
「クリーンな仮想化」と要素独立進化型の 仮想化ノード・アーキテクチャ

金田 泰 (日立)

中尾 彰宏 (東大 / NICT)

はじめに

■ 共同研究プロジェクトにおいてネットワーク仮想化基盤を開発し、発展させている (本研究会報告 中尾彰宏: “VNode: A Deeply

Programmable Network Testbed Through Network Virtualization” 参照).

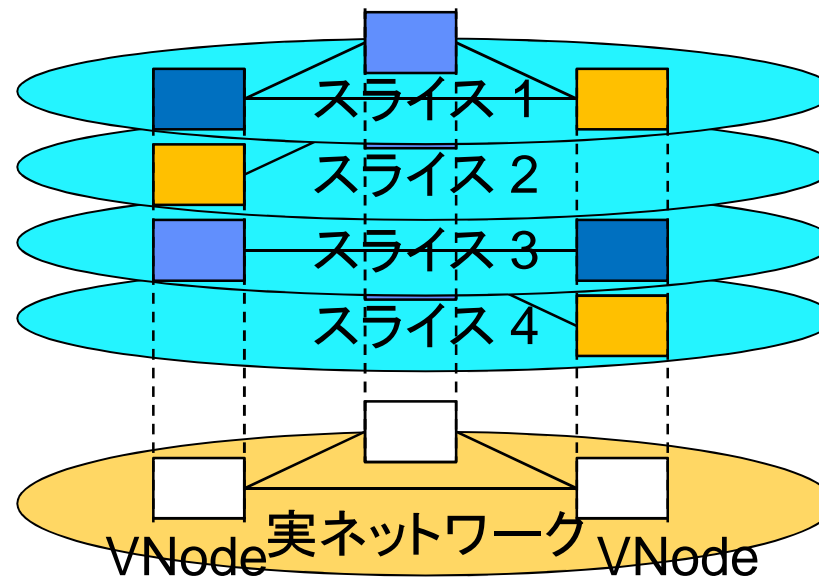
- ◆ ネットワーク仮想化基盤の主役は**仮想化ノード** (VNode, ネットワーク仮想化機能をもつ物理ノード).
- ◆ VNode の特徴として「**要素独立進化型アーキテクチャ**」がある: VNode においては, その構成要素 (プログラマ, リダイレクタ) が独立に進化できるアーキテクチャを実現.

■ この発表の内容

- ◆ 「**クリーンな仮想化**」という概念を提案する.
- ◆ VNode は「**クリーンな仮想化**」をほぼ実現していることをしめす.
- ◆ 要素独立進化型アーキテクチャを実現するうえで「**クリーンな仮想化**」が重要である.
- ◆ VNode とくにその一部であるリダイレクタにおける要素独立進化型アーキテクチャ (と「**クリーンな仮想化**」) 実現のしくみをしめす.

ネットワーク仮想化基盤

- ひとつの物理ネットワーク上で独立かつ自由に設計された複数の仮想ネットワークが同時に動作する環境を実現している。



VNode の構成要素

■ リダイレクタ (Redirector)

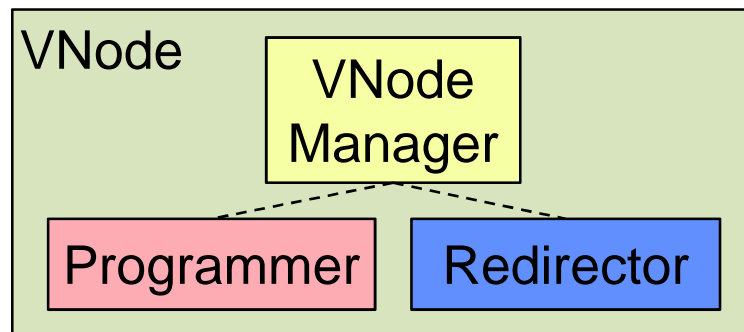
- ◆ パケットを他の VNode 等から受信してプログラマにリダイレクトし、プログラマからのパケットを他の VNode などに送信する (ネットワーク・リソースをもつ).

■ プログラマ (Programmer)

- ◆ パケットの加工や転送先の決定などの処理をおこなう (計算/ストレージ・リソースをもつ). ネットワーク・プロセッサ
- ◆ スローパス (VM) とファストパス (NP) がある.

