

System Wide Information Management (SWIM) ネットワークモデルでの QoS 実装

中里秀則
早稲田大学 国際情報通信研究センター

2015 年 6 月 5 日

目次

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

終わりに

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

終わりに

研究の背景

研究概要

- 研究の背景
- 研究の目標

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

終わりに

- 航空機の監視、気象情報、航空機フロー管理、空港情報、フライト管理など航空機の運航に関する様々な情報を共有できる System Wide Information Management (SWIM) が検討されている

研究の目標

研究概要

- 研究の背景
- **研究の目標**

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

終わりに

- SWIM では、情報の伝達をおこなうネットワークにおいても、多様な通信品質条件（帯域、遅延、損失）をもつ情報を統合して扱うが、統合の結果、伝達する情報間の相互干渉により通信品質が低下する可能性がある
- そこで、本研究では、多様な品質条件をもつ情報を、その条件を保証するように伝達するネットワークの実現に向けた検討をおこなった

SWIM で統合する情報

研究概要

要求条件の整理

● SWIM で統合する情報

- SWIM を利用するユーザ
- サービス条件
- 各データの更新周期

統合ネットワークの実装

終わりに

- まず、SWIM のネットワークにおいて扱う必要のある情報について整理をおこなった
- ここでは、以下の情報サービスを SWIM で統合する情報サービスの対象とすることとした
 - Aeronautical information (航空情報)
 - Flight trajectory (飛行軌道の情報)
 - Aerodrome operations (空港に係わる情報)
 - 気象情報
 - Air traffic flow (航空交通管理情報)
 - Surveillance information (監視システムの情報)
 - Capacity and demand information (乗客サービスに関する情報)

SWIM を利用するユーザ

研究概要

要求条件の整理

- SWIM で統合する情報
- SWIM を利用するユーザ
- サービス条件
- 各データの更新周期

統合ネットワークの実装

終わりに

- 情報によっては、それを利用するユーザ毎に、必要な品質条件が異なる可能性がある
- そこで、SWIM を利用するユーザをまとめるとは以下のような
 - 管制官
 - 航空会社
 - 空港運営会社
 - 地上オペレータ
 - 旅客

サービス条件

研究概要

要求条件の整理

- SWIM で統合する情報
- SWIM を利用するユーザ
- サービス条件
- 各データの更新周期

統合ネットワークの実装

終わりに

- 一般旅客からのアクセスはインターネット経由である
- 監視システムなどでは短い頻度でデータの更新がおこなわれ、データのリアルタイム性が要求される
- 気象情報のようなデータ量の大きいものがある
- 重要なリアルタイムデータへのアクセスが、他のユーザの利用により妨げられないようにする必要がある
- 各ユーザの情報サービスへのアクセスは、各サービスのアクセス制御要件に合っている必要がある

各データの更新周期

研究概要

要求条件の整理

- SWIM で統合する情報
- SWIM を利用するユーザ
- サービス条件
- 各データの更新周期

統合ネットワークの実装

終わりに

- Aeronautical Information (航空情報) : 長期間にわたり変化しない情報
- Flight trajectory (4D 軌道飛行の詳細情報): 30 秒に一度の更新
- Aerodrome operations (空港の詳細情報): 1 秒に一度の更新
- Meteorological (過去、現在、将来の気候情報): 3 時間に一回の更新、大容量 300MByte
- Air traffic flow (航空交通管理情報): 変化の少ない情報
- Surveillance (監視システムの情報):

ユーザ	更新周期
管制官 (広域)	10 秒
管制官 (空港近傍)	4 秒
管制官 (空港面)	1 秒
航空会社	30 秒
空港運営会社	20 秒
地上オペレ - タ	10 秒
旅客	1 ~ 5 分

- Capacity and demand (乗客サービスに関する情報): 1 分に一度の更新

SWIM 統合ネットワーク実現方針

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

● SWIM 統合ネットワーク実現方針

- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

- 様々な情報サービスを統合し、かつそれぞれのサービス条件を満足するために、ネットワーク仮想化を利用する
- 必要なリアルタイム特性を得るために、特定のスケジューリングを適用してパケットスケジューリングを行う

