Quantity left: Unlimited

Buy price
USD 25.00
(0.0209 BTC)



PentaDos DDoS + Source
Item # 62392 - Botnets & Malware / Botnets & Malware - shonajaan (14743)

Views: 4769 / Bids: Fixed price
Quantity left: Unlimited (441 automatic items)

Buy price
USD 2.20
(0.0018 BTC)



[MS] DDOS ATTACK with my Botnet: 24 hours ddos on your website target (100% SATISFACTION)
Item # 233548 - Botnets & Malware / Botnets & Malware - amelia75 (1236)

Views: 932 / Bids: Fixed price
Quantity left: Unlimited

Buy price
USD 27.77
(0.0232 BTC)



[MS] [Bulk] ⊕ 24/7 HTTP / HTTPs (web) & .onion (tor) + DDoS Protection (CloudFlare / Akamai / More) Attack - Rent Botnet (Flat Rate & Guaranteed Downtime) ⊕
Item # 233311 - Botnets & Malware / Botnets & Malware - vimproducts (1697)

Views: 6898 / Bids: Fixed price
Quantity left: Unlimited

Buy price
USD 50.00
(0.0419 BTC)

¹Deep Web : 通常のクローラでは取得できないWeb領域

²<https://www.deepdotweb.com/>

³Tor: <https://www.torproject.org>

ブラックマーケットから得られる情報

各商品・出品者に対するレビュー

商品や出品者の質を購入者が批評する仕組み

詐欺者を排除するため・良質なベンダの売り上げを確保するために存在

攻撃者の立場のあらゆる情報

攻撃者は出品ページに様々な情報を載せる

攻撃者のDDoSの意図

例) Googleの検索結果から引きずり下ろす目的のDDoS攻撃など

攻撃が成功しにくい防御機構などについて

攻撃が成功しうる対象についてしか請け負わない

⇒有効な防御機構を攻撃者視点で知ることができる

どのような攻撃環境か

例) IoT botnetであるなど

各商品の価格相場・種類・トレンド

例) Dream MarketのVendorレビュー

Vendor BANK (2350) (4.83★) (📄 1924/65/54) (👤 3000, 4.82/5)
(🧠 97, 4.9/5) (📧 0/0/0) (✈️ 700~1000, 4.84/5) (M #333, 9.36/10) (👉 6/0/0)
(🌱 3/98)

例) AlphabayのStresserサービスへのレビュー

Listing Feedback

Buyer	Date	Time	Comment
👤 p**k	May 11, 2017	16:30	Again great service for DDOS, thank you
👤 p**k	May 10, 2017	15:23	Great service, very satisfied with the DDOS.

