

電気通信紛争処理委員会（第179回）議事録

1 日時

平成30年2月20日（火）15時00分から16時35分

2 場所

総務省第4特別会議室

3 出席者（敬称略）

(1) 委員

中山 隆夫（委員長）、荒川 薫（委員長代理）、小野 武美、平沢 郁子、山本 和彦（以上5名）

(2) 特別委員

青柳 由香、荒井 耕、大橋 弘、小塚 莊一郎、眞田 幸俊、葭葉 裕子、矢入 郁子（以上7名）

(3) 東北大学大学院情報科学研究科

教授 加藤 寧

(4) 事務局

事務局長 熊埜御堂 武敬、参事官 村松 茂、紛争処理調査官 町田 誠
上席調査専門官 土井 義之、上席調査専門官 徳部 潔

4 議題及び議事概要

(1) ネットワーク制御に関する研究開発動向【公開】

東北大学大学院情報科学研究科 加藤 寧 教授より説明を受け、質疑応答を行った。

(2) 事業者等相談の状況について【非公開】

事務局より説明を受け、質疑応答を行った。

※ 議題(2)については、会議を公開することにより、当事者又は第三者の権利、利益を害するおそれがあるため、電気通信紛争処理委員会運営規程第16条第1項の規定に基づき非公開で開催し、同規程第17条第1項及び第18条第

1項の規定に基づき、会議の議事録及び使用した資料を非公開とする。

<開会>【公開】

【中山委員長】 時間前でありませけれども、皆さんおそろいの方ですので、ただいまから第179回電気通信紛争処理委員会を開催いたします。

本日は委員全員が出席されておりますので、定足数を満たしております。また、特別委員7名の御出席をいただいております。

本日の会議の議題2につきましては、当事者または第三者の権利・利益を害するおそれがある場合に当たることから、当委員会運営規程第16条第1項の規定により非公開とし、同規程第17条第1項及び第18条第1項により議事録及び資料は非公開といたします。

それでは、最初の議題であります、「ネットワーク制御に関する研究開発動向」であります。情報技術の進展に伴って、これまで以上に様々な分野で新たなサービスが提供されると期待されております。本日は、当委員会の今後の活動に資するため、昨年11月まで特別委員をされていらっしゃいました東北大学の加藤寧教授から、情報通信技術の最新の動向について御講演いただきたいと存じます。

加藤先生にはお久しぶりでございます。本日はお忙しい中、わざわざ仙台からお越しいただきまして、誠に恐縮です。委員会を代表して御礼申し上げたいと思います。ちょっと拝見しますと、私、理解できるか、かなり不安なところもあるのですが、加藤先生、よろしく願い申し上げます。

<議題1 ネットワーク制御に関する研究開発動向>【公開】

【加藤教授】 御紹介いただきました加藤でございます。つい最近まで特別委員として大変お世話になりました。ありがとうございました。また、本日はこのような大変貴重な機会を頂戴いたしまして、私の研究室で主にやっている研究について御紹介させていただく機会を頂きまして、心から感謝を申し上げます。

本当は立ったままお話ししたかったんですが、どこに立っても皆さんの邪魔になるので、初めて着席のままお話しさせていただければと思います。失礼いたします。

本日、このような少し大げさなタイトルをつけてまいりましたが、私たち1つの研究室でカバーできるような内容では到底ございません。また、大学の研究室ですので、現在のネットワーク技術というよりは少し先の技術について研究しております。すぐ実用化ではなくて、5年、10年、あるいは20年というスパンで進めているものです。ということは、紛争の解決というよりは、むしろ紛争のネタをつくるような話もいずれこの中に含まれている可能性もあるので、その点、ぜひ御容赦のほどお願い申し上げます。

まず、この後のスライドで出てまいりますが、研究室はいろんなテーマをやっております。本日はこの3点についてお話をさせていただければと思います。できるだけ図あるいはビデオを使って説明させていただきますが、分かりにくいところなど、どうぞ御容赦のほどお願い申し上げます。

まず、私ども研究室の状況でございますが、時限付きの先生も含めまして、現在、3名の先生方と一緒にやっております。研究室全体としては30名ほどのメンバーがおりまして、半分は外国からの留学生という状況でございます。ですので、内容につきましては、1人の結果というよりはみんなでやってきているという部分がございます。

領域でございますが、御覧のように重要なところをこの図の中で示してございまして、本日はモバイル通信——D2D、デバイス・ツー・デバイス通信というテーマと、無人機の話と、あと、最近非常にホットな話題であります人工知能AIで今後ネットワークをどういうふうに制御していくかという3点についてお話しさせていただきます。

最初2枚ほど余計な、本来と関係のないスライドでございます。大学の先生、同じような情報通信をやっている先生もおられるので御存じだと思いますが、日々競争の世界に、我々も以前にも増して置かれる状況になっておりまして、大学全体のランキングやら、個人の業績やら、常に大きな世界のデータベースが整理されておりまして、アクセスすれば一目瞭然と、もちろん様々な評価・尺度がございまして、異分野でも比べられるようになりつつあるという状況でございます。これは、東北大学ですと総合大学ですので、大体3番から5番ぐらいまでは定位置なんですけれども、どういうわけか、去年、たまたまTHEの世界大学ランキングの日本版の中で2番になったということもあって、本日自慢のため