ネットワーク仮想化

研究概要

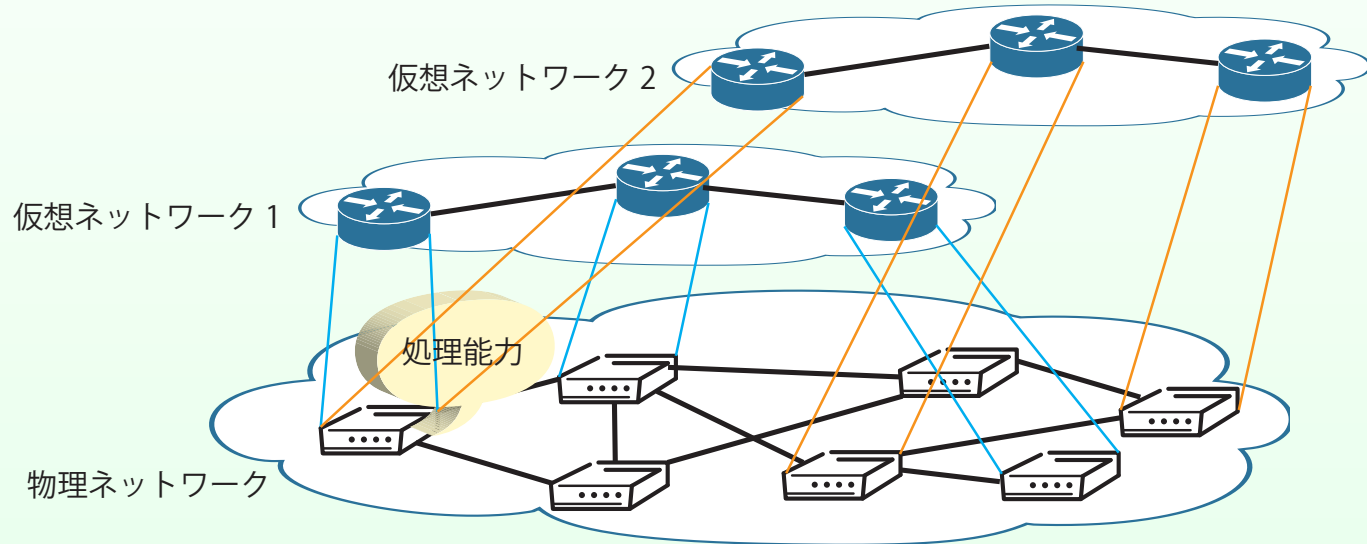
要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- **ネットワーク仮想化**
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

ネットワーク仮想化とは、ソフトウェア処理により、一つの物理ネットワーク、あるいは複数の物理ネットワーク上に、仮想的に分離した複数のネットワーク（スライス）を構築できる機能である



ネットワーク仮想化

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針

- **ネットワーク仮想化**
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化

- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

ネットワーク仮想化により、それを利用する側としてどのような機能が利用可能になるかは、実装されているネットワーク仮想化機能に依存するが、一般に以下の様なことが可能になる

- 物理的に一つのネットワークを複数のスライス、あるいは複数の物理ネットワークを一つのスライスに見せる
- 各スライスは相互に分離されたネットワーク環境を提供する
- 任意のトポロジをもつ仮想ネットワークを構成する

ネットワーク仮想化

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

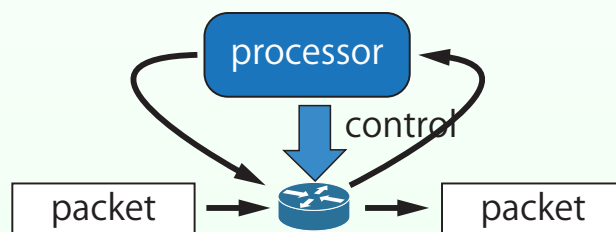
- SWIM 統合ネットワーク実現方針

- **ネットワーク仮想化**
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化

- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

- ネットワークノード（ルータ）に、プログラムを実行する能力があり、パケットに含まれるデータを処理することができる



- ユーザが作成したプログラムをネットワークノードに搭載し、そのプログラムで定義した処理をネットワークノードに実行させることができる
- プログラム処理の内容は、パケットの転送制御やパケット自体の変更である
- ネットワーク仮想化に係わる技術として、Software Defined Network (SDN) や Network Function Virtualization (NFV) がある