レビュー量とDDoSトラフィック量との相関

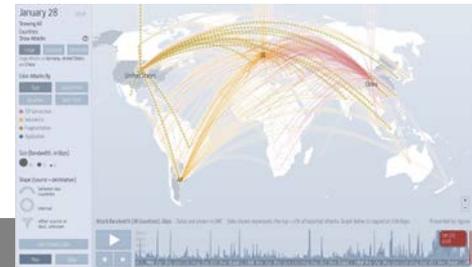
Stresserサービスのレビュー量

レビュー制度は商品の良し悪しをフィードバックする仕組み
売り上げに直結するので、購入者に強制するベンダーもいる
レビューは攻撃実行後に行われる可能性が高い

DigitalAttackMapから得られる日々のDDoSトラフィック量

<http://www.digitalattackmap.com/>

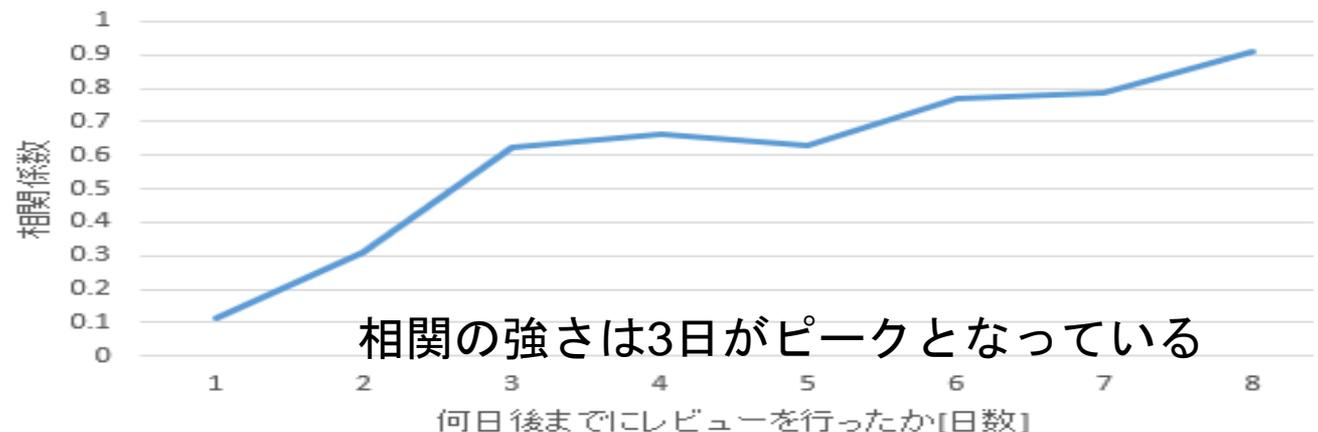
実世界で実行されたDDoS攻撃のトラフィックを可視化



何日後か	1	2	3	4	4日以内
相関係数	0.111	0.199	0.317	0.037	0.664

攻撃発生から4日以内にレビューしたと仮定した場合の相関係数 0.664

相関係数のCDF



1/29
日経新聞朝刊
34面

超深層の闇サイト ダークウェブ 実態調査へ

警察庁サイバー攻撃へ備え

警察庁は28日までに、サイバー攻撃の不正プログラムなどを扱うインターネット上の闇サイト「ダークウェブ」に関する初の実態調査に乗り出す方針を固めた。一般にはアクセスできない水面下での取引の流れや入手経路などを探る。2020年に東京五輪・パラリンピックが迫る中、政府機関や重要インフラを狙った大規模サイバー攻撃への備えの強化を狙う。

17年5月には、世界を襲ったランサム(身代金)ウェア「ワナクラ」による大規模サイバー攻撃が発生。英国で病院が診療を停止したほか、日本でも企業や個人のパソコンが感染し、業務用パ

コンのメールが滞るなどの障害が確認された。このサイバー攻撃では、米国家安全保障局(NSA)が開発したとされる攻撃ソフトの技術が悪用された。著名ハッカー集団が事前にNSAから入手したとして公表していた。警察庁はこうした技術がどのように流通するのか、ダークウェブを通じた取引の仕組みについて解明を進め、被害防止につなげる考えだ。

背景には犯罪の温床と指摘されるネットの深層部分のダークウェブで、大量のデータを送り付けてシステムを機能停止させる「DOS(下)攻撃」など、サイバー攻撃にも使われる不正プログラムがひそかに取引されている状況がある。

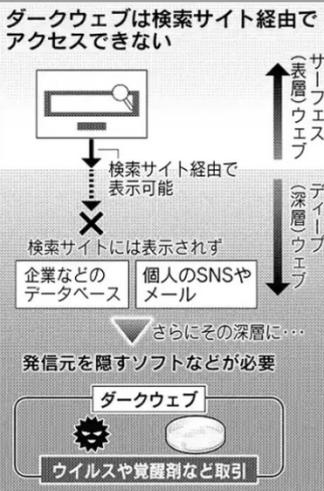
警察庁によると、ダークウェブにも複数の階層が存在。個人情報や違法薬物などの販売サイトはアクセスが比較的容易な表に近い部分にある。さらにその奥にはセキュリティがかけられ、限られた関係者しかアクセスできない領域があるという。だが実態はよく分かっていないのが実情だ。調査はダークウェブの運営側と接触するノウハウを持つ海外の複数の情報セキュリティ会社

17年5月には、世界を襲ったランサム(身代金)ウェア「ワナクラ」による大規模サイバー攻撃が発生。英国で病院が診療を停止したほか、日本でも企業や個人のパソコンが感染し、業務用パ

コンのメールが滞るなどの障害が確認された。このサイバー攻撃では、米国家安全保障局(NSA)が開発したとされる攻撃ソフトの技術が悪用された。著名ハッカー集団が事前にNSAから入手したとして公表していた。警察庁はこうした技術がどのように流通するのか、ダークウェブを通じた取引の仕組みについて解明を進め、被害防止につなげる考えだ。