に持ってまいりました。多分、今年以降はまた定位置に戻るかなと思っておりません。

あと、個人のデータなんですけれども、いろんなデータベースが整備されていまして、例えばこれはグーグルのデータベースで、公開する、しないは個人の自由なんですけど、あらゆる研究者の発表資料が集められておりまして、いつ発表したのか、どういう人がアクセスしたのか、何回アクセスされたかというのが全部記録されておりまして、公開してもいいし、公開しなくてもいい。ただし、大学が例えばエルゼビアのデータベースのアクセスを購入して、その中に入れば様々な個人の業績が見られるようになっていくということで、例えば我々の大学ですと、年に1回個人宛てに業績の通知表が来ますという状況にもなっております。

それでは、本題に入らせていただきます。最初はD2D通信なんですけれども、実は私どもの研究室ではアドホックネットワークの通信ということで、端末が自由自在に移動しながらローカルなネットワークを作っているいろんな形を形成しながら、外と通信したり、中で通信したりというのはやっております。最初はアメリカの方で軍事用、戦場でのネットワークを構成するためにこういうアイデアがあってスタートしたと言われております。

そうこう研究しているうちに3・11がやって参りまして、インフラのない所でも通信しましょうということで、これも総務省さんの補正予算のおかげでもあって、大々的に研究をスタートすることができるようになりました。皆さん御存じだと思いますが、Wi-Fiの通信ですと大体80メートルから、見通しの良い所ですと150メートルぐらいまでぎりぎり通信できるんですけども、しかし、地震が起きますと、例えば臨時的に地球局が来たり、あるいはマイクロ波の回線が来たりして、その近辺にアクセスポイントを置いたとしても限られた範囲しかアクセスできないので、それでしたら、スマホ同士で中継する機能、Wi-Fiの機能を持っておりますので、それもちよつと作り込みというか、ソフトウェアを改良することによって、ぽんぽん中継する仕組みができるようになって、それで一気にカバーするエリアを拡大させるというアイデアでございます。

後ほどビデオクリップが出てまいりますが、アンドロイドの端末にソフトウ

エアとして作り込みまして、実際テストも仙台の市街地、これは全長2.5キロ、仙台市内のメジャーな商店街も通りまして、パケットをこの西公園という所からスタートさせて、仙台駅までたどり着くという実験を震災後に実施いたしました。総務省さんの補正予算のおかげなんですけれども、当時、大々的に報道されまして、ここでぼかしているのはうそを言っているわけではなくて、実は新聞社はきれいなコピーを発表用には許されていないのでこういうふうにしたんですが、ここに数分間のビデオクリップがありますので、御紹介させていただければ、どんなことをやっているか、皆さんにお分かりいただけると思います。

(映像上映)

【加藤教授】 あと三、四分ぐらいのビデオなんですけれども、時間の関係でこの辺で終わらせていただきたいと思います。スライドは事務局に預けてありますので、もし御興味がありましたら後ほど入手していただければと思います。雰囲気は、先生方はこれでお分かりかと思います。

これをやりまして、東北大学は年に1回防災訓練を実施しておりまして、総長から、いつもの消火器を使うのはつまらないので、少し新しい防災技術を導入しようという話で指示を受けて、2回ぐらい実施しまして、こんな感じでやりました。東北大学には5つのキャンパスがあって、屋上にはメッシュネットワークが張り巡らされているんですけれども、1か所で事故というか災害が発生したとして、ここでスマホでリレーを中継させて、様子をアクセスポイントに上げて、無線のメッシュネットワークで伝搬させて、災害対策本部に伝えるということで、これは携帯電話が一切使えない状況でこの実験を実施しました。

これは当時の様子なんですけれども、川内という市内のキャンパスの所で災害、火災が発生したということで、1時間ぐらいだったと思いますが、メールやら写真やらを送って、片平というキャンパスに設けられた災害対策本部で総長以下、執行部の先生方の皆さんが御覧いただけたという状況でした。

この仕事は、主に研究室の西山准教授がやっておりましたので、彼が代表してこの賞を受賞しまして、全国レベルの賞なんですけれども、あと国内・国際それぞれの特許も出願しまして、それから技術移転、商標登録も構造計画研究所によって実施されまして、つい最近、高知市の方でこのシステムを導入したと聞いております。技術移転した後は大学とは関係ございませんので、構造計画研究所の

方で鋭意努力して普及に努めているということでございます。

それから、対災害はそうなのですが、実は、この技術はもう1つ平時利用の利点がございます、今、5G、次世代の携帯電話の研究開発も進んでおりまして、必ずその場合、第4世代でも第5世代でも基地局が必ずありまして、これを中心に緑、薄いブルーの色で示している比較的広いゾーンがあります。ここは大体、通信のキャパシティが限られていて、収容能力が限定されるという状況でございます。

