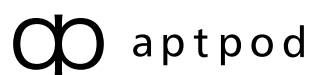




White Paper

## intdash が取り組む課題

30th May, 2018



©2018 aptpod, Inc. 無断複製を禁じます。このコンテンツは情報提供のみを目的としています。  
aptpodは、この文書に記載した情報について、明示的か默示的かにかかわらず、一切保証をいたしません。

## intdash が取り組む課題

intdashは、モバイル回線・インターネット回線などの品質保証のないネットワークを利用して、高頻度データを伝送することを目的として設計されました。本章では、品質保証のないネットワーク上で起きうる問題や発生データが高頻度であることに起因する問題を明らかにします。

### 取り組む課題

- 帯域の不足
- 帯域変動によるデータの詰まり／欠損
- 遅延変動による受信時刻のゆらぎ
- 回線切断によるデータ欠損
- ヘッダ付与による伝送効率低下
- デバイスクロックの同期誤差

## 帯域の不足

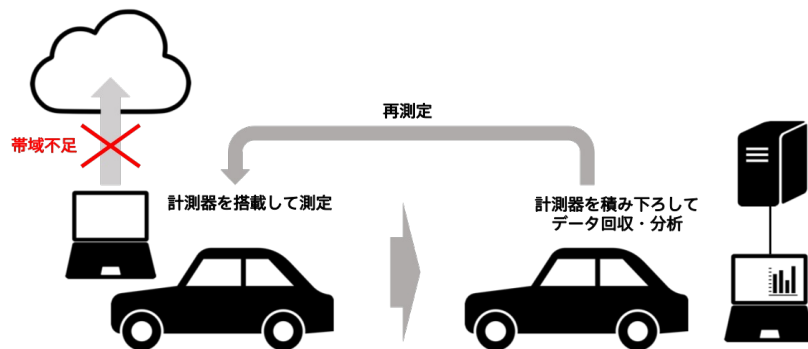
自動車やロボットなど自在に動き回るデバイスからデータを伝送する場合は、モバイル網や公衆Wi-Fiなどの無線通信網をバックホールとして利用する必要があります。

近年、LTE-Advancedの実用化や公衆Wi-Fi網の併用などに伴って、モバイル網の回線品質は劇的に改善してきました。一方で、自動運転車両や自律型ロボットなどデバイス側の高度化・高性能化に伴って、発生するデータの量もますます増大しています。このような高性能デバイスが発生させるデータを収集・伝送するには、発達した現在のモバイル網の帯域でも十分とはいえません。また、モバイル網の多くは消費帯域に比例して利用料金が增加する従量課金制をとっており、このような契約形態もモバイル網を利用した高頻度データ伝送の妨げとなっています。

現在では、このような帯域不足の問題に対し、エッジコンピューティングを利用して課題解決を図る企業も多く見受けられます。たしかに、エッジデバイスにより収集できるデータの種類や特徴が事前に分かっている場合には、エッジデバイス側でデータの選別や小さく加工を実施することにより帯域を削減できます。

しかし、研究・開発行程における計測・検証や故障発生時の問題特定・調査など、どのようなデータが発生するか予測のつかない場合では、発生したデータはすべて漏れなく収集しなければなりません。現在このようなケースでは、計測器やロギングシステムをデバイスに積載し測定終了後に手でデータを回収するとう方法がとられますが、データの収集から可視化までに時間や手間がかかります。

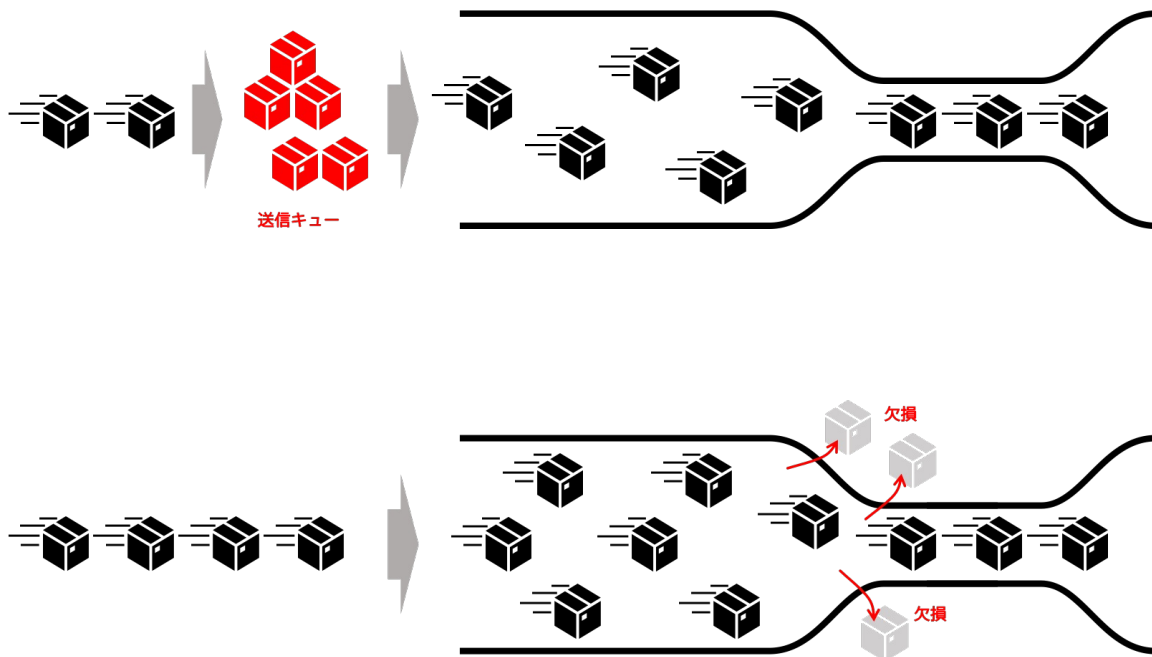
大量に発生するデータをモバイル網を利用してリアルタイムに収集・可視化できれば、フィールド試験での計測・検証や遠隔地で発生した問題の調査等にかかる負担・期間を大幅に削減できます。



