

# 通信事業者向け インテリジェント ネットワーク、 AI、機械学習

業界での採用は  
大きく進展するも  
課題は残る

A Linux Foundation Networking publication

# 目次

<b>1. エグゼクティブ サマリー: 概要と重要なポイント</b> .....	<b>3</b>
重要なポイント .....	3
<b>2. 背景と歴史</b> .....	<b>4</b>
<b>3. 最先端技術: GenAIとLLMの台頭</b> .....	<b>5</b>
LLM(大規模言語モデル) .....	5
生成AI(Gen AI) .....	5
<b>4. 課題と機会</b> .....	<b>6</b>
4.1 AIで解決できる可能性のある 通信業界の一般的なペイン ポイント .....	6
4.2 通信業界のペイン ポイント解決に向けたAI適用の課題 .....	7
4.3 新たな機会 .....	9
<b>5. 何がインテリジェント ネットワーキングをAI適用の ユニークなケースにするのでしょうか?</b> .....	<b>11</b>
<b>6. プロジェクトと研究</b> .....	<b>13</b>
6.1 3GPPインテリジェント無線アクセス ネットワーク(RAN) .....	13
6.2 コアネットワークの変革 .....	13
<b>7. オープンソースはどのように役立つのでしょうか?</b> .....	<b>15</b>
7.1 関連するオープンソースの状況 .....	15
7.2 共通ビジョン: オープンソース ソフトウェアを活用した XGネットワーク用インテリジェンス プレーン .....	18
<b>8. 行動の呼びかけ</b> .....	<b>19</b>
最後の考え .....	20
<b>謝辞</b> .....	<b>20</b>

# 1. エグゼクティブ サマリー: 概要と重要なポイント

LF Networking (LFN) が、2021年に画期的なホワイトペーパー「**Intelligent Networking, AI and Machine Learning**」を発表して以来、通信業界では、人工知能 (AI) と機械学習 (ML) 技術への関心と採用がともに飛躍的に成長を遂げました。まだ初期段階ではあるものの、業界は今や、当時最先端であった技術の冷やかしやラボテストの段階をはるかに超えています。通信会社がインテリジェント ネットワーキングを利用するケースが増えており、その真価を発揮しつつあります。その目的は、次世代ネットワークへのインテリジェンスの導入か、もしくは、チケットの相関関係や予知保全などのネットワーク管理タスクの自動化です。

LFNとオープンソースは、**基盤となるデータ モデル**の共通理解の構築から**インフラストラクチャー モデル**や**統合ブループリント**の開発に至るまで、主要プロジェクトを継続的にサポートすることで、インテリジェント ネットワーキング技術の育成と開発において極めて重要な役割を果たします。

インテリジェント ネットワーキングとAIの未来は、新規および既存のプロジェクトや取り組みに貢献する意欲と能力のある個人や組織の手にかかっています。ネットワークの構築と運用、ネットワーク技術の開発、ネットワーク サービスの利用に携わる人は、LF Networkingへの参加を検討する必要があります。LFNのプロジェクトやコミュニティに参加することは、インテリジェント ネットワーキングの未来を形作るための教育的でやりがいのある方法になり得ます。

## 重要なポイント

- インテリジェント ネットワーキングは急速にラボから出て、本番環境に直接導入されつつあります
- 運用保守とサービス保証は依然として優先事項ですが、ネットワークの最適化と効率化を推進するためにAI/MLを使用することへの関心が高まっています
- 業界全体の相互運用性をサポートするため、インテリジェント ネットワーキングに関する共通理解とベスト プラクティスの確立のために、さらなる研究開発 (R&D) が必要です
- 共通または共有のデータソース開発と標準化に向けた取り組みはいくつか行われてきましたが、依然として課題が残っています
- LFNと広範なオープンソース コミュニティは、現在そして将来にわたって、インテリジェント ネットワーキングの開発を促進するための重要な貢献者です。
- LF Networkingコミュニティとプロジェクトは、すでにAI駆動型ネットワークの多くの構成要素を生み出しています。コラボレーションはすべての人に開かれています。

## 2. 背景と歴史

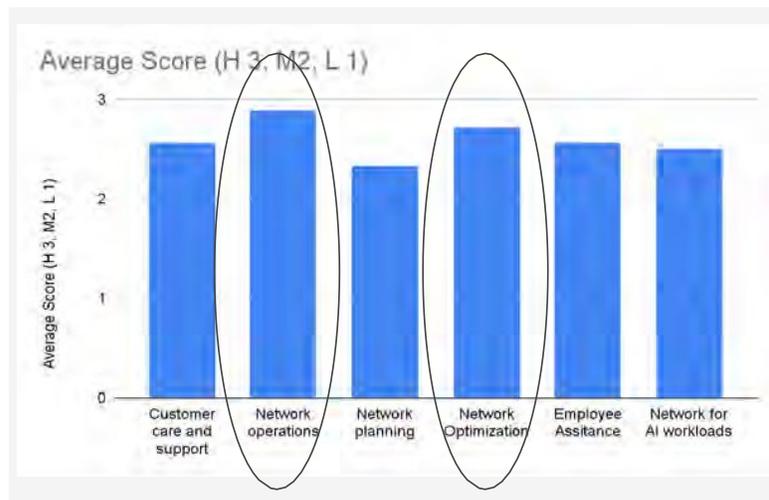
本質的に、通信会社は、ネットワークを拡張して何百万ものユーザーに信頼性、透明性、効率性をもってサービスを提供する必要性に駆り立てられたテクノロジー企業です。これらの野心的な目標を達成するには、最新のテクノロジーを取り入れてネットワークを最適化し、接続された世界の飽くなき帯域幅への欲求を満たす必要があります。

これを効率的に行うには、ネットワーク自体がよりインテリジェントになる必要があります。2021年末、LFNは初の**通信業界におけるインテリジェント ネットワーキングの現状**に関するホワイトペーパーを公開しました。70名以上の通信のコミュニティメンバーを対象に実施した調査によると、この分野はまだ初期段階にあり、ほとんどが研究プロジェクトとラボ実験で、自動化やチケット解決の迅速化に関連する運用への展開はわずかであることがわかりました。この調査では、回答者がインテリジェント ネットワーキング、機械学習、および通信業界全般の将来に対するその約束に対して強い関心を持っていることが浮き彫りになりました。