一方、マクロセルあるいはピコセル、フェムトセルという言葉を使っているんですが、ここはカバーするエリアが小さいんですけれども、通信の速度が非常に速いという正反対の特徴があります。例えばこのデバイス・ツー・デバイス通信を使うと、この赤色が混雑している状況を示しておりまして、この白っぽい基地局がすいているということで、この混んでいる所の通信をすいている所に誘導させようということにも実はこのD2Dが使えるわけで、要は、例えば2番、ここに一気にアクセスしようとするすると混んでまいりますので、この6番と7番を経由して、3-6、2-7というふうに右側に中継させれば問題が解決するというので、これが使えるということです。

ただし、このようなシステムでは、ユーザー同士でパケットのやりとりをしまい、基地局を通過しないことからパケット料金の徴収など、キャリアにとって課題を伴うというところはございます。いずれにしても、まだこういう研究も多くの研究者の中でホットな話題というか、やっているという状況でございます。

45分間で3つをできるだけやってしまいたいと思いますが、2番目の話題としては無人機の話です。これも、私どもの研究室でやって、総務省さんの支援、NICTさんとも一緒にやっておりまして数年ぐらい続いているんですけれども、この無人機というのは実に様々なものがありまして、福島の震災、原発の事故当時はアメリカから飛来したグローバルホークというものもございましたが、私どもが主に今研究対象として捉えているのは、飛行高度が150メートル以下、割と小型なものでして、そういうものに関しては、うまく環境整備ができればビジネスのチャンスが一気に広がるというもくろみというか、私どももくろんでいるわけではございませんが、総務省さんも多分そういうふうに考えて

おりまして、一生懸命環境整備をしているところでございます。

それから、飛ばすためには、画像伝送にしても通信のやりとりにしても周波数が必要ですので、この周波数に関しては、5GHz帯、5.7GHz帯でWRC、周波数調整の世界的な委員会が毎年スイスで開催されているんですが、今、そこで議論しておりまして、ほぼ割当てが決まっているという状況でございます。

このUASを使うと何が便利かという、皆さん御存じだと思いますが、災害のときには迅速にネットワークをつくれる。飛ばせば、災害時の上空であつという間にネットワークがつくれるということで、孤立地域の救済に使えるというものです。これは、市場が大分拡大するという予測がありまして、また、周波数の割当て、どこのバンドにしているかというのが、今、どのぐらいの電力を出せるかというのを、この棒グラフに、図に示してございますが、いずれにしても周波数ですので効率的な利用が必要ということです。

これはUASで使える周波数帯域の分類なんですけれども、現在我々の方で注目して、実際試作しているのはこの5.7GHz帯のものでして、アメリカ・ヨーロッパ、いろんな国でやっておりますが、実は使う周波数帯もばらばらで統一されていないという状況でございます。

UASに関しては、見通し内、見える範囲の中で実用化が大分実現されておりました、インフラの点検、環境の観測、それから農業のセンシング、気象のデータの取得、いろんなアプリがあるんですけれども、我々の研究対象は、主に、ネットワークの制御ということもあるので、また、将来のアプリを見込んで、このシステム、通信のプラットフォーム、複数のUASを使ったネットワークの形成あるいは制御の方法に関して研究している状況でございます。

これは例えば火山の観測、あるいは人の立ち入ることのできない場所でのデータ取得に関しては、事前に無人機を飛ばして、その上空まで到達して録画して回収すればデータは当然とれるんですけれども、一方、リアルタイムではございませんので、録画したビデオを持ってくるという感じですが。実際シングルホップというのはそういう使い方なんですけれども、例えば数キロぐらい離れるとどうしても通信が一気にそこまで届かないので、マルチホップ、中継させながらデータを持ってくるが必要になってまいります。そうすると、どこにどうノード、UASを置くかという問題が生じてまいります。これは、ちょうど巡回しな

がら空中でネットワークを構成するような状況を示しておりまして、実は旋回しながらネットワークをつくるのですが、地上の通信の必要性、需要をある程度見込んで配置をしないとせっかくの資源を浪費してしまうということもありますので、飛ぶ位置、飛ぶ場所、軌道に関しては、うまく制御することによって資源の有効利用ができるということで、大学研究室で複数U Aによって構成されるU Aネットワークの最適構成・最適状態を導出可能なネットワークモデルについて研究しております。

例えばこういう状況です。1つのU A V (A) の無人機の下、こちらの方は通信したい端末がいっぱいあるという状況で、次に、右の方の無人機 (B) の下にはもっと通信したい端末があるという状況なんですけれども、上の方の無人機 (C) の方にはあんまりないということであれば、ネットワークが非常にフレキシブルなものですので、A・Cを少し右側に、Cを下の方に寄らせてあげれば通信がもっともっと効率化ができるという仕組みを研究する必要があるということです。

それから、中継する場合、例えば観測エリアがこれぐらいで、ここに中継局を置いて、ここは基地局と想定すれば、実はこの中継局をどこに置くかということ、場所によって随分通信の性能が変わる。これは直線の場合なんですけど、二次元の場合ももっとそうなりますので、うまく位置の調整、それからダイナミックにネットワークを変化させることが必要になってまいります。こういうのも、実は私どもの方で研究している状況です。