## 帯域変動によるデータの詰まり／欠損

モバイル網やインターネットの帯域に対する不安材料は、帯域の不足だけにとどまりません。品質保証のないネットワークでは、帯域の絶対幅が狭いだけでなく、電波状況や回線の混雑具合により時間的・空間的に帯域幅が大きく変動します。

帯域幅が狭くなった場合、現在のインターネット網を構成するTCP/IPネットワークでは、トランスポート層におけるプロトコルの違い（TCPまたはUDP）により2つの異なる対処法が存在します。信頼性を重視するTCPでは、送信データをキューイングして流量を伝送帯域に合わせて調整します。一方、信頼性を保証しないUDPでは、帯域にかかわらず一定の流量で送信ができますが、帯域から溢れたデータは欠損します。



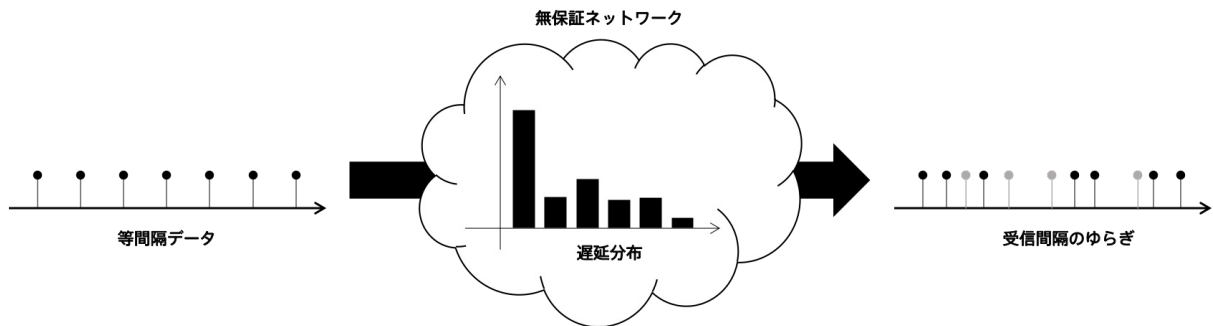
これらの2つのアプローチは、一方が他方より優れているというわけではなく、それぞれ利点・欠点が存在します。TCPにおける利点は、帯域幅が狭まった場合でも欠損なく伝送できる点です。ただし、キューイングによって遅延が発生する点が欠点となります。一方UDPでは、遅延が発生しないは利点となりますが、どのデータが欠損するか制御できない点が欠点となります。

ネットワークの帯域を最大限に利用しつつデータの詰まりや欠損を回避するためには、常に利用可能な帯域を監視しながら帯域に合わせてデータの流量を調整する必要があります。

## 遅延変動による受信時刻のゆらぎ

一部の産業用ネットワークを除いて、多くのネットワークでは、データ転送にかかる遅延時間は保証されません。たとえば、IPネットワークのように多くのデバイスのバケツリレーによってデータが転送される広域ネットワークでは、転送経路の変更や経路中で発生した輻輳によって突発的に遅延が発生します。このような経路中の遅延は、ネットワークの端のデバイスで発生を予期・抑制できません。

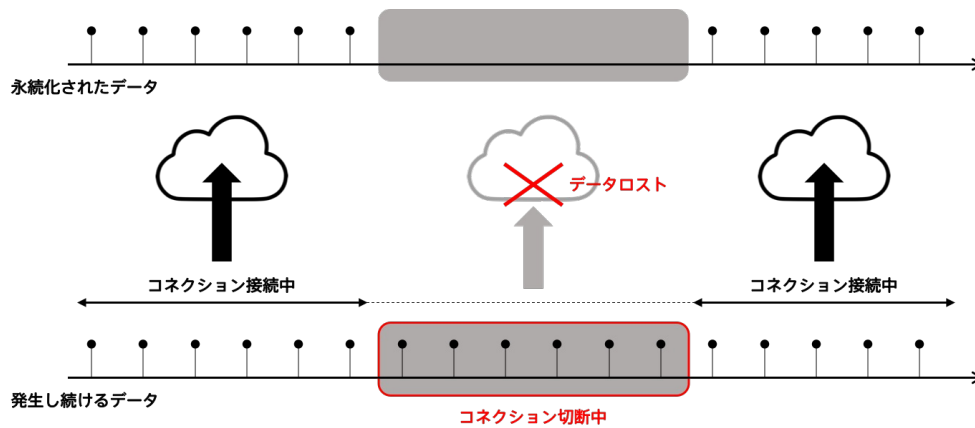
このように遅延時間に変動のある経路では、たとえ送信側で等間隔にデータを送信したとしても、データの受信間隔にゆらぎが発生することになります。遠隔地からデバイスを直接制御するようなシーンでは、送信した時間間隔と異なる間隔でデータが受信されることにより、制御対象が想定と異なる挙動を示す可能性があります。



## 回線切断によるデータ欠損

モバイル回線を利用する場合は、有線接続回線の場合と異なり、デバイスと回線が物理的に接続しているわけではありません。電波の遮蔽や圏外などの原因により、回線が予期せず切断される可能性もあります。たとえ信頼性のあるトランスポートを利用していたとしても、回線の切断とともに接続が切断されてしまい、データを伝送できません。

このような切断の可能性のある通信経路上で発生したデータを欠損なく伝送するためには、エッジデバイス側でバッファを持ち、接続を跨いだ到達管理を実装するなどアプリケーション側で完全性を担保する必要があります。

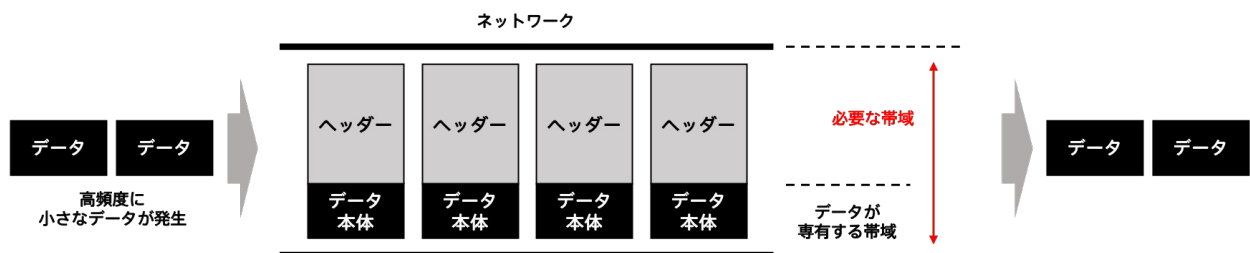


## ヘッダ付与による伝送効率低下

高頻度（1ミリ秒～100ミリ秒間隔）で小さなデータが発生するケースにおいて、発生したデータをひとつずつネットワークに送信することは現実的ではありません。

たとえば、高頻度に発生する数値データをTCPに載せて送信する場合、数値を64ビット浮動小数点数 8byte で格納し、ナノ秒精度のUnixタイムスタンプ 8byte を付与したとしてもペイロード部は 16byte にしかありません。このデータセットを、毎回1つのTCPセグメントとして送信した場合、TCPヘッダ 20byte、IPヘッダ 20byte、EthernetヘッダおよびFCS 18byte、合計 58byte ものオーバーヘッドが付与されることとなり、もともとのペイロードサイズと比較して、伝送効率は著しく低下します。このような、小さなペイロードを高頻度で送信することによる伝送効率の低下は、多くのヘッダが付与されるより上位層のプロトコルにおいてさらに深刻になります。

このような小さなペイロードを高頻度に大量に送信することによる伝送効率の低下は、TCPにおいてはNagleアルゴリズムと呼ばれる送信バッファリングと一括送信の手法を実装することにより、問題を緩和することが推奨されています。しかし、送信側でのバッファリングと一括送信の仕組みは、伝送効率を向上させるもののバッファリングによる伝送遅延の増大という別の問題を引き起こします。Nagleアルゴリズム自体は、伝送遅延を犠牲にして効率伝送を高めることを目的として設計されているため、有効にすることにより大きな遅延が発生する場合があります。



## デバイスクロックの同期誤差

エッジデバイスはそれぞれローカルクロックを保持しており、通常各エッジデバイスのローカルクロックは同期していません。同期のためには、GPS衛星から基準時刻を取得する方法やインターネット上に存在するNTPサーバと連携する方法が取られます。特にモバイルデバイスの場合は、回線の切断時にNTPサーバと通信できなかったり、電源がOFFになっている間に同期が実行されないなどの原因によりローカルクロックが大きくずれているケースがあります。また、リアルタイムクロックを持たないデバイスなどそもそも絶対時刻を取得できないデバイスすら存在します。

サンプリング間隔が1ミリ秒～数100ミリ秒となる高頻度データでは、たとえ数100ミリ秒のわずかな同期ずれであっても、データが数サンプル～数100サンプルほどずれる可能性があり、同じタイミングで届くはずのデータがずれて意味のないデータになったり、後から解析に利用する際に誤った計算結果が出力されたりすることがあります。