2023年に早送りすると、LFN Governing Board and Strategic Planning Committeeの要請により、新しいプロジェクト イニシアチブ (**Nephio**、**5G Super Blueprint**など)と既存のプロジェクト (**Anuket**、**ONAP**)の両方ですでに浮上し始めていた取り組みを調整し、集中させるために **LFN AI Taskforce**が設立されました。タスクフォースは、このエキサイティングな新興の研究と技術分野でLFNが進むべき方向の提言を行う憲章をGoverning Boardより受けました。このドキュメントの残りの部分で提供される情報は、タスクフォースの分析と調査結果に基づいています。

タスクフォースが決定した分野は以下です。

- AIアプリケーションの研究開発のためのパブリック ネットワーキング データ群の作成方法、維持方法 (GBメンバー調査で#1にランクイン)
- AIを活用したネットワーク運用技術の構築における実現可能な(短期的)目標の特定
- メンバー企業の貢献による既存ネットワークにおけるAI資産の評価
- 汎用ベースのAIモデルを分析し、ネットワーク固有のベース モデル作成の推奨 (GBメンバー調査で上位にランクイン)
- 推奨されるアプローチとオープンソース プロジェクトが次世代のインテリジェント ネットワーキング ツールに貢献する可能性



ネットワーク ユースケース グループ分析ーマクロ

## 3. 最先端技術 : GenAIとLLMの台頭

### LLM(大規模言語モデル)

AI研究におけるこの画期的な進歩は、簡単にアクセスできる膨大なデータ、広範なトレーニング モデル、人間のようなテキストをすばやく生成する機能によって特徴付けられます。これらのモデルは、特定の研究分野に固有のソースの膨大なデータセットによってトレーニングされます。LLMは、自然言語処理タスクの解釈方法を変えました。特に実り多い分野には次の物が含まれます。テキスト生成、言語翻訳、要約、自動化されたチャットボット、および定期的なクエリ応答などです。

### 生成AI (Gen AI)

Gen AIは、人間のテキスト、ビデオ、画像、または音声ベースの入力に基づいて、新しいコンテンツ、アイデア、またはソリューションを自律的に生成できる、はるかに広範なカテゴリの人工知能システムです。これには、コンテンツ生成用のリソース データ

としてのLLMが含まれます。そのため、Gen AIは、人間のようなクリエイティブなコンテンツをほんのわずかな時間で作成したかのように見えます。Webサイト、画像、ビデオ、音楽のコンテンツ作成は、Gen AIの機能の一部です。Gen AIの台頭により、企業ロゴの作成から企業ビデオ、最終消費者や企業向けの販売可能な製品、アクセスされるデータセットに基づく視覚的なネットワーク マップの作成まで、ビジネス ケースのさまざまな機会を生み出しました。さらに、自律的または人間の介入によるネットワークの改善のために実装に最適化されたマップを提供できることも、さらに有用な探求領域です。

この2つを組み合わせると、Gen AIを何に使用すべきか、そしてさらに重要なことに、人間の仕事とどのように区別できるかという疑問が生じます。多くの規制機関が、意思決定の特定や特定の問題や解決策を解決するためにどのようなコンテンツが生成されたかに関して監視しています。この組み合わせの基本は、セキュリティと安全性を確保し、バイアスを軽減し、Gen AIによって示された行動とそうでない行動を特定することです。

「Gen AIの台頭は、企業ロゴの作成から企業ビデオ、最終消費者や企業向けの販売可能な製品、アクセスされるデータセットに基づく視覚的なネットワークマップの作成まで、ビジネス ケースに多くの機会をもたらしました」

## 4. 課題と機会

生成AIとLLMの採用が多くの業界で広まっている一方で、皮肉なことに、通信業界はいくつかの正当な要因により、やや遅れをとっています。前回のホワイトペーパーで取り上げたように、業界全体の課題は変わりません。具体的には、運用コストを抑えながら顧客に提供するサービスを増やすために、通信事業者のインフラストラクチャーの効率と容量を向上させるという絶え間ないプレッシャーです。ネットワークトラフィックデータの複雑さと標準理解の欠如が、業界がネットワークサービスの提供を最適化するためのAI/MLの採用加速の障壁となっています。

このセクションでは、業界全体でインテリジェント ネットワーキングの継続的な研究と採用を動機付けるいくつかの課題をさらに掘り下げます。

### 4.1 AIで解決できる可能性のある通信業界の一般的なペインポイント

- **運用効率:** コストとエラーを削減しながら、同時に（潜在的に）利益率を向上させる継続的なニーズ
- **ネットワーク自動化:** ネットワークワークのハードウェアとソフトウェアの適切なサイジング、配置場所の最適化
- **可用性:** 機器のメンテナンス効率の向上に向けたシステムの単一障害点の特定
- **キャパシティ プランニング:** 過負荷のノードによる不要なアップグレードやネットワークパフォーマンスの低下回避

### インテリジェント ネットワーキングの主要な推進要因

- **ネットワーク計画と設計:** 正確なスモールセル配置、MIMOアンテナ、ビームフォーミング、最適化されたバックホール接続のための生成AI
- **自己組織化ネットワーク (SON: Self-Organizing Networks):** 自律的な最適化とネットワークリソース管理へのAIベースアルゴリズムの活用
- **共有インフラストラクチャー:** トレーニングと推論のに向けた5G RANインフラストラクチャーリソースの活用と、AI機能とネットワーク効率を向上
- **ネットワークプロトコルコード生成:** ネットワークプロトコルソフトウェアを生成するためのアシスタント機能の有効化
- **容量予測:** 不要なアップグレードや回線の過負荷によるネットワークパフォーマンス低下の回避など、ネットワーク容量を最適化に向けたAI活用