それから、先ほど紹介させていただいたスマホ d e リレーとこの無人機をうまくつないで、数キロ範囲、U A Sの飛行機の数にもよるんですが、多ければ多いほどエリアが広いんですけれども、そういうコンビネーションを考えた通信というのも実際我々の方で数年前に実証実験をやりまして、後ほど1分、2分ぐらいのビデオが出てまいりますけど、そういうことを実施しました。

それから、少し遅延の許せる通信であれば、U A Sでこういう……、当時実験していたときは1台100万円から150万円だったんですが、壊したこともあるので、操縦が非常に難しいと戦々恐々で、総務省さんに怒られるかなと思っ
ていろいろ、非常に丁寧というか、できるだけ慎重に実施したんですけれども、飛ばして戻すということであれば遅延を許す通信ですので、データを収集して

という使い方ができるということで、いろんな使い方があるということでございます。

これは大学、当時青葉山キャンパスの方ではまだ飛ばせる状況だったので、これを飛ばして通信を実験していた当時の様子です。これはまだ100万円ぐらいの機械だったんですけれども、今は二、三十万円になってまいりました。

(映像上映)

【加藤教授】 こんな感じでやっていました。中継の機能も含めて実験していたということです。

もう1つはNICTさんとも一緒に実験しております、これは米国から輸入した無人機なんですけれども、これは旋回型のもので翼がついておまして、1台2,000万円ぐらいするそうです。上空ですと4キロまで飛ばせて、電池だと2時間ぐらいもつという無人機です。

これを下で携帯電話、スマホを飛行機に縛りつけて、下からどこまで通信をやるかというテストをしていました。これは当時の様子で、一、二分ぐらい。これは縛りつけている様子で、これはNICTの三浦さんなんですけれども、投げ飛ばすということでスタートをさせるという、こんな感じですよ。紙飛行機の大型版みたいな感じです。それで、通信のアクセスポイントが上空にあるという雰囲気になるんですが、下でスマホを使って通信のテストをしている、計測している状況です。

そうこうしているうちにもっと研究が進んでまいりまして、先ほど申し上げたように、1つの周波数の中で、たくさんの飛行機、通信を実現しなきゃいけないということで周波数の共用という問題が出てまいりまして、私どもは今、そこを少し実験しているという状況でございます。

これは大学の方で設計してつくらせた装置なんですけど、非常にまだまだ大型なものでして。これは今年の冬に……、去年でしたか、福島に実験するフィールドがあって。なかなか飛ばす場所を見つけるのが、仙台にもあるんですけれども、このような実験ができる場所が海岸沿いにしかなくて、仙台の海岸沿いなんですけれども……。後ほど1個、福島で行った実験がまた出てまいります。これをつるして、白いものが開発した通信機です。本当はもっと小型化しなきゃいけないんですけれども。こういうものを飛ばしながら、通信の実験をしているとい

うことです。何が難しいかという、動き出すと通信の条件が変わりますので、コンスタントではなくなるのでスピードが上がらないという状況が発生します。止まっていれば非常にやりやすいということです。

それからもう1つ。これはつい最近、2週間前に、東北総合通信局のプロジェクトがございまして、たまたま仙台あたりでやるということなので私が主査に指名されたんですけれども、400MHz帯を使ったモニタリングのシステムを作っているということなんです。どういうことかという、飛行機が見えない所まで行ってしまいますので、有人地帯で飛ばすにはどうしても安心・安全を確保しなきゃいけない。そうじゃないと有人地帯での飛行が難しいということなので、じゃ、どういった周波数帯でどのぐらいの範囲でコントロール、管理、モニタリングをすればいいかというのは実験しなきゃいけないということで、今、総務省さんの方で環境整備のために一生懸命やっているという状況なんですけれども、400MHz帯というのは非常に回り込みのよい周波数帯ですので、遠くまで届くということです。

これは南相馬市で実験した様子です。ここに1つありまして、この辺に黒いものがありまして、当時飛ばしたのは2機でして、GPSで受信した2機の位置を400MHz帯を使ってコンスタントに、1秒おきに地上のモニタリング装置にそのシーンを、情報を飛ばしてきて、地上の方でそれが高精度に見えるという公開実験を実施しました。ちょうど2週間前の新聞なんですけど、目視外ドローンの位置把握ということで、新聞社も数社来まして、テレビ局も放映されたということです。これは双葉電子工業の方でつくった装置なんですけれども、非常に小型で、さっきお見せした小さなドローンにも搭載できるということです。とりあえず今現在できるのは10キロ四方で、50機の位置把握ができるという状況です。

これが実現されるとどういうことができるかという、まず物流です。今、例えば市街地などでは見えない所まで飛ばせないということで、ドローンの性能にもよるんですが、ある程度安全・安心が確保できれば、常に監視下における状況になれば、将来荷物を運ぶのは山間部だけじゃなくて、有人地帯でも密集地でも実現できるのではないかという話、そういう期待がございまして。

それからもう1つ、先ほど情報通信の立場からすると、マルチホップのパケッ

ト伝送が実現されるという映像伝送の話もございます。どうしても課題はたくさんあるんですけれども、先ほど申し上げたように、リアルタイム制の通信速度の問題、それからセキュリティーを今後どういうふうに担保していくか。さっきのセキュリティーと言っているのは、どういった機械がどこで飛んでいるかという位置把握のセキュリティーなんですけど、実際飛んでいる情報とかいろんなほかの通信のセキュリティーの問題もあるので、そういうものも柔軟にやらなきゃいけない。