サービス条件に基づく情報サービスのグループ化

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

以下の方針により情報サービスをグループ化し、それぞれ個別のスライスによってサービスを提供する

- 統合しようとする情報サービスには、リアルタイム性が必要とされるものがある
 - リアルタイム性を必要とするサービスは、一つの仮想ネットワークにまとめることによりサービス品質を満足しやすい
- 大量のデータを転送する必要があるサービスはリアルタイム性を必要とするサービスとは分離する
- 各グループ内では、サービス毎の品質要求条件を満たすよう、パケットの分類とスケジューリングを行う
- インターネットからのアクセスはここで検討するネットワークに接続されたサーバを経由してアクセスするものとする

サービス条件に基づく情報サービスのグループ化

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコングestion
- vNode による実装

終わりに

- 情報サービスのグループ化方針に基づき、以下のようなグループ化を行い、それぞれのグループ用に仮想ネットワーク（スライス）を定義する
 - スライス 1: 監視システムからの情報、空港の詳細情報
 - スライス 2: 4D 軌道飛行の詳細情報、監視システムからの広域の情報、乗客サービスに関する情報、航空情報、航空交通管理情報
 - スライス 3: 気候情報
- 各スライスには以下のユーザがアクセス可能とする
 - スライス 1: 管制官、地上オペレータ
 - スライス 2: 管制官、航空会社、空港運営会社、（旅客。ただしサーバ経由）
 - スライス 3: 管制官、航空会社
- さまざまな要求条件のサービスが混在するスライス 2 については、スライス内でサービス毎に異なる通信品質を確保するよう、サービス毎に制御するパケットスケジューリングを実施する

ネットワーク構成

研究概要

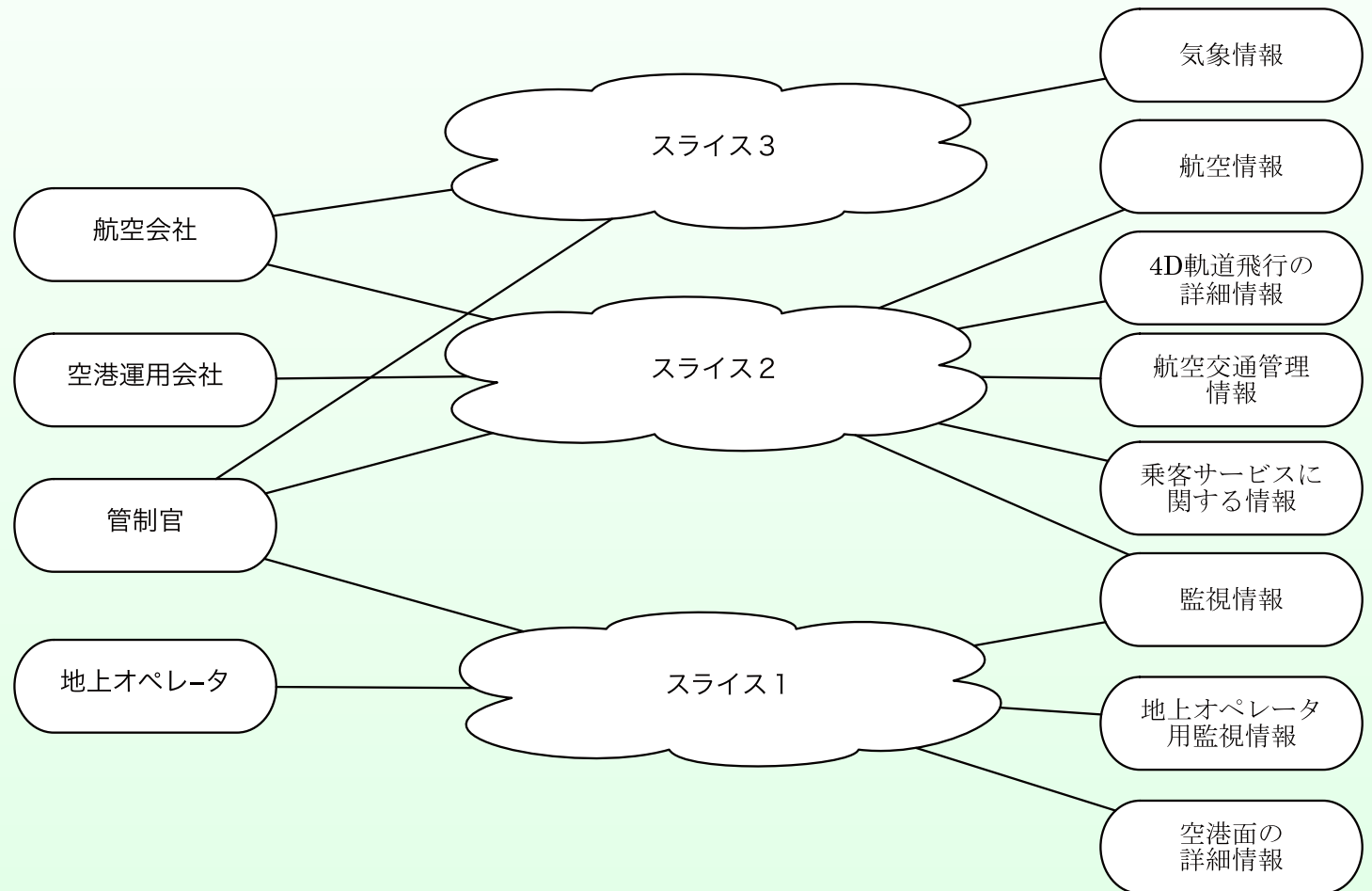
要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- **ネットワーク構成**
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