### 運用におけるAI/MLの主な推進要因

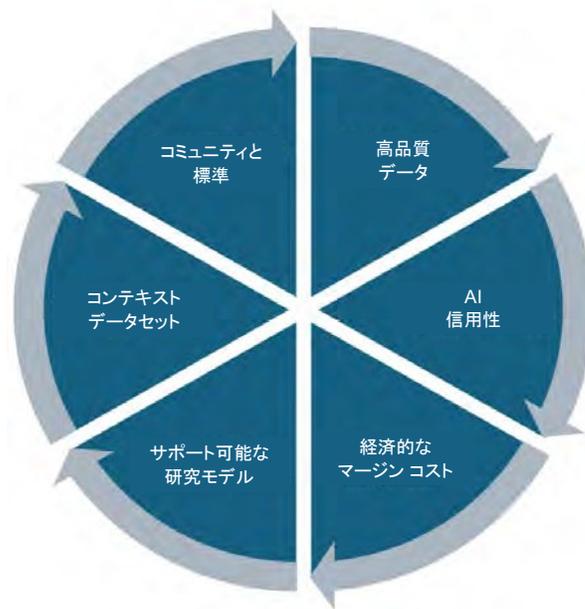
- **ネットワークAIOps:** ネットワーク全体の効率を自動化、合理化、改善するAIOps方法論の実装
- **予知保全:** 機器の故障を予測し、メンテナンスの効率を向上させるAIの活用
- **テクニカルアシスタント/カスタマーサービス:** LLMトレーニングを受けたテクニカルアシスタントによるリアルタイムの指導

## 4.2 通信業界のペインポイント解決に向けたAI適用の課題

上記ペインポイントの多くは、AIを適用することでうまく解決できます。ただし、LLMのような大規模なモデルを本番環境に導入する場合に、特に大規模に導入する場合には、他にもいくつかの問題が発生します。

### 高品質の構造化データの必要性

通信ネットワークは、システム間の多数の相互作用で構造化データが使用されるという点で、他のAIの人とコンピューターデータセットとは大きく異なります。ただし、ネットワークシステムの複雑さとベンダー実装の違いにより、これらの構造化データの標準化の度合いは現在非常に低く、システム間で一様に「解釈」できない「情報の島」が生じています。それらの間の相関関係を確立するための「標準ブリッジ」が不足しており、最新のデータ駆動型AI/MLアプリケーションを育成するための効果的な入力として使用することはできません。



### AIの信用性

キャリアレベルの信頼性要件を満たすには、ネットワーク運用管理を厳格で正確かつ慎重に行う必要があります。オペレーターは自律ネットワークの構築プロセスでさまざまな自動化手法を導入しましたが、通信とネットワークサービスの品質を確保する責任は依然として人間が担っています。言い換えれば、AIはまだ人間を支援している段階であり、人間の思考を完全に置き換えるほどには進歩していません。AIアルゴリズム自体によって生じた損失を責任者（アルゴリズムの開発者またはユーザー）として定義できないだけでなく、AI/MLアルゴリズムに基づく深層学習モデル自体が数学的統計特性に基づいているため、不安定な動作が発生することがあり、結果の信頼性を判断するのが難しい場合があります。

### 非経済的なマージンコスト

ネットワークAI技術の潜在的な適用シナリオは多数ありますが、1つの組織が特定のシナリオごとにカスタマイズされたデータ駆動型AI/MLモデルを独自に構築することは、研究と運用の両方において非経済的で持続不可能な非常に困難なタスクです。基本的なコンピューティングパワープロバイダー、一般的なAI/ML機能プロバイダー、およびアルゴリズムアプリケーション利用者間で効果的なビジネスモデルを構築する方法を決定することは、現場での効果的なアプリケーションにとって不可欠な前提条件です。

「1つの組織が[1つの組織のために]特定の[潜在的な]シナリオごとにカスタマイズされたデータ駆動型AI/MLモデルを独立して構築することは、非経済的で持続不可能な非常に困難なタスクです...」

## サポートできない研究モデル

特定のシナリオにおける従来のデータ駆動型専用AI/MLモデルと比較すると、LLMの研究と運用には、事前トレーニング データのスケール、トレーニング コンピューティング パワー クラスターのスケール、エンジニアリングおよび、その他のリソース要件の微調整、エネルギー消費、管理と保守などに対する要件が高くなります。通信業界は、これらの要件に対処するために、より協力的な方法を検討する必要があります。オープンソース コミュニティに提供される共有リソースは、この課題に対処する1つの方法になる可能性があります。

## コンテキスト データセット

見落とされがちなもの1つのハードルは、データセットをネットワーク化して、コンテキストで理解する必要があります。つまり、ネットワークは、以下のITスタックのすべてのレイヤーと限定せず連携する必要があるということです。

- **アプリケーション**: 顧客のアプリケーションが基盤となるネットワークで期待どおりに動作することを確認
- **セキュリティ**: 攻撃ベクトルが拡大するにつれ、セキュリティはこれまで以上に重要;顧客はネットワークが保護されることを期待しています。
- **相互運用性**: データセットは、他の通信事業者、クラウド プロバイダー、通信エコシステム内の他のシステムとの透過的な相互運用性のサポートが必要
- **OSS/BSSシステム**: ネットワーク サービスをサポートする運用および業務アプリケーション

「共有コミュニティリソースを備えたオープンソース中心のアプローチを使用することは、これらのクロスドメイン機能を実現するための実行可能なアプローチになる可能性があります。」

## コミュニティの団結と標準

機器メーカーは、プロフェッショナル ネットワーク/シングル ポイント機器向けに多くのドメインのAIソリューションを提供できますが、これらのソリューションは「視野」が限られており、エンドツーエンドのサービス品質保証や障害への迅速な対応など、よりグローバルな視点を必要とする問題を解決できません。事業者は、統合データ共有プラットフォームを構築して、さまざまなネットワークドメインの管理および保守データを集約し、これに基づいて、シナリオ固有のAI、エンドツーエンドのシナリオ、および応用推論プラットフォームを使用したドメイン内シナリオ向けに、統合コンピューティング リソース プール、基本的なAIアルゴリズム、推論プラットフォーム(つまり、クロスドメインAIプラットフォーム)をさらに提供する必要があります。共有コミュニティリソースを備えたオープン ソース中心のアプローチを使用することは、これらのクロスドメイン機能を実現するための実行可能なアプローチになる可能性があります。