■ 仮想化ノード・マネージャ (VNode Manager, VNM)

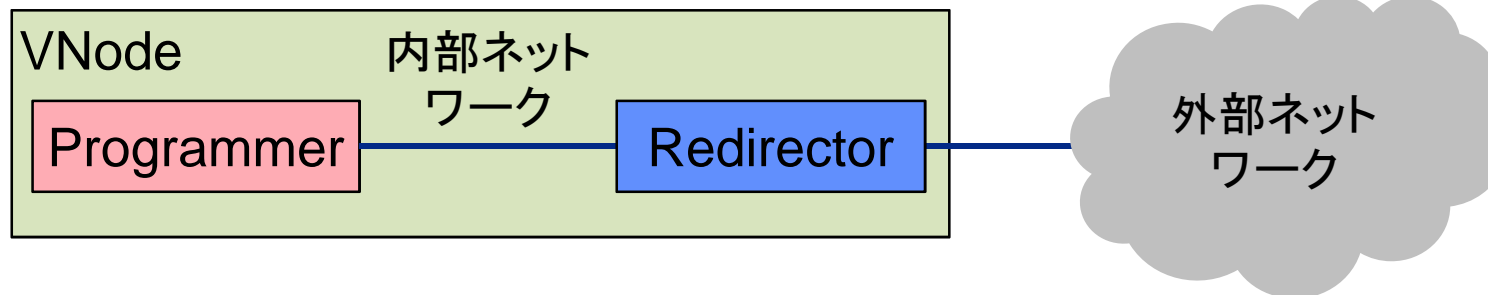
- ◆ VNode 全体の管理をおこなう構成要素.



VNode の要素独立進化型アーキテクチャ

■ プログラマとリダイレクタとの分離が VNode の多様な発展 (進化) を可能にするアーキテクチャ

- ◆ プログラマ-リダイレクタ 間のインターフェース (内部ネットワーク) を外部のネットワークから独立にするとモジュラーになる.
 - 1) 多様なプログラマをひとつのリダイレクタに接続できる.
 - 2) 多様なリダイレクタをひとつのプログラマに接続できる.



■ このアーキテクチャを実装することが課題.

- ◆ これまでに部分的に実現.
- ◆ これから, より理想にちかづける.