それから、有人機と無人機、衝突回避という問題。無人機同士もありますし、無人機と有人機が接近したときに誰がどう迂回させるかというのは、やはりいずれ問題になってまいりますので、そういったことが今後の課題になる。周波数もめるかどうかに関しては、そういう潜在的な問題もあるということなんです。

最後に、あと10分ぐらいなんですけれども、AIでネットワークを制御する話題を御紹介させていただいて終わりにしたいと思います。これはどういうことかということ、先生方皆さん御存じだと思いますが、AlphaGo。2016年3月に、韓国の方でイ・セドルさんという世界チャンピオンに3対1で勝利して世界にかなりの衝撃を与えたということだったんですけれども、たまたま私がドクターの時代にAIの研究もしておりまして、実はドクター論文はAIのパターン認識という、AIといっても統計処理で、そういうデータベースの統計処理なんですけど、そういうのをやっておりました。しばらくは放っておいたんですが、こんなにホットであればもう1回やってもいいかなと思っておりました。当時、大分限界が見えていて、この後、深層学習という日本語のキーワードがあって、ディープラーニングと同じ意味なんですけど、当時は3層のニューラルネットワークで私たちはやっております、かなり計算能力、それからメモリの大きさ、性能に左右されて、それ以上は進まなかったんですけれども、30年ぐらいたちますと大分計算のスピード、それから計算の方法も改良されて、碁の世界ではああいうセンセーショナルなことが起きました。

一方、しばらくは悩んでいたんですが、もしやるとしたら、また古い技術というか、やり方を思い出して、サイズを拡大して同じことをやってはあまり意味がないということですので、AIで何とかネットワークの制御ができないかとい

うことで、しばらく学生たちと悩んでいたということなんです。ゆくゆくはこういう大きなネットワークを全部A Iで制御、後で御紹介しますが、今のネットワーク制御は全くA Iの機能が入っていないくて、単なる機械的にタイミングを見て、パケットを見て、制御の方法を決めるということなんです、いずれはA Iでもってこういう大きなネットワークを制御できないかなという夢を持っています。なかなか現実的には、何をやるにしても計算パワーが必要ですしメモリの容量も必要ですので、試しに現在我々が、せいぜい4掛ける4のノードのサイズを今やっと10掛ける10ぐらいまでは行ったんですが、いずれ1,000掛ける1,000とかいうことを目指して今やっています。

原理は、A I、深層学習、非常に単純でして、要は入力層があって、出力層があって、真ん中に何層あってもいいし、1層には何個のノードがあってもいい。こういうのがディープラーニングのネットワークです。問題は、どういうふうにネットワークを設計して訓練をさせる、トレーニングをさせるかというのが一番のポイントでして、そういうところで工夫点が出てくるということです。

私たちが一番工夫したところは、今までのネットワークの制御というのは、インターネット上は全部こういうルーターの固まりなんですけれども、パケットが1つのルーターに入ると、例えばR1からR16まで行くにはこういうルーティングを決めてあげる必要があります。これはどんなルーターでも必要です。それを決めるには、実はルーティングのテーブルを常に近隣の、例えばR6であれば7とか2とか5とか10とか、シグナリングというんですが、近隣同士のルーターと常に情報交換をしながら、隣が生きているか、どのぐらいの能力を持っているか、現在は飽和しているかどうかというのを知った上でパケットを送り出すという仕組みになっておりまして、それを機械的にやっているわけです。

それをディープラーニングの方でパターン、学習でもって解決できないかということで提案しています。A l p h a G oを世界で最初のディープラーニングというのは、たくさんの過去の対戦事例を学習させて機械がどんどん賢くなっていったんですけれども、その後A l p h a G oのZ e r oというものが出てきまして、A l p h a G oのZ e r oというのは、全く対戦のサンプルを与えずに碁のルールだけを全部教えてあげて、対戦もゼロからスタートさせるということで、全く教師なし、先生がつかないというトレーニングデータのない学習

方法を使っています、さらにいい効果をもたらせたということです。

AIとは言っても、ルールがはっきり決まっている事柄、事象であればAIがかなり進むんですけれども、個人的には、このネットワークの制御というのものはっきりした指標があるので適用できると思っておりまして、例えば遅延、レイアウトとかパケットがなくなるとかいうことでメトリックを設けてやれるんですけれども、AIとは言っても、例えば自動運転とか人間の感情とか、曖昧な判断が入る必要のあるところではまだまだ年数がかかるかなと思っております。このネットワークの制御に関しては、とにかく沢山のトラフィックのサンプルを与えればいいということで、実際、現実的には収集するのは難しい状況なんですけれども、我々の方で疑似的に人工的なパケットをつくり出す——乱数でもって様々な組合せを機械に任せてどんどんつくり出して、ビッグデータを準備して学習させて、こういうことを実現させたわけです。