情報サービスおよびユーザのグループ化を基に、以下の仮想ネットワーク構成を構築する



実装方法

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- **実装方法**
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

- 仮想ネットワークは、現在研究中のネットワークであり、提案する SWIM 統合ネットワークを実装する環境がまだ十分に整っていない
- 実装環境として現在可能性のあるものとして以下がある
 - Juniper 社の MX シリーズルータによって構築したネットワーク環境
 - NICT が提供するネットワークテストベッドである JGN-X では、昨年度から上記 Juniper MX シリーズルータを使ったサービスを開始した
 - 情報通信研究機構 (NICT) が開発している vNode および FLARE により構築したネットワーク環境
 - 昨年度開発が終了したが、まだ一般利用には供されていない

MX シリーズルータによる実装の検討

研究概要

要求条件の整理

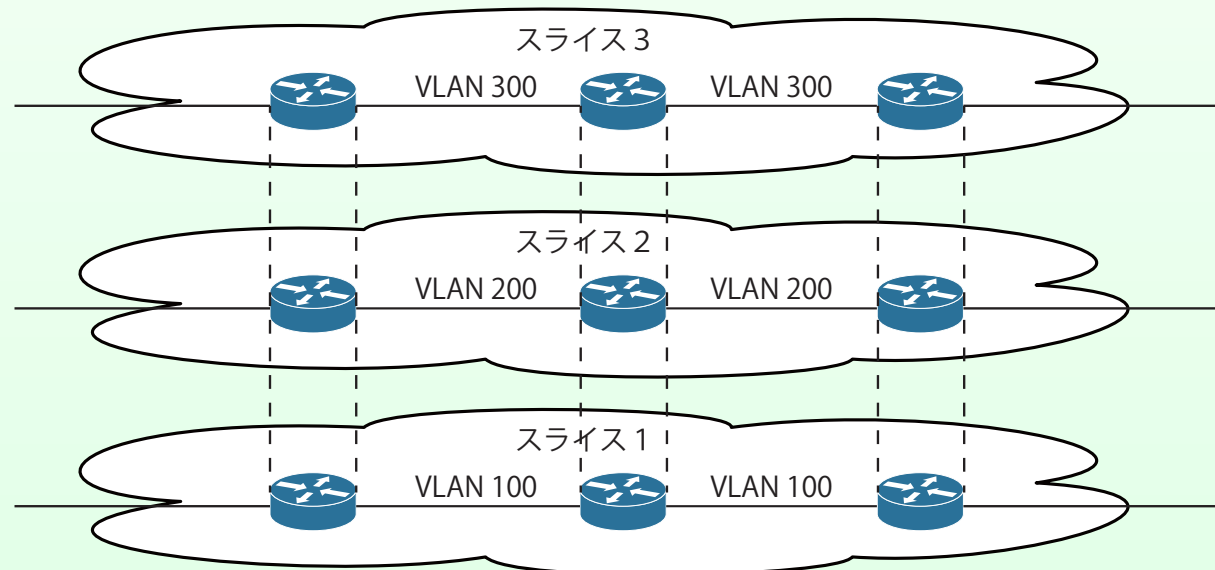
統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- **MX シリーズルータによる実装の検討**
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