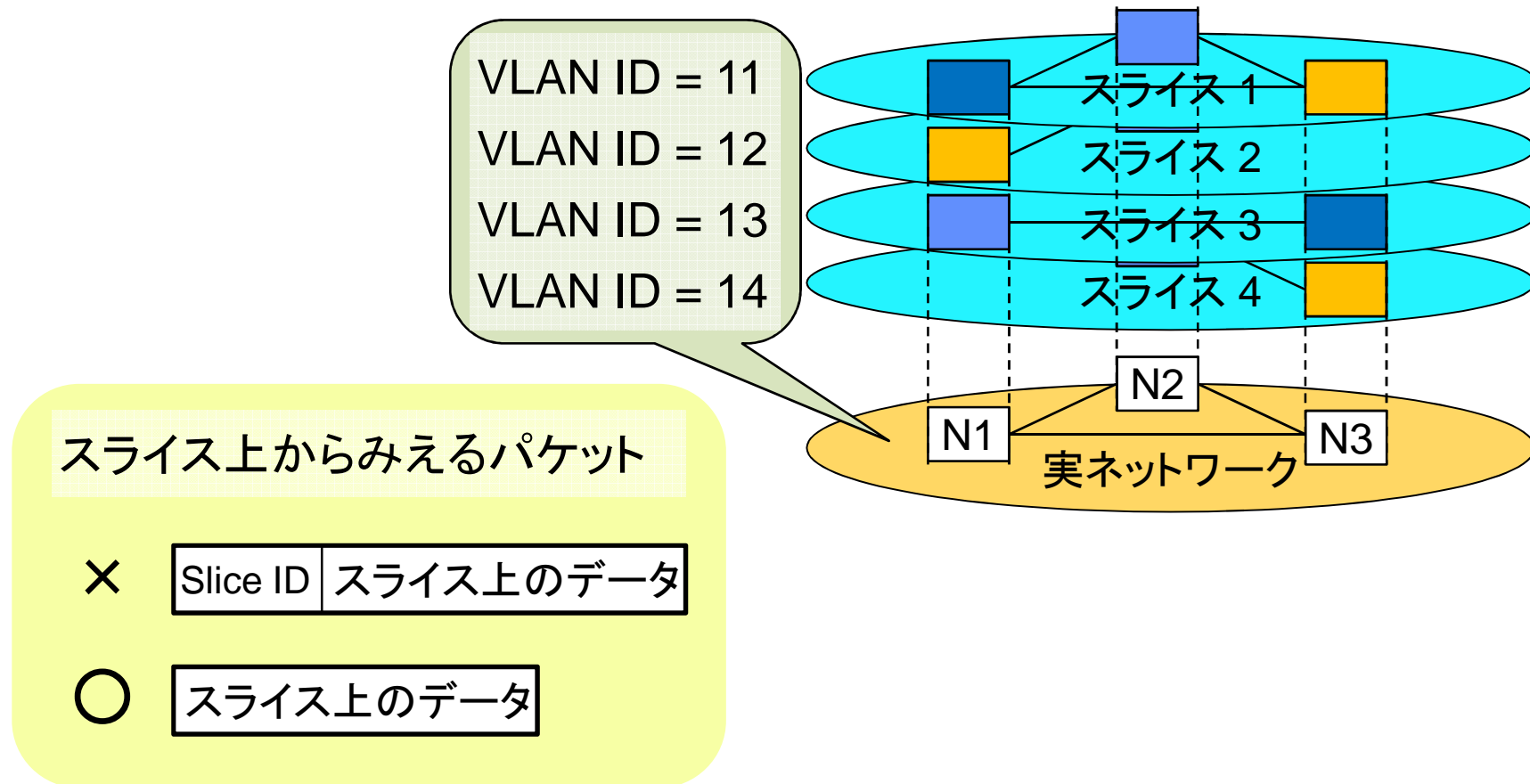
クリーンなネットワーク仮想化

- 既存のネットワーク仮想化 (たとえば GENI) はかならずしも“クリーン”でない.
 - ◆ 不足があったり, 隠蔽されるべきものがされていなかったりする.
- “クリーンなネットワーク仮想化” という概念を提案する.
 - ◆ VNode (の実装) がめざしていたものを “クリーンなネットワーク仮想化” によって説明したい.
- **クリーンなネットワーク仮想化**
 - ◆ 1. 仮想化情報の隠蔽
 - ◆ 2. アドレスの独立性
 - ◆ 3. ネットワークとノードの物理-論理間独立性と隠蔽
 - ◆ 4. 自由なフレーム形式

1. 仮想化情報の隠蔽

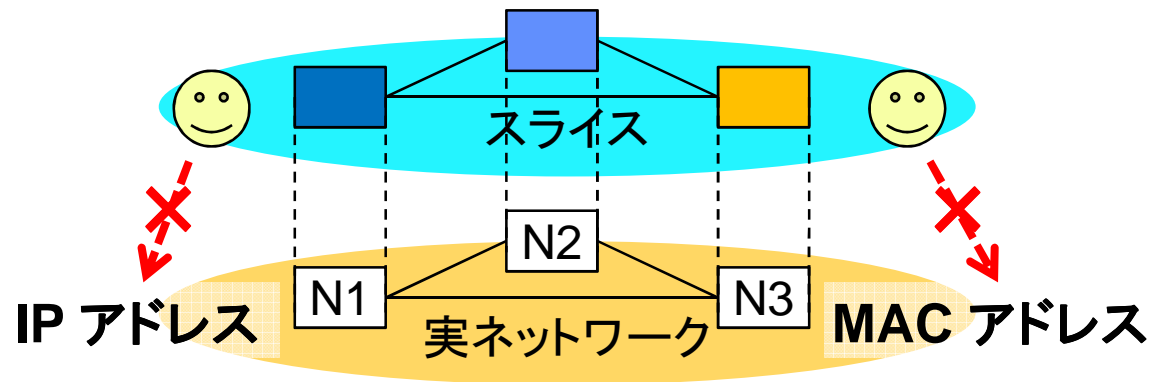
- スライス識別子 (たとえば VLAN ID) など, 仮想化のための情報をスライスから隠蔽する.

- ◆ スライス上からみえるパケットにスライス識別子がはいらないようにする.