これはどういうことかという、このディープラーニングの方法を使えば、こういうルーティングの、ルーターが実際要らなくなる。ルーターが近隣から情報をもらう代わりに、パケットが入った瞬間に、どの経路からどこに行くかを全部指示して決めてやるのが可能なわけです。それを、それぞれのルーターのところでディープラーニングの学習機能を持たせるということを想定しております。

現在では、まだそれは難しい状況です。なぜかという、かなり計算パワーが必要ですので、また、現在のルーターではそういう計算の機能を持っていない。単に左から来たパケットを右に吐き出すということしかやっていないんですけれども、しかし、碁の世界ではどんどん計算パワーが出てきたおかげでああいうことができたわけで、もしかすると、10年、20年後にはこのアイデアも実現されるかなと期待を持っているわけです。

詳細は、時間の関係で、ニューラルネットワークの仕組みだとかいうのは省略させていただきますが、これはどういう学習をしているかという、経路計算システムに、隠れ層があって、入力層があって、ここは疑似的に生成した大量のトラフィックパターンを入力してあげるということで、実際学習は何をしているかという、ウエイト、重みを修正してやる。それから、バイアスというのがある、それぞれノードに関しては修正するバイアスの値を数学的な方法でもって計算してあげるということをやるわけです。行ったり来たり、だんだん目標値

に近づくと学習がとまるという仕組みになっております。終わってしまえば、大きな数値のテーブルがこの後行ったり来たりしても、最後は1つの数値のテーブルがこういうふうに固定されて、学習が終わると、べらぼうな、大量なテーブルが中で記憶されるという感じです。

詳細は省略させていただきますが、いずれにしても、非常に可能性のある、AIでネットワークを徹底的に制御するというアイデアですので。この辺はAIのニューラルの話ですので省略させていただきますが、我々の実験では、まず比べたのは信号の、シグナリングのオーバーヘッドなんですけれども、大分改善されることを確認しまして、さらにニューラルネットとはいつでも様々な形のニューラルネットが、ディープラーニングの方法があるので、またいろんな方法を試しながらいい方法を見つけていって。現在、まだ研究中なんです。

最後に、なぜ学習がいいかというのを、1つのビデオクリップをつくってありますので、きっとお分かりいただけるかなとは思っております。これは2分ぐらいで終わりますので、時間どおりに終えたいと思います。左側が、少し極端なトラフィックを入れてありまして、どういうことかということ、この3つのルーターがありまして、上のグラフがこれからこのルーターに入るトラフィックのパターンなんですけれども、山が同時に……。御覧いただければわかると思いますが、横軸は時間なんです。縦軸はパケットの数。何が特徴かということ、振動しているんですね。わーっとピークが来て、また減っていて、またピークが来てという感じのトラフィックなんです。これを従来のルーティングでやるとどういうことが起きるかといいますと、最初は、時間の推移とともに来まして、混む状況があります。真ん中のルーターというのは一番短い経路ですので、みんなここを目指すとすると2ホップで行くんですが、従来のネットワークのルーティングですと最短路を選ぶから全部真ん中に集中するということで、真ん中がこの赤棒のように満タンになってくる。パケットがあふれて落ちてしまうということなんです。

一方、この状況が過ぎてしまいますと、このタイミングで真ん中のルーターが、自分がだめだということを周りに告げて今度は迂回モードに入るんですけれども、迂回モードになりますと、今度は空いていてもどんどん周りから回り込むということで、逆にここは空いてまいます。有効な資源が使われなくなるという

欠点があるわけです。また、今度、一斉に混み出すと、さっきと同じような状況で、また同じように真ん中が混んできます。これは何でこうなっているかという、時間の間隔を決めて混む、混まないというのを伝えているためであって、要は、機械的にしかやっていないということでこういうことが起きるわけです。

繰り返しになるんですけれども、今度はA Iの方でやりますとどうなるかという、当然、事前に大量のデータをまず学習させて、いろんな組合せを学習させた上で、様々な経験値をさっきのテーブルで記憶させるということで、例えば、同じようなトラフィックパターンなんですけど、密度も混んでいる状況で行き先が分かっているのであれば、最初からこの状況でそれぞれ自分なりの道を選んでやれば、渋滞が回避されるという仕組みなんです。

さっと一瞬で終わったんですが、要は、どういう状況が発生し得るかというのは、過去の経験でもって全部知っているということで、ただしコストというのは、大量なメモリと計算が必要という代償があるわけです。非常にアイデアとしてはおもしろいということで、発表した論文が私どものいわゆるトップジャーナルのところで、順位がつくというところまで行くのも大変なんですけれども、この数カ月間はトップテンとか今入ってまいりました。これは去年12月に、GLOBECOMという3000人ぐらいの学会でもらったベストペーパー賞です。これはまだすぐ実現できる話ではないので、どんどん実証実験なども可能であれば重ねていきたいと思っております。

すいません、5分ぐらい超過したんですが、このあたりで終えたいと思います。本日はどうもありがとうございました。何か御質問があれば。

【中山委員長】 ありがとうございます。大変興味深い内容だったと思います。しかも、3・11の御体験に基づいての御研究ということで、そういう意味でも非常に参考になりました。