まず、MX シリーズルータによる実装について検討した

- ネットワーク仮想化環境でのスライスと一般の IP ネットワークを接続する仕組みとして、まだ確立された方法はない
- JGN-X では、MX シリーズルータの VLAN をスライスに対応させている
- SWIM では 3 つのスライスを利用するが、その構成は以下のようになる



MX シリーズルータによる実装の検討

研究概要

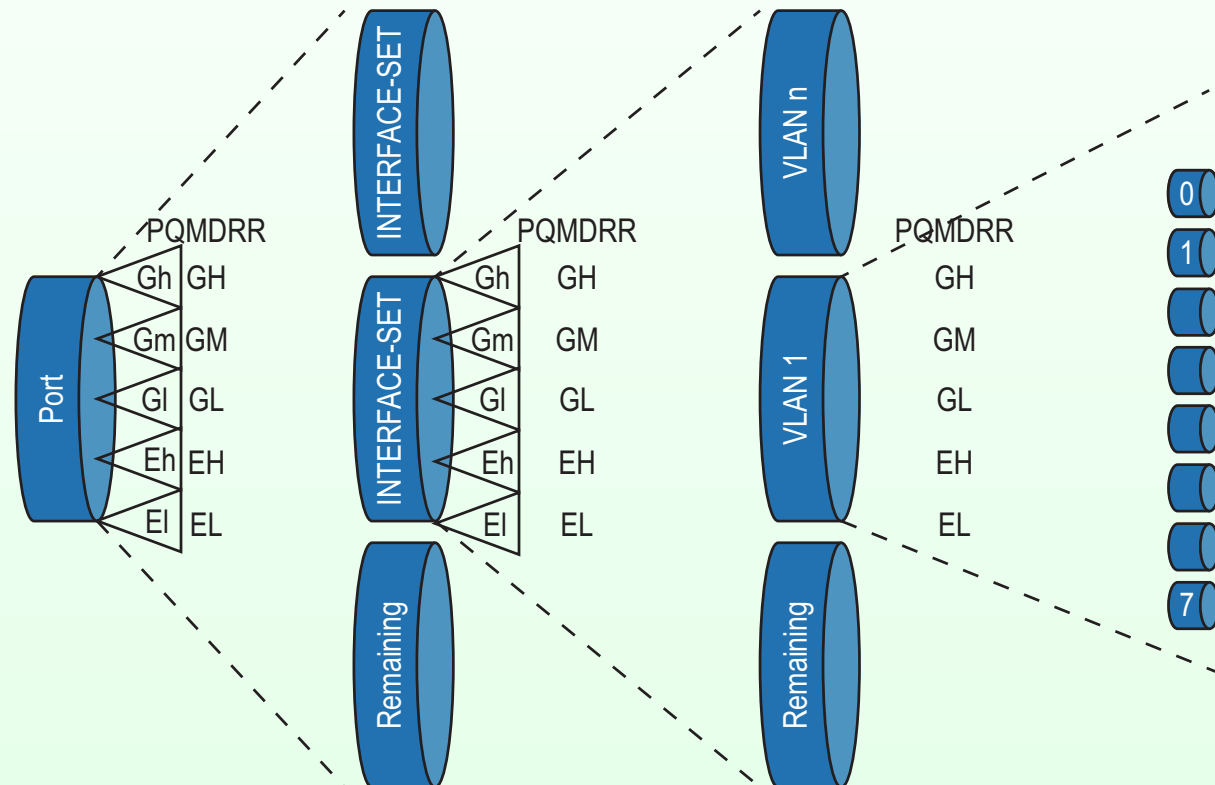
要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- **MX シリーズルータによる実装の検討**
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

- MX シリーズルータでは、下図の内部構成によりパケット転送を制御することができる



EH/EL: Excess Rate High/Low

GH/GM/GL: Guaranteed Rate High/Medium/Low

PQMDRR: Priority Queue Deficit Weighted Round Robin Scheduling

Interface-Set コンフィギュレーション

研究概要

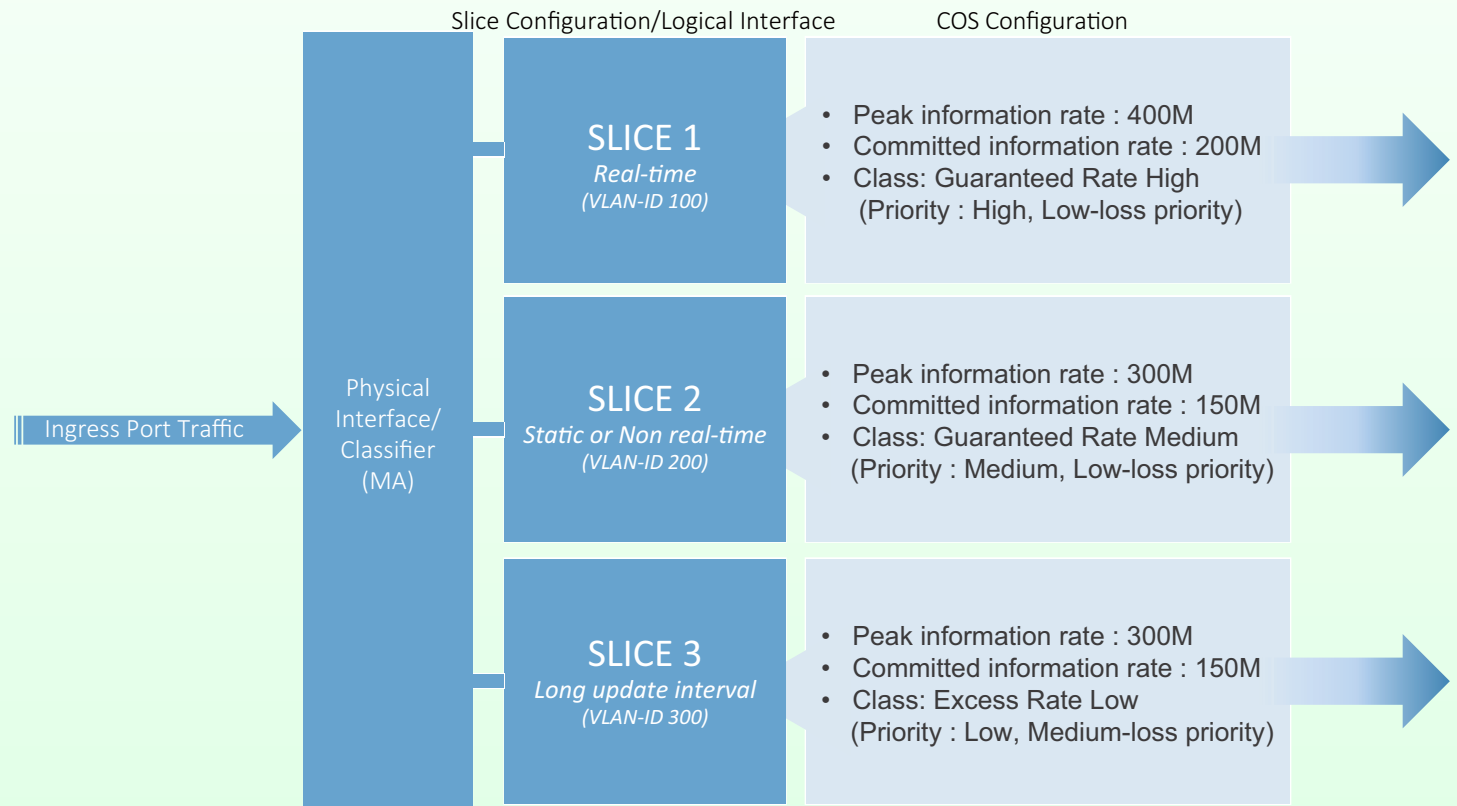
要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- **Interface-Set コンフィギュレーション**
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

- JGN-X では、スライスが VLAN に対応する
- スライス 1 から 3 に求められる品質要求条件の違いから、Interface-Set のレベルで以下のコンフィギュレーションを設定をする



スライスのコンフィギュレーション

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- **スライスのコンフィギュレーション**
- vNode による実装

終わりに

- 各スライスに対応する VLAN の中で、Guaranteed Rate あるいは Excess Rate のクラスとさらにそのクラスの中で優先度を設定し、スケジューリングする
- スライス 1
 - 空港面監視情報、空港詳細情報: Guaranteed Rate High
 - 短い更新周期を必要とするため優先してデータ転送をする
 - 情報量は扱う航空機の量の最大値を見積もり、一定帯域を保証するサービスを利用する
 - 空港近傍監視情報: Guaranteed Rate Medium
 - 上記空港面に関わる情報に次いで更新周期の短い情報であるので、中程度の優先度を利用する
 - ここでも、近傍の航空機量の最大値を元に、一定帯域を保証するサービスとする
 - 広域監視情報: Guaranteed Rate Low
 - スライス 1 の中では更新周期は最も長いので優先度としては最も低いものを割り当てる

スライスのコンフィギュレーション

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- **スライスのコンフィギュレーション**
- vNode による実装

終わりに

● スライス 2

- 4D 軌道飛行の詳細情報、広域監視情報: Guaranteed Rate Medium
 - スライス 2 の中では、最も更新周期の短い情報である
 - 航空機の位置に関する重要な情報であると考えられるので、帯域保証のサービスを割り当てる
- 航空情報、航空交通管理情報: Excess Rate Low
 - 更新の少ない、静的な情報である
 - 情報量として多くなる可能性を考え、上記情報を優先させるため Excess Rate サービスとする
- 乗客サービスに関する情報: Excess Rate High
 - スライス 2 の中では中程度更新周期をもつ情報である
 - 情報量の変動を考慮し、Excess Rate サービスを割り当てる

● スライス 3

- スライス 3 は大量の情報である気象情報専用に割り当てているため、Excess Rate サービスを使うこととし、特に優先度は任意で問題無い

vNode による実装

研究概要

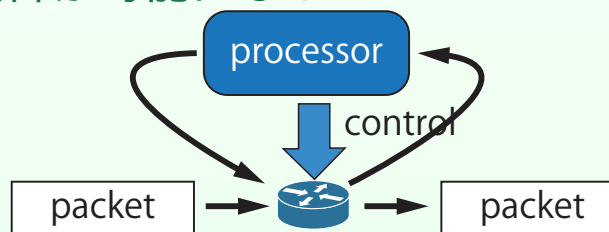
要求条件の整理

統合ネットワークの実装

- SWIM 統合ネットワーク実現方針
- ネットワーク仮想化
- サービス条件に基づく情報サービスのグループ化
- ネットワーク構成
- 実装方法
- MX シリーズルータによる実装の検討
- Interface-Set コンフィギュレーション
- スライスのコンフィギュレーション
- vNode による実装

終わりに

- JGN-X では、現在転送クラスの設定やスケジューリングの設定をすることはユーザに解放されていない
 - これは、Juniper MX シリーズで個々のユーザに解放できる設定に境界があるためである
- vNode では、ルータにプログラムを実行する能力が備わるため、スライス毎に柔軟な品質制御が可能になる



- 基本的には Linux 上でプログラムを実行できる環境がルータに備わるようである
- NICT では、現在 vNode を使った仮想ネットワークの運用を停止しているが、7 月頃から再度運用を始め、その後 JGN-X サービスの一部として利用が可能になるとのことである
- この場合も、情報の更新周期やアクセス周期によってクラス分けを行い、優先度および帯域制御のできるスケジューリングアルゴリズムによって、本検討で行ったのと類似のコンフィギュレーションをすることによって実現可能と考える

終わりに

研究概要

要求条件の整理

統合ネットワークの実装

終わりに

● **終わりに**

- SWIM に向けた統合ネットワークの構成方法について検討をおこなった
- 仮想ネットワークは現在開発中の技術であるため利用できる環境が限られており、今回提案のネットワークを実際に使用するためにはもうしばらく時間がかかる
- SWIM に向けての統合ネットワークに関する研究をする機会を与えていただきありがとうございました