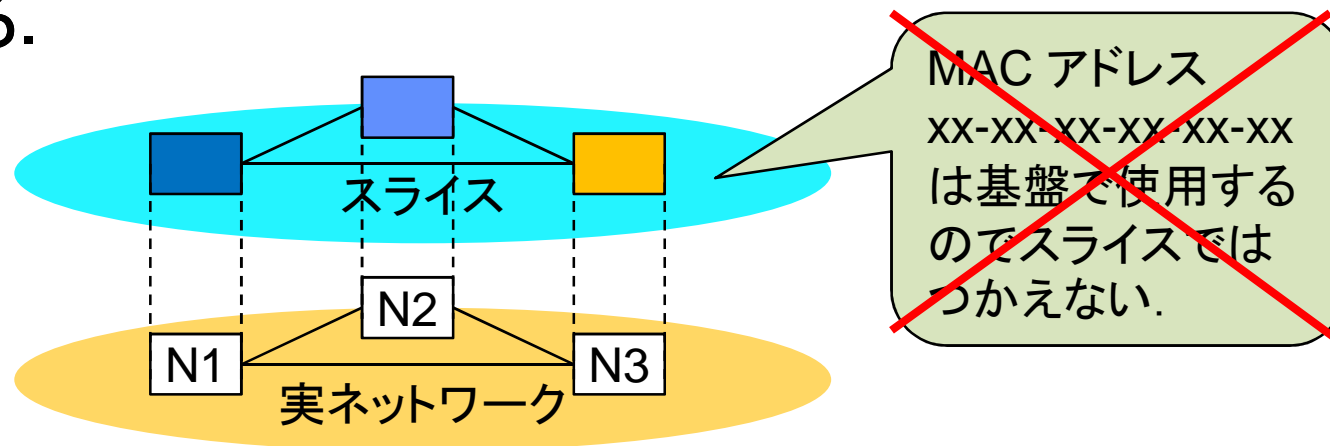


2. アドレスの独立性

- 仮想化基盤のアドレスがスライスから隠蔽される.

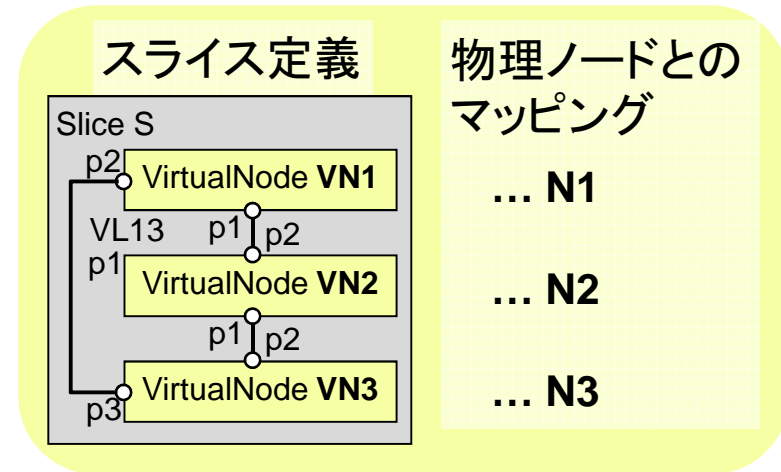


- スライス上のアドレスは仮想化基盤のアドレスからは独立にきめられる.



3. ネットワークとノードの物理-論理間独立性と隠蔽

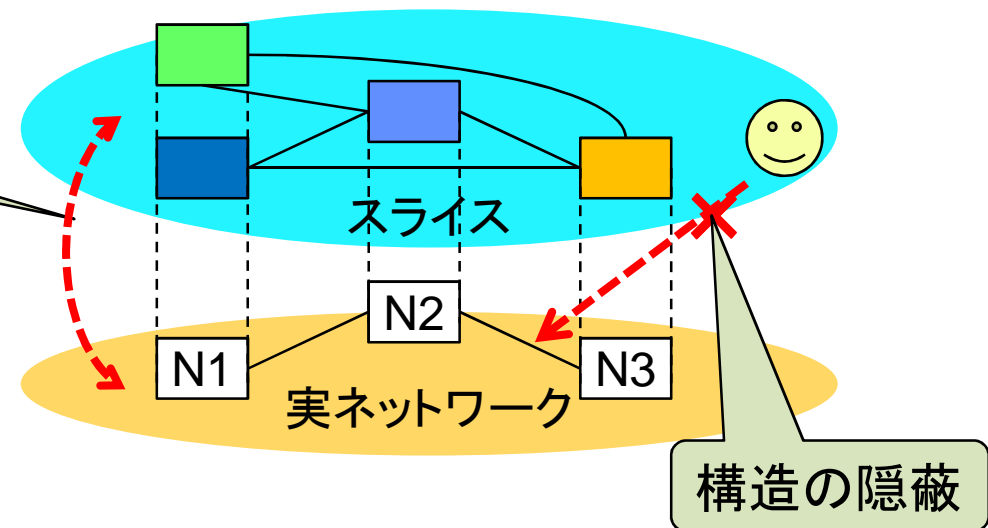
- ノードスリバー (仮想ノード) と物理ノードとのマッピングはスライス定義から隠蔽することができる。
 - ◆ マッピングはスライス定義で指定することもできるが、指定されないときは隠蔽される。