## 4.3 新たな機会

通信業界は、以前より統合インフラストラクチャーに取り組んできました(例えば、Voice Over IPは長い間業界標準でした)。ただし、ネットワークとインフラストラクチャーの統合によってさらに効率を高めるためにできることはまだまだたくさんあります。例えば、以下です。

### 統合インフラストラクチャー

AIの成長と持続可能性をサポートするためには、統合インフラストラクチャーが必要です。これは、コンピューティング、ストレージ、ネットワーク、仮想化を統合するように設計された単一のソリューションが必要な場合に特に重要です。データ量はハイパースケール データを超えて増加する傾向にあり、このような膨大なデータ処理要件では、実行する能力が重要です。既存のインフラストラクチャーに対する要求はすでに大きく、すべてをまとめて連携させることが、リソースの需要を維持および拡大するための鍵となります。

そのためには、コンポーネントが効率的に連携する必要があります。ネットワークは、GPU(Graphics Processing Units)やTPU(Tensor Processing Units)などの特殊なハードウェア アクセラレータを備えて、現在の能力を超えてAIワークロードを高速化する上で重要な役割を果たすでしょう。統合インフラストラクチャー ソリューションにより、AIモデルの展開をより迅速にし、反復により更に効率的になり、洞察をより迅速に得るようになります。これにより、次世代のAIへの道が開かれます。

### 統合サービスと統合ソリューション

AIと従来のサービスを組み合わせた統合サービスと統合ソリューションは、最終顧客に強化されたサービスを提供できる可能性があります。さらに重要なのは、これらのサービスがAI主導の洞察、自動化、パーソナライゼーションを活用して、ユーザー エクスペリエンスを最適化し、効率性を高め、業界全体でイノベーションを推進する必要があることです。これには、ヘルスケア、法律、小売、インシデント追跡など、すでに多くの既存の業界ユース ケースがあります。統合サービスによって提供される分析は、リアルタイムの追跡、対応、修復を可能にする自動化された洞察とツールを提供します。

### ビジネス イノベーション:新しい収益源

データの収益化には、生データの販売、データ分析サービスの提供、顧客向けのデータ駆動型製品やソリューションの開発など、さまざまな戦略が含まれます。組織は、どの人材グループもすぐには特定できない貴重なデータセット内に隠れている洞察、パターン、傾向を特定することで、データを収益化できます。これらの洞察は、顧客や組織にさらに役立つ新しい製品やサービスの作成に使用できます。これは、匿名化されたデータを収益化し、それを活用してビジネス効率を高め、製品の

方向性を決定し、新しい市場開拓戦略を決定したいと考えている組織にとって、新しい戦略的ビジネスチャンスです。

### データのプライバシーとセキュリティ

ネットワーク データを収益化する能力には、大きな注意点があります。それは、顧客データの使用は、データのプライバシー、セキュリティ、規制遵守を確保するために慎重に扱う必要があるということです。これには、匿名性、安全性、プライバシーを常に確保するための明確なポリシーとセキュリティ手順が必要です。良いニュースは、AIは予測分析と脅威分析により、ネットワークの脆弱性、ゼロデイ攻撃、その他のセキュリティ関連の問題の増大する脅威に対処できることです。

### データモデルの簡素化

大規模言語モデルを使用すると、大量の構造化されていない運用や保守のデータ(例えば、従来では人間とコンピューターの相互作用や人間同士のコラボレーションのシナリオであるシステムログ、運用保守作業指示書、操作ガイドや社内文書など)を理解し、そこから有効な知識を抽出して、さらなる自動/インテリジェントな運用保守のためのガイダンスを提供し、自律メカニズムの適用範囲を効果的に拡大することができます。

「共有コミュニティリソースを備えたオープンソース中心のアプローチを使用することは、これらのクロスドメイン機能を実現するための実行可能なアプローチになる可能性があります。」

## 5. 何がインテリジェント ネットワーキングをAI適用のユニークなケースにするのでしょうか？

LLMの力を、インテリジェント ネットワーキング、ネットワーク自動化、およびネットワーク スタックの任意のレベルでの通信ネットワーク全般の運用と最適化に関連する問題やアプリケーションにどのように活用できるかについて、自然な疑問が生じます。通信関連アプリケーションのデータセットには、業界固有のいくつかの特殊性があります。1つは、完全に構造化されたデータ(コード、スクリプト、構成、時系列KPIなど)から半構造化データ(syslog、設計テンプレートなど)、非構造化データ(設計ドキュメントと仕様、Wiki、Githubの問題、電子メール、チャットボットの会話)まで、多岐にわたることです。

もう1つの問題はドメイン適応です。通信データセットで遭遇する言語は、非常にドメイン固有である可能性があります(CLIコマンドとCLI出力、フォーマットされたテキスト、ネットワーク スラングと略語、syslog、RFC言語、ネットワーク デバイスの仕様など)。LLMモデルの既成のパフォーマンスは、それらのLLMがトレーニング中にその特定のタイプのデータを実際に見たかどうか大きく依存します(これは、生成LLMと埋め込み型モデルの両方に当てはまります)。LLMモデルのドメイン適応と下流タスクへの適応を実現するには、いくつかのアプローチがあります。一般的に、これらは次のいずれかに依存します。

- コンテキスト学習、プロンプト、検索拡張技術
- モデルの微調整
- ハイブリッド アプローチ

LLMの微調整については、通常のニューラル ネットワーク モデルとは異なり、PEFT(Parameter Efficient Fine Tuning)の一般的な領域にはいくつかの特殊な手法が存在します。これにより、一般的なLLMの数十億のパラメータのうちごく一部のみを微調整することができます。一般に、LLMのドメイン適応を実現するための最善の手法は、次の要素に大きく依存します。

- データのタイプと利用可能なドメイン データの量
- 特定の下流タスク
- 初期基盤モデル

一般的なドメイン適応に加えて、多くの通信事業者は、複数言語（通常は英語と他の言語）が混在する多言語データセット（syslog、wiki、チケット、チャット会話など）の問題を抱えています。生成LLM<sup>1</sup>とテキスト埋め込み型モデル<sup>2</sup>の両方には多くのオプションがありますが、英語以外のデータで十分なトレーニングした基礎モデルは多くないため、非英語データを扱うオペレーターにとって、基礎モデルの選択肢は多少制限されます。この問題を回避する解決策は、前処理ステップとしてデータに自動翻訳モデルと言語検出モデルを使用することです。