背景には犯罪の温床と指摘されるネットの深層部分のダークウェブで、大量のデータを送り付けてシステムを機能停止させる「DOS(下)攻撃」など、サイバー攻撃にも使われる不正プログラムがひそかに取引されている状況がある。

警察庁によると、ダークウェブにも複数の階層が存在。個人情報や違法薬物などの販売サイトはアクセスが比較的容易な表に近い部分にある。さらにその奥にはセキュリティがかけられ、限られた関係者しかアクセスできない領域があるという。だが実態はよく分かっていないのが実情だ。調査はダークウェブの運営側と接触するノウハウを持つ海外の複数の情報セキュリティ会社



▼ダークウェブ 利用者の発信元を隠すソフトなどを使わないと接続できないインターネットサイトの総称。サーフェス(表層)ウェブと呼ばれる一般的なサイトのように検索エンジンでは探せない「ディープ」深層ウェブのさらに深層にある。アクセスには利用者の発信元を隠すソフト「トール」などを使用することが必要だ。コンピュータウイルスのほか、個人情報や違法薬物、銃器類といった犯罪に悪用されるさまざまなツールなどが取引されている。

私立高雇い止め204人

「無期転換」適用外増の恐れ

全国私教連

全国の私立高校で働く有期雇用教員のうち、3月末での雇い止め通告を受けた人が少なくとも204人に及ぶことが28日までに全国私立学校教職員組合連合会(全国私教連)の調査で分かった。有期が今後、相次ぐ恐れがあるとして、無期転換ルールは非正

大塚商会
03(3264)7111

ソフトウェア化が推進する新規分野(再掲)

- **エッジコンピューティング（通信と情報科学の融合）**

ソフトウェア化でネットワーク機能とデータ処理機能が同一のプラットフォームに共存可能となり、リソースの最適化だけではなく、エクストリームエッジへのデータ処理の実装により、超低遅延通信やデータ地産地消が可能となる

- **モバイルデータアナリティクス**

膨大なモバイルデータをデータサイエンスを駆使して、ユーザーの行動や意図（インテント）を推測し制御の最適化を図る

- **In-Network Deep Machine Learning（網内深層機械学習）**

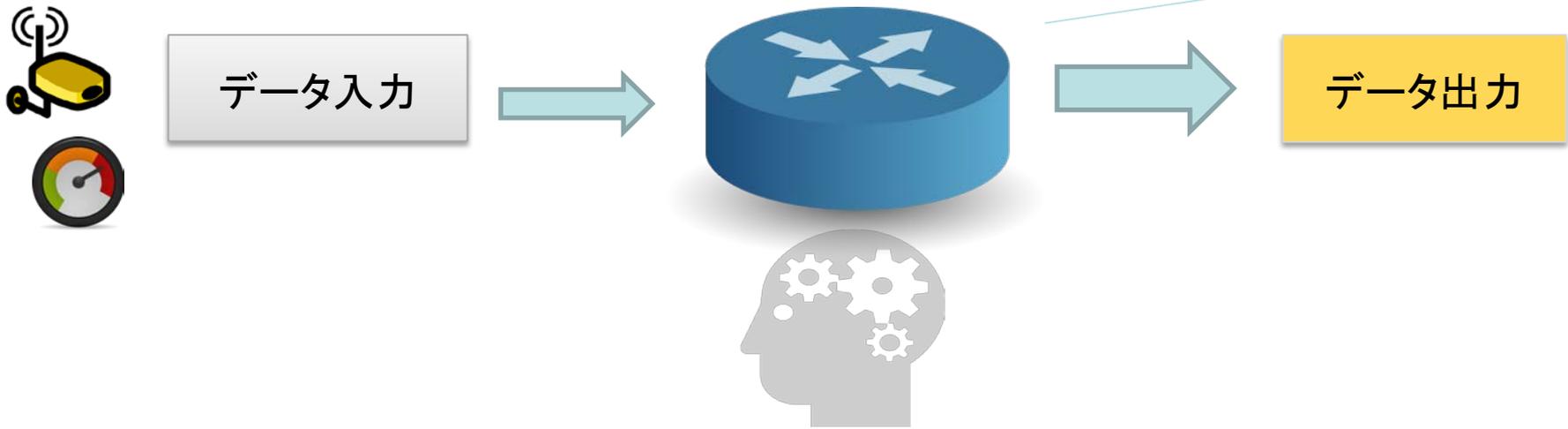
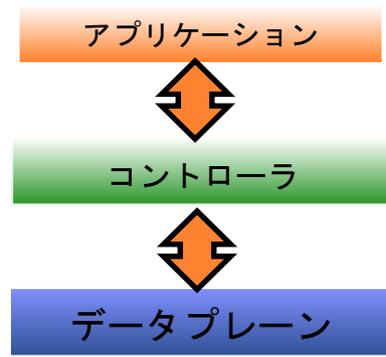
ソフトウェア化により、深層機械学習など複雑なネットワーク機能が制御プレーンのみならずデータプレーンに実装可能となるため、自動化や従前の想像を超える制御が可能となる