- スライスのネットワーク構造は基盤から独立に設計できる。

独立な構造

- 基盤のネットワーク構造はスライスから隠蔽される。



4. 自由なフレーム形式

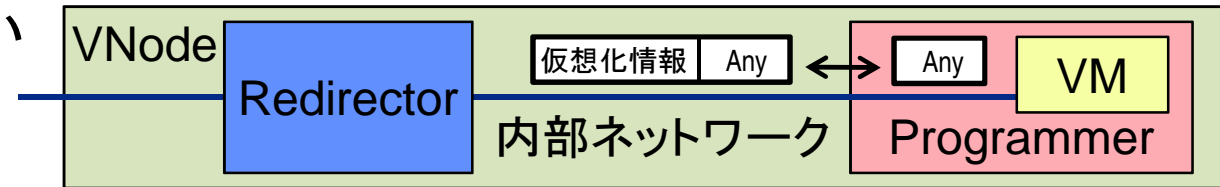
- スライス上で IP や Ethernet にしばられない任意のパケット・フォーマットがつかえる.
 - ◆ アドレスの形式も自由 (アドレスが連続領域にあるとはかぎらない)
 - ◆ アドレスはないかもしれない (Content-Based Networking のとき)

- 自由なフレーム形式は深いプログラマビリティを確保するために必要であり, またこれが深いプログラマビリティを要求する.
 - ◆ 本来は「仮想化」の要件ではないかもしれない.

VNode における「クリーンな仮想化」の実現

■ 1. 仮想化情報の隠蔽の実現

- ◆ スローパスのノードスリバー (仮想ノード) ではスライス上のフレームしかみることができない (隠蔽されている).



■ 4. 自由なフレーム形式の実現

- ◆ プログラマから端末 (PC) まで自由なフレームがあつかえるようにしている (GRE でトンネルをはっている).



■ 2. アドレスの独立性の実現

- ◆ スライス上のアドレス形式は自由 (フレーム形式が自由だから).
- ◆ スライス上で Ethernet / IP をつかうときもアドレス形式は自由.

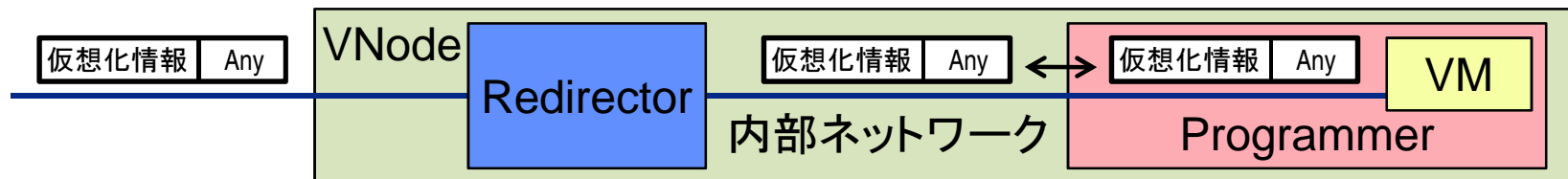
■ 3. ネットワークとノードの物理-論理間独立性と隠蔽

- ◆ これは基盤全体の問題 (ドメイン管理システムの領分) なので, VNode は関与しない.

「クリーンな仮想化」と 要素独立進化型アーキテクチャとの関係

■ 1. 仮想化情報の隠蔽との関係

- ◆ もし外部ネットワークにおける仮想化情報がそのままスライス上で参照できるようにすると、外部と内部のデータ形式を独立にできない。




■ 4. 自由なフレーム形式との関係

- ◆ 自由なフレームがつかえることで、外部と内部のデータ形式の独立性がいきる。

「クリーンな仮想化」と 要素独立進化型アーキテクチャとの関係 (つづき)