これらのアプローチ以外にも、ネットワーク データで基盤モデルを事前トレーニングする新しい手法が期待されています。この手法では、ネットワーク データは基本的に事前処理とトークン化によって言語に変換され、新しい「ネットワーク基盤モデル」<sup>8</sup>の事前トレーニングに使用できます。初期の研究では、このアプローチがドメイン ネーム サービス (DNS) データ<sup>9</sup>と地理空間データ<sup>10</sup>で実証されました。この研究分野が成熟するにつれて、ネットワーク データや構成に関するさまざまな質問に答えるために微調整できる汎用ネットワーク基盤モデルが可能になり、特注のネットワーク管理タスク用に個別のモデルをトレーニングする必要がなくなります。

基礎モデルと転移学習は、人間のテキストの大規模なコーパス（WikipediaやPile<sup>3</sup>など）で事前トレーニングを行うと、一般的な人間の言語で非常にうまく機能することが示されていますが、ドメイン適応と下流タスクへの適応が、通信業界で見られるドメイン固有の半構造化様式が混合されたデータセットで同様にうまく機能するかどうかは、まだ答えが出ていない問題です。これを実現するには、通信会社は、標準化および統一されたデータ収集ポリシーや、共通の定義と理解に基づいた高品質の構造化データの開発など、標準化とデータ ガバナンスの取り組みに重点を置く必要があります。

「この分野の研究が成熟するにつれて、ネットワーク データや構成に関するさまざまな質問に答えるために微調整できる汎用ネットワーク基本モデルが可能となり、特注のネットワーク管理タスクのために個々のモデルをトレーニングする必要はありません。」

## 6. プロジェクトと研究

### 6.1 3GPPインテリジェント無線アクセス ネットワーク(RAN)

ワイヤレス アクセス ネットワークのインテリジェントな進化は、急速な進化と継続的なイノベーションの段階にあります。2022年6月、3GPPはR17の凍結を発表し、**TR37.817**でインテリジェントRAN(Radio Access Network)のプロセス図を示しました。これには、データ収集、モデルトレーニング、モデル推論、実行モジュールなどが含まれており、これらが一緒になってインテリジェントRANのインフラストラクチャーを形成します。これにより、5G RANインテリジェンスの迅速な実装と展開が促進され、省エネ、負荷分散、モビリティ最適化などのインテリジェントなシナリオがサポートされます。たとえば、機械学習アルゴリズムを使用してネットワークトラフィックを予測およびスケジュールすることで、より効率的なリソース割り当てと負荷分散を実現できます。

#### AIと機械学習が5G RANインテリジェンスを推進

人工知能と機械学習技術は、5G RANのインテリジェンスにおいて、ますます重要な役割を果たしています。これらの技術を適用することで、ネットワークは自律的に学習し、自己最適化し、自己修復できるようになり、ネットワークの安定性、信頼性、パフォーマンスが向上します。たとえば、機械学習アルゴリズムを使用してネットワークトラフィックを予測およびスケジュールすることで、より効率的なリソース割り当てと負荷分散を実現できます。AI技術を活用してネットワーク障害を自動検出および修復することで、運用および保守コストを大幅に削減し、ユーザー エクスペリエンスを向上させることができます。5Gワイヤレス アクセス ネットワークのインテリジェンスは、さまざまな垂直産業アプリケーションにも幅広い領域に提供されます。スマートシティでは、5Gにより高解像度のビデオ監視、インテリジェントな交通管理、その他のサービスを提供して、都市ガバナンスを強化できます。さらに、5Gは遠隔医療、オンライン教育やその他の分野で重要な役割を果たしてきました。

#### 5G RANインテリジェンスの産業化が直面する課題

しかし、5G無線アクセス ネットワーク インテリジェンス業界では目覚ましい進歩が遂げられているものの、ネットワーク全般に共通する既存の問題点と並行して、解決すべき課題や問題がいくつか残っています。たとえば、ネットワーク セキュリティとデータ プライバシー保護は、効果的な対策を講じる必要のある差し迫った問題です。また、5Gネットワークのエネルギー消費問題にも注意を払う必要があり、エネルギー消費を削減するための技術革新と省エネ対策が必要です。今後、5Gワイヤレス アクセス ネットワーク インテリジェンス業界の持続可能で健全な発展を促進するために、技術革新、市場アプリケーション、およびその他の側面で継続的な努力を払う必要があります。

### 6.2 コアネットワークの変革

モバイル コア ネットワークは、モバイル通信の頭脳と考えることができます。近年、これらのネットワークは、従来の独自ハードウェアから通信クラウド ネイティブ システムへと大きな変革を経験してきました。

現在、モバイル コア ネットワークの大部分は、NFV技術でサポートされる通信クラウド アーキテクチャに基づいて展開されています。インテリジェント ネットワーキングは、パケット転送を担当する5GC(5G Core)やUPF(User Plane Function)などのパケット コア ネットワーク、音声、メッセージ、ビデオなどのマルチメディア通信の配信をサポートするIMS(IP Multimedia Subsystem)、および通信クラウド インフラストラクチャーや5Gネットワーク アプリケーションを含むコア ネットワーク自体を管理する運用機能に最もメリットをもたらします。インテリジェント ネットワーキングがメリットを発揮する領域は3つあります。

### エクスペリエンスの収益化と差別化された運用を可能にする ネットワークインテリジェンス

通信事業者は長い間、MBB(Mobile Broadband)ネットワークでのトラフィック収益化の実現に努めてきました。しかし、3つの技術的ギャップがあります。評価不可能なユーザー エクスペリエンス、動的最適化が制限されているか、まったくない、クローズド ループのない操作、という3つの技術的ギャップです。これらのギャップを埋めるには、通信事業者がサービス パッケージにエクスペリエンス特権を追加し、差別化されたエクスペリエンスをより効果的に収益化できるように設計された、インテリジェントなパーソナライズ エクスペリエンス ソリューションが必要です。業界では通常、モバイル コア ネットワークのユーザー プレインは、1つのvCPUを使用して1つのサービス フローを処理、転送します。2Kや4KのHDビデオやライブ ストリーミングなどのトラフィック量の多いサービスが増えると、マイクロバーストや非常に大規模なネットワーク フローが常態化し、vCPUが過負荷になり、パケット ロスが発生する可能性が高くなります。この問題に対処するには、インテリジェントなAIがサポートする5Gコア ネットワークが、ユビキタスな10Gbpsの優れたエクスペリエンスを提供できる必要があります。