AI/機械学習によるトラフィック制御

応用例：

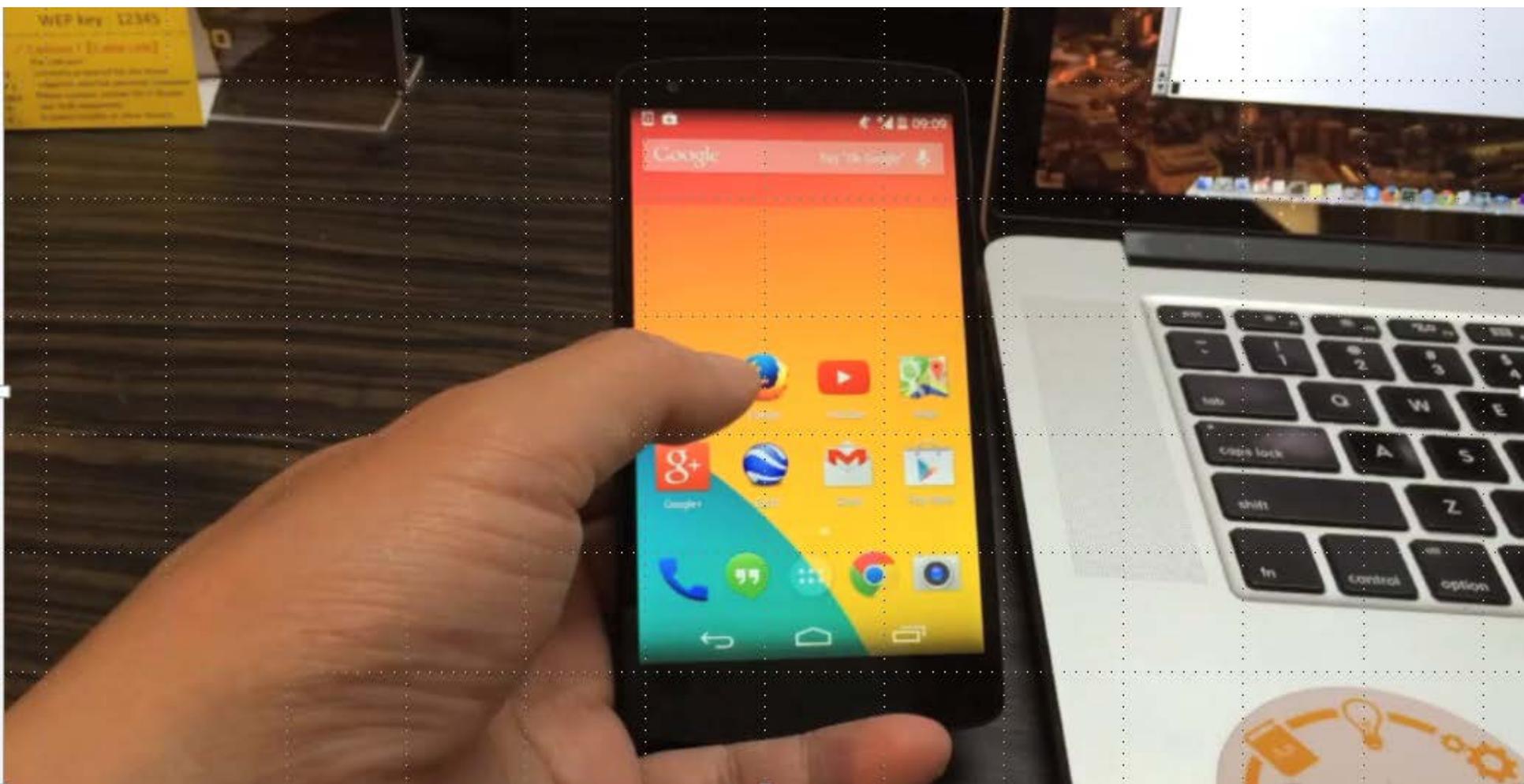
- 高度トラフィック分類（アプリケーション同定）
- スライスへの収容
- 異常検知（Anomaly Detection）
- 異常予測
- トラフィック量予測