先生方、いかがでしょうか。何か御質問がありましたら、どうぞ。

【真田特別委員】 すいません、大変興味深い御研究をありがとうございました。

特にA Iの研究は非常に最近注目されていて、私も少し勉強している最中なので教えていただきたいんですけれども、このネットワークにA Iを使うときに、入れるデータとしては、どういう形式のものをA Iの中に入力しているんで

しょうか。

【加藤教授】 さっきさっと飛ばしてしまっただんですが、今回我々はいわゆる疑似パケットというのを生成して使っています。今現在は数なんですけれども、例えば1,500バイトのパケットであれば、ランダム的にそれぞれのルーターで疑似的に生成させて、その組合せで時刻ごとの組合せをたくさんつくって入れてやるということを今やっております。

【眞田特別委員】 入れて、そのときの反応をデータベース……、例えば、遅延とかスループットとかをデータベース化して……。

【加藤教授】 そうです。

【眞田特別委員】 入れてやって、出力が最適経路を出すような……。

【加藤教授】 そうです。結局そこは言わなかったんですが、出力は何の出力かという御質問だと思いますが、本来ですと、全ての組合せの中で一番いいのを選ぶんですが、計算の関係で今回はネクストホップだけ出力させているということです。

【眞田特別委員】 わかりました。世の中でAIはいろいろあるんですけれども、一般的には、万能の知識で何でもしゃべってくれるように思うのですが、実際やってみると、何を入力されて、何を出力させるのかというのが、結構重要なのかなと思って拝見したんですが。

【加藤教授】 そうですね。スライドの中で、どういった出力でどういうエラーの状況なのか、スライドのどこかに出ております。出力は何なのかというのは、この資料ですと53ページに、経路全体なのか、ネクストホップ、次ルーターなのかというのを示しております。とりあえず4掛ける4でこういう結果が出ているという状況です。

【眞田特別委員】 わかりました。ありがとうございました。

【加藤教授】 かなり専門的な御質問で……。

【眞田特別委員】 すみません、学会みたいになっちゃって。

【加藤教授】 そのうち、眞田先生も貢献いただければ。(笑)

【中山委員長】 ほかにはいかがでございますか。どうぞ。

【荒川委員長代理】 1点、私も最後のAIので。これはルーターとかネットワークが固定という想定ですか。それとも、いろいろ変動があり得るということ

ですか。

【加藤教授】 大変いい御質問なんですけれども、今回は固定ということで、動かない。将来は、移動することも視野にはあるんですが、まだどうやって手をつけたらいいかというのは分からないので。さらに変化するパラメーターが増えますので、電波の環境とかビッグデータをどういうふうに準備したらいいかというのは、今の計算パワーでは、果たしてそれはできるかどうかも含めて研究が必要になってきます。

今、我々は、ネットワークの層的に言えば、ネットワーク層のことをやっておりまして、現在同じようなディープラーニングの方法を使ってフィジカルレイヤー、電波層、電波環境までいろんな、そこもビッグデータが変化するので、そこも似たようなディープラーニングの方法を使ってやっている人たちもいますので、いずれはその2つをコンバインするような形で進むかなと思っています。

【荒川委員長代理】 ありがとうございます。

【加藤教授】 ありがとうございます。

【中山委員長】 難しい質問が続いておりますが、ほかにはいかがですか。

それでは、私から1つですが、D2DにしてもUASにしても、災害時に使われるということでは分かるかなと思うんですが、それが普段のものに使われるということになってくると、プライバシーの問題というのがどうしても出てくるでしょうし、その点の関係でもセキュリティーという問題が出てくるんですが、そのあたりは一緒にどういう形で進められているのかというところを教えてくださいたいと思います。

【加藤教授】 先生の御指摘のように、大変重要な問題なんですけれども、実は、まだ……。飛ばして通信させることに関しては、今、夢中な状況なんですけど、飛んだ後はどういうプライバシーの問題が具体的にあり得るか、あるいはセキュリティーの問題——セキュリティーは地上ネットワークでは相当研究されていて、暗号化されてある程度は保障されているんですけども、じゃ、UASにしてもD2Dにしても、人のパケットを、例えば1回自分のところで中継させるわけですので、そのままのパケットでは当然具合が悪いので、暗号化をかけるのもそうですし、どこまでどうかければいいのかというのは、そこは当然大きな問題として、学会でも常に聞かれる質問です。

とりあえず、震災のために中継することを最大の目的として、さっきビデオでお見せした技術をつくったんですけれども、じゃ、将来例えばバッテリー……、今、バッテリーの消耗も実は結構激しいので、人のパケットを中継するとテザリングをやるような感じであつという間に電池がなくなるということなんですが、将来電池の容量と、それから、例えば車と一緒に動くとか、あるいはソーラーパネルがついた状況で、もう少しバッテリーが充実した環境の中でセキュリティーをどういうふうに考えるかというのはまた大きな問題ではあるんですけれども、まだ研究の途上ではございます。

【中山委員長】 ありがとうございます。

ほかにはいかがでございますか。どうぞ。

【小塚特別委員】

私も委員長と同じような関心ですが、このシステムでは、どこに向かってデータを出したいという、メールでいうと送信先のアドレスのような情報というのは、それぞれのパケットにはどういう形で載っていて、中継している端末にはどの部分の情報が残る、あるいはキャッシュされるという形になっているのでしょうか。