### サービス インテリジェンスが通話サービスの収益性を拡大

2023年には、3GPP仕様に基づいてNew Callingが商用化され、インテリジェンスとデータ チャネル(3GPP仕様)ベースのインタラクション機能を強化できます。これにより、さらに、ユーザーはマルチモーダルな通信を利用でき、通信事業者は、より効率的なサービス レイアウトを構築できます。3GPPアーキテクチャでは、通話中に音声でデジタル アバターを制御できるため、よりパーソナライズされた通話体験を実現できます。これがビジネス チャンスとして考えられる例としては、企業がフレームワークを使用して自社の企業アンバサダーのアバターをカスタマイズし、自社のブランドを宣伝することが挙げられます。

### ネットワークの安定性と効率性を高めるO&Mインテリジェンス

マルチモーダル大規模モデルによって強化されたDigital Assistant & Digital Expert(DAE)ベースのAI技術は、O&Mの作業負担を軽減し、O&Mの効率性を向上させることができます。これにより、クラウドベースのO&Mを「エキスパート+ツール」からインテリジェンス中心の「DAE+手動支援」に再構築できます。また、DAEは意図指向なO&Mを可能にし、手作業による意思決定を回避します。以前は、単一のドメイン専門家をトレーニングするのに5年以上かかるのが一般的でしたが、マルチモーダル大規模モデルを使用すると、今や、わずか数週間でトレーニングと更新が可能になります。

## 7. オープンソースはどのように役立つのでしょうか？

オープンソースソフトウェア(OSS)のプロジェクトとイニシアチブの現在の状況と、それらがどのように誕生したかを理解することは、OSSがインテリジェント ネットワーキングの課題に対処するのにどのように適しているかを理解するために重要です。既に、いくつかのイニシアチブでは、ネットワークAIソリューションを構築するための基礎を築いているものや、積極的に作成を進めているものもあります。これらの基礎の上に構築することで、次世代のネットワーキングにAIの力を解き放つ上で、オープンソースソフトウェアが果たすことができる重要な役割を想像することは容易です。必要なテクノロジーの一部はネットワーキング業界に固有のものであり、現状の内の既存OSSプロジェクトによって対処するか、追加のプロジェクトを作成することで対処する必要があります。一部のテクノロジーは、より一般的であり、AIとOSSの広範なコミュニティから提供する必要があります。ここでは、ネットワーキングAIのさまざまなレイヤーと必要なテクノロジーのソースの大まかな概要を示します。



さらに、ネットワークで使用するAIモデルの開発を成功させるには、共通ライセンスの下で共有できるデータが利用可能であることが必要です。Linux Foundationは、この目的のために**Community Data License Agreement(CDLA)**を作成しました。このライセンスを使用すると、エンドユーザーはデータを共有して研究者に提供することができ、研究者は通信エコシステム、そして最終的にはエンドユーザーに利益をもたらす必要なモデルとアプリケーションをさらに開発できます。

### 7.1 関連するオープンソースの状況

研究を共有するための法的および技術的な枠組みは重要ですが、イノベーションを推進するために本当に重要なのは、オープンソースが共通の目的を持つコミュニティを作成するためのフォーラムを提供できることです。これらのコミュニティは、さまざまな企業、さまざまなスキルレベル、さまざまな文化的視点を持つ人々が協力できるようにすることで、他の状況では実際には不可能な方法で真のイノベーションを引き起こす可能性を秘めています。

## ネットワーク コミュニティ

オープンソース ソフトウェア コミュニティは、10年以上にわたって商用ネットワークの構成要素を提供するプロジェクトの作成に成功してきました。OSSプロジェクトは、データ/転送プレーン、コントロール プレーン、管理、オーケストレーションなど、ネットワークのすべてのレイヤーの基盤となる技術を提供します。これらのプロジェクトの周りには、ネットワーク技術の開発を加速するためのOSSの価値を実現する組織で構成される貢献企業の活気あるエコシステムがあります。

- 技術の基盤層を開発するための努力の共有と付加価値層を開発するためのより多くのリソース解放
- 個人や組織がアイデアを交換し、最善の技術ソリューションを開発できるイノベーションのための中立的なプラットフォーム
- 思想的リーダーシップとドメインの専門知識を発揮する機会
- 技術の生産者と消費者が自由に交流し、新しいビジネス チャンスを創出できるコラボレーションスペース

多くのネットワークOSSプロジェクトはLinux Foundationによってホストされています。そのほとんどは **LF Networking**、**LF Connectivity**、**LF Broadband**の一部です。

## AIコミュニティ

現在、同じ原則がネットワークAI技術の共同開発にも適用されており、オープンソース コミュニティがイノベーションを促進し、ビジネスの成長を刺激する可能性があります。AIイノベーションは、オープン コラボレーションの同じ原則に従って開始されたOSSプロジェクトによって強力に推進されてきました。OSSに大きく依存せずに最新のAI開発を行うことは想像しがたいことです。OSSのAIおよびMLプロジェクトは、開発フレームワークからライブラリやプログラミング ツールまで多岐にわたります。OSSの作業とは、ネットワークや通信などのドメイン固有のモデルを開発するデータ サイエンティストが、OSSプロジェクトを活用して作業を迅速に開始することで、イノベーションに集中できることを意味します。関連するOSSのAIプロジェクトをここですべて挙げることはほぼ不可能です。すでに非常に多く存在し、リストは増え続ける一方だからです。Linux Foundation AI & Data は、[ここで](#)役立つ動的なランドスケープを維持しています。

## オープンAIモデル

「オープンAIモデル」が実際に何を意味するのかという定義については、多くの議論があります。これらの議論に決着をつけることはこの論文の範囲外ですが、「オープンLLM」の定義を作成する必要性が明確にあることは明らかです。このような定義が早く作成され、業界から承認されるほど、イノベーションはより早く起こります。

オープンソースのLLMの分野では、生成モデル<sup>1</sup>だけでなく、テキスト分類器、QA、要約、テキスト埋め込みモデル<sup>2</sup>などのより専門的な

「OSSに大きく依存せずに最新のAI開発を行うことは想像しがたいことです。」

識別モデルに関しても、過去5年間で特に活気があり、急速に進化してきました。多くのグローバル プラットフォームが、オープン モデル、コード、データセットを広く共有しており、付随する研究論文は最先端のテクノロジーへのアクセスを民主化し、グローバルなコラボレーション環境を育むのに特に役立っています。これらのプラットフォームの中で、Huggingface<sup>4</sup>は特に重要な役割を果たしてきました。この記事の執筆時点で、HuggingFace<sup>31</sup>は35万を超えるモデル、75,000のデータセット、15万のデモ アプリ(スペース)を、100を超える言語でホストしています。また、この巨大なリポジトリから数千の基礎モデルを統合、変更、下流タスクへの適応を実行するのに役立つ人気のオープンソース ライブラリであるTransformersも維持しています。また、データセット ライブラリや、広く使用されているベンチマークやリーダーボード<sup>1,2</sup>もいくつか提供されており、研究者や開発者がLLMソリューションを実装する際に非常に役立っています。AI/MLオープン ソースコミュニティ全般(必ずしもLLMに特化しているわけではありません)で使用されるその他の重要なプラットフォームには、Kaggle<sup>6</sup>(すべての分野の公開データセットや注目度の高いMLコンペティションに使用)やPaperswithcode<sup>7</sup>(このプラットフォームは、学術研究論文をそれぞれのコードや実装にリンクし、幅広い分野でMLタスクのさまざまな競合ソリューションを比較するベンチマークやリーダーボードを提供します)があります。

## 統合ブループリント

近年、Linux Foundation Networkingは、一般的なネットワーク ユース ケースのアーキテクチャを概説し、OSS技術を使用して構築された一連のオープン ソース ネットワーキング「**Super Blueprints**」を立ち上げました。これらのブループリントは、OSSプロジェクトと商用製品のコレクションで構成されており、オープンソース コミュニティによって統合され、関心のある関係者が無料で使用できるように文書化されています。これらのブループリントのいくつかはAI技術を組み込み始めており、既存のブループリントが更にAI駆動型ソリューションを刺激するため、この傾向は加速すると予想されます。有望な分野の1つは、インテント ベースのネットワーク自動化です。現在、NLPとLLMを使用して、自然な話し言葉で表現されたユーザーの意図(インテント)をネットワーク要件に変換し、それらの要件に基づいて完全なネットワーク構成を生成するブループリントに関する作業が行われています。このようなアプローチにより、既存のネットワーク運用プロセスを大幅に簡素化し、一般にNetwork-as-a-Service(NaaS)と呼ばれる、直接消費できる新しい自動化サービスを実現できます。

## 検証プログラム

他の分野でのOSSの経験から、商用製品やサービスにOSS技術が使用されている場合、常に、製品を検証して、OSS技術が適切に使用されており、予測可能な方法で使用できる状態であることを確認する必要があります。このような妥当性確認/検証プログラムは、しばらくの間OSSエコシステムの一部として存在してきました。Cloud Native Computing Foundation(CNCF)には、ベンダーとエンドユーザーが、Kubernetesディストリビューションが必要とする全てのAPIと機能を提供していることを確認できる「Certified Kubernetes」プログラムがあります。同様のアプローチを、あらゆるOSSのネットワークAIプロジェクトに適用する必要があります。ユーザーは、使用するOSSベースのAIネットワーク ソリューションが期待どおりに動作することを知って、ある程度の自信を持つ必要があります。

## THOTHプロジェクト – 通信事業者向けデータ匿名化装置

**Anuket Infrastructureプロジェクト**のサブ プロジェクトである**Thothプロジェクト**は最近、インテリジェントネットワークの導入における大きな課題、つまり、共通データセットの欠如や必要なデータセットの共通理

「AI対応インターフェイスと分散コンピューティングを組み合わせることで、エンドツーエンドのAI適用性への道が開かれ、通信およびコンピューティングドメイン間の融合が促進されます。」

解に関する合意に焦点を当てています。AIは、ワークロードの可用性の向上とNFVユースケースのパフォーマンスおよび効率性の向上という点で価値を生み出す可能性を秘めています。Thothの取り組みは、通信事業者（通常は運用チーム）が使用できる機械学習モデルとツールの構築を目指しています。これらの各モデルは、特定のカテゴリ内の1つの問題を解決するように設計されています。たとえば、最初に選択されたカテゴリは障害予測で、VM、コンテナ、ノード、ネットワークリンク、アプリケーション、およびミドルウェアサービスの障害予測の6つのモデルの作成を計画しています。このプロジェクトでは、意思決定の問題ごとに一連のデータモデルを定義することにも取り組み、データのプロバイダーと消費者の両方が協力するのに役立ちます。

## 7.2 共通ビジョン:オープンソースソフトウェアを活用したXGネットワーク用インテリジェンスプレーン

私たちが6Gへの道を歩み始め、国際電気通信連合 (ITU: International Telecommunication Union) が IMT-2030に向けて示したビジョンの概要を受け入れると、AIがネットワーク運用の再構築において極めて重要な役割を果たすことができる、そして果たすであろうことが明らかになります。

この変革の中心にあるのは、AI駆動型システムが自然な意図の相互作用を活用して、ユーザーとネットワークの間のギャップをシームレスに埋めるインテリジェンスプレーンの概念です。スマートオーケストレーションは、進化する需要を満たすための最適なりソース割り当てと動的な適応が保証し、それによって、ネットワークのパフォーマンスとユーザーエクスペリエンスが向上します。AIアルゴリズムを利用したリアルタイムの高次のネットワーク検証により、ネットワークの動作を継続的に監視および妥当性を確認し、潜在的な問題を未然に防ぎ、運用の整合性を維持できます。さらに、組み込みのナレッジオープンループにより、ネットワークは自律的に学習して適応し、回復力と応答性を高めることができます。

IMT-2030で想定されているユビキタスインテリジェンスの概念は、通信コミュニティ全体にAIが浸透していることを強調しています。AI対応のインターフェイスと分散コンピューティングを組み合わせることで、エンドツーエンドのAI適用への道が開かれ、通信とコンピューティングの領域全体での融合が促進されます。Cloud Native Computing Foundation (CNCF) と LF Networking のオープンソースコミュニティは、この融合に取り組んでおり、現在、AIを適用してAIを活用したネットワークを構築しています。

IMT-2030のビジョンに基づき、AIをモバイルネットワークに統合することで、変革能力が発揮されます。拡張現実(XR: Extended Reality)、触覚センサー、没入型体験、スマートマシンをサポートする将来のネットワークは、最新のAI技術を実装するオープンソースソフトウェアプロジェクトが提供するビルディングブロックを使用して構築されます。

## 8. 行動の呼びかけ

AI革命に加わるLinux Foundationの役割は、ネットワーク機能の向上におけるオープンソース コラボレーションの重要性を強調することです。オープンソース技術を活用することで、ネットワーク事業者はコミュニティの集合的な専門知識を活用し、AI主導のソリューションの革新と採用を加速できます。このコラボレーションのアプローチは、高度なAI能力へのアクセスを民主化するだけでなく、さまざまな企業やネットワーク環境にわたる相互運用性と拡張性を促進します。

通信業界におけるインテリジェント ネットワークとAIの採用の将来は、すでにプロジェクトや取り組みに貢献している個人や組織、そしてこれから参加する人たちの手に委ねられています。ネットワークの構築と運用、ネットワーク技術の開発、またはネットワーク サービスの利用に携わっている場合は、ぜひ参加してください。OSSコミュニティに参加することは、ネットワークの将来を形作る方法です。貢献は小さくても大きくてもかまいません。必ずしもコードの作成を伴うものではありません。実際、コミュニティは、この論文のような貢献者、本当にクールで便利な最先端技術の実現を推進したいエバンジェリストや大物思想家を大いに必要としています。貢献する方法には次のものがあります。

- プロジェクト会議への参加
- 開発者イベントへの参加
- 承認されたプロジェクトへの参加
- 新しいプロジェクトの提案
- ドキュメントの執筆
- ユースケースへの貢献
- 要求の分析
- テスト/プロセスの定義
- コード パッチのレビューと提供
- 上流との関係構築
- 上流コードへの貢献
- ユーザー グループの開始または参加
- コミュニティ ラボのホスティングや人員配置
- 質問への回答
- 講演/研修の実施
- デモの作成
- プロジェクトの広報

「オープンソース技術を活用することで、ネットワーク オペレーターはコミュニティの集合的な専門知識を活用し、AI主導のソリューションの確信と採用を加速できます。」

インテリジェント ネットワーキングとAIに参加するには以下の方法があります。

- Network Super Blueprintへの協力、新たなBlueprintの開発：  
<https://wiki.lfnetworking.org/x/ArAZB>
- Thothプロジェクトへの取り組みーTelco Data Anonymizerプロジェクト
- LFN AIメーリング リストへの参加：<https://lists.lfnetworking.org/g/lfn-ai-taskforce>

## 最後の考え

結論として、6G以降の時代におけるネットワークの未来は、オープンソースのコラボレーションによって推進されるAIの変革力にかかっています。AI主導のインテリジェンスを採用することで、ネットワークは状況認識、パフォーマンス、容量管理を強化し、望ましくない状態に対処するための迅速な対応が可能になります。AI主導の未来を切り拓くには、技術革新とオープン コラボレーションの融合が、通信業界の進歩と繁栄の無限の機会を切り開く鍵となります。

## 謝辞

この論文に協力してくれたLF Networkingコミュニティ(LF Networking AI Taskforce)とスタッフ メンバーに感謝します。

Andrei Agap, Muddasar Ahmed, Beth Cohen, Lingli Deng、  
Hui Deng, Ranny Haiby, Jason Hunt, LJ Illuzzi, Jill Lovato、  
Sandeep Panesar, and Chang Jin Wang

## 本訳文について

この日本語文書は、Intelligent Networking, AI and Machine Learning for Telecommunications Operators の参考訳として、The Linux Foundation Japanが便宜上提供するものです。英語版と翻訳版の間で齟齬または矛盾がある場合(翻訳版の提供の遅滞による場合を含むがこれに限らない)、英語版が優先されます。

この日本語文書を引用する際には、下記の一文を記載してください。

引用: Intelligent Networking, AI and Machine Learning for Telecommunications Operators 参考訳(The Linux Foundation Japan提供)

翻訳協力: 天満尚二

## 参考文献

1. Huggingface Open LLM Leaderboard: [https://huggingface.co/spaces/HuggingFaceH4/open\\_llm\\_leaderboard](https://huggingface.co/spaces/HuggingFaceH4/open_llm_leaderboard)
2. Huggingface Massive Text Embedding Benchmark (MTEB) Leaderboard: <https://huggingface.co/spaces/mteb/leaderboard>
3. Izacard, Gautier, and Edouard Grave. “Leveraging passage retrieval with generative models for open domain question answering.” arXiv preprint arXiv:2007.01282 (2020).
4. The Pile Dataset: <https://pile.eleuther.ai/>
5. Huggingface platform: <https://huggingface.co/>
6. Huggingface platform statistics: <https://originality.ai/blog/huggingface-statistics>
7. Kaggle platform: <https://www.kaggle.com/>
8. Paperswithcode platform: <https://paperswithcode.com/>
9. Le, Srivatsa, et al. “Rethinking Data-driven Networking with Foundation Models” HotNets ’22, November 14–15, 2022, Austin, TX, USA
10. Le, Franck, et al. “NorBERT: NetWOrk Representations Through BERT for Network Analysis & Management.” 2022 30th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS). IEEE, 2022.
11. Geospatial Foundation Model: <https://research.ibm.com/blog/geospatial-models-nasa-ai>

 **LF** NETWORKING  **THE LINUX** FOUNDATION