ネットワーク制御機器



AI/機械学習によるトラフィック制御・最適化（考えるネットワーク）

階層型網内機械学習（スライス技術応用）



網内機械学習にてトラフィックをアプリケーション毎のスライスに分類
スライス内でトラフィックデータの詳細機械学習を実施する「階層型網内機械学習」

PAWR

Platforms for Advanced Wireless Research (PAWR) Project Office



\$22.5M Cash + In-Kind
4 City Scale Platforms
5 Years of Funding



<https://www.advancedwireless.org>

PAWR Sample Research Topic Areas

SAMPLE TOPIC AREAS TO BE ENABLED BY RESEARCH PLATFORMS



mmWave to enable R&D and systems testing at the millimeter-wave bands that are about 26GHz, with a target of 100 Gbps in data rates for small-cell networks that cover a few city blocks.



Dynamic Spectrum to focus on the spectral bands that are sub-6GHz, and aim to identify spectral opportunities in existing networks and establish usage models for novel spectrum driven applications, while also studying co-existence and protection issues.



Architecture to test data network architectures for next-generation networks that operate with a wireless edge.



Mobility-at-Scale to address larger issues with network-mobility from the transport to MAC layers, including evaluation of large-scale, dense, heterogeneous wireless networks, including issues such as connection management, load balancing, and mobility management.



Wide-area Whitespace to utilize novel whitespace-based wireless networks to design, build and demonstrate 16Gbps connectivity to remove locations via long-range wireless mesh connections.



Network Metrology to advance capabilities to measure and monitor wireless network performance and support research on methods to improve the security, reliability and performance of wireless networks.



Applications/Services in later years – Platforms will serve as examples of Smart and Connected Community networks that demonstrate potential applications/services including Cyber-Physical Systems, Cyber-Security, Internet of Things, Robotics, Smart and Connected Health, and Big Data.

ICT分野の技術戦略の検討（簡潔バージョン）

- 社会課題の解決にむけたICT分野の技術課題
 - 長期的な社会情勢等を踏まえて研究すべき技術課題
 - 社会インフラを支える情報通信ネットワーク基盤技術
 - 多様な分野でのICT利用を促進する利活用技術
 - ネットワーク機器の市場のゲームチェンジとしてのソフトウェア化推進
 - ソフトウェア化に対する戦略と投資、および、通信分野における情報科学の積極的活用、ソフトウェアエンジニアの育成
 - ソフトウェア化がもたらすモバイルデータアナリティクス、網内機械学習、エッジコンピューティング（情報科学・通信技術の融合）
- 技術開発・社会実装の推進方策
 - 技術面での動向（NW機能のソフト化、技術開発のオープン化等）を踏まえた技術開発推進方策
 - 様々な利用ニーズに的確・迅速に応えるためのアジャイルな手法の取り込み
 - 米国PAWRのような自治体・大学のNPOと企業の連合による産学官連携と都市（スマートシティ）をテストベッドとして社会実装へショートカット
- 業界横断的取組み、国際連携・グローバル展開等のあり方
 - コミュニティ/エコシステム/「場」の活用
 - 最初からグローバルであるための方策、標準化のあり方
 - Global Experimentation for the Future Internet (GEFI), Global City Team Challenge (GCTC), Platforms for Advanced Wireless Research (PAWR)との連携、コミュニティの形成