【加藤教授】 パケットは、通常IPパケットですと、ソースとデスティネーションのフィールドにIPアドレスを記入するところは必ずあって、そのほかにルーターのアドレスとかもいろいろ全部あって、パケットのフォーマットが共通化されていますので、どのルーターでもそれは認識できるようにはなっているんですけれども、それに基づいてやっているという状況です。

さっきの最後のAIの話がいずれ実現されると、パケットの、今現在のフォーマットすら要らなくなって、最初から、例えばこの提案したものが実現されると、入り口のルーターのアドレスと出口のルーターのアドレスと、途中で通過するあらゆるルーターのアドレスを一気にパケットの中に書き込んで、次のルーターに行ったら隣のルーターのどれ——1本のルーターが、場合によっては3本足になって4本足になってという可能性もあるので、とにかく次から次へと吐き出していくという仕組みになんですが、パケットのフォーマットが少し変わると考えております。

【小塚特別委員】 そうすると、最初のスマホdeリレーのときのものは、目

的地にあるパソコンのアドレスが入力されていて、それを各端末が認識している。しかし、最後のAIのネットワークになると、そもそも各端末自体は最後の行き先すら認識していない、次の端末さえ認識していればいいということになりますか。

【加藤教授】　　そうです。

【小塚特別委員】　なるほど。

【加藤教授】　　中継するのであれば、中継機であれば、次は誰に出すかというのは、それさえ情報がわかれば、目的地にはたどり着くので。

アドホックの場合は非常に厄介で、動いていますので、デスティネーションがある瞬間ではここにあるんですが、別の瞬間になると別のノードとつながっていて、常に変わるということなので、そこをまた考えなきゃいけないという。D2D通信のさっきの、例えば数百ノードとか数十ノードで1キロぐらいをカバーするエリアであれば、みんながとまっていればネットワークの接続の状態が変わらないんですけども、車に乗せたり自転車に乗せたりすると、1分ごとに、数秒ごとに、見えなくなったり別のノードと近くなったりしますので、ネットワークの接続を維持するために、その更新情報をまた常に伝搬させなきゃいけないという状況なんです。

【小塚特別委員】　　ありがとうございます。

【中山委員長】　　どうぞ。

【矢入特別委員】　　とても興味深いお話、ありがとうございます。自分もこういうディープラーニングを使ったシステムとかでいろいろやっているんですけども、実用化されるときに、事前にどの程度システムが学習済みになっていて、それで実際ネットワークにそれをつないだ場合に、そこからオン・ザ・ジョブ・トレーニングのようにまた逐次学習なさいますよね。そこら辺の線引きというのは、最適値みたいなものは既にお分かりになっていらっしゃるから教えていただけるとありがたいです。

【加藤教授】　　いえいえ、そこは大変難しいところで、ぜひ一緒に研究をやりたいなと思っています。(笑)

今、ノード数というと、さっき申し上げたように、まだ数十ノードぐらいの程度のことしかできなくて、しかも、全パターンを学習すると豪語していたんです

が、とてもそれが難しいので、準備ができない。そうすると、例えばネットワーク上で現在公開されているデータのパターンもとり入れて、あと、実際トラフィックを打ち込んだときに発生したパケット落ちとか遅延とかいうのを常時認識しながら、先生がおっしゃるような、フィードバックをかけて、ディープラーニングのネットワークの重みとか、極端な場合、サイズも変えてやるということは考えてはいるんですけども、まだ手をつけられておりません。そういう状況です。

【矢入特別委員】　今は、学習システム全体が全部同じ機能でフラットな構成にされていますけれども、いずれ実用化になった場合は、一番上でサーバー的な機能を持ったものとか、またその中間的なものとか、いろんな役割のものに分化する可能性はあるのでしょうか。

【加藤教授】　はい。幾つかのクラスターに分かれて、途中で何本かつながっていて、より現実……、今、全く非現実的なネットワークで、フルメッシュの、4掛ける4のグリッド型でやっていますけれども、いずれは、少し専門的になってしまうんですが、NS2とかのシミュレーターの中で、より現実ではネットワークに近いネットワークを吐き出させて、そこで適応可能かどうかも含めて検討していますが、リソースの限りもあるので、ぼちぼちやっているという状況はあります。

【中山委員長】　ほかにはいかがでございますか。よろしゅうございますか。

ほかに御質問等がないようですので、これで質疑を終えたいと思います。加藤先生には、本日は本当にお忙しいところ、ありがとうございました。

【加藤教授】　どうもありがとうございました。

【中山委員長】　来年以降も2位以上をキープされることを祈念しておりますので。

【加藤教授】　ええ。またよろしく願いいたします。

【中山委員長】　それでは、暫時休憩して、御退室いただくことにします。

【加藤教授】　速やかに撤去いたします。

(休 憩)

<議題2 事業者等相談の状況について>【非公開】

※この部分については、非公開にて開催した。

<閉会>【非公開】

※この部分については、非公開にて開催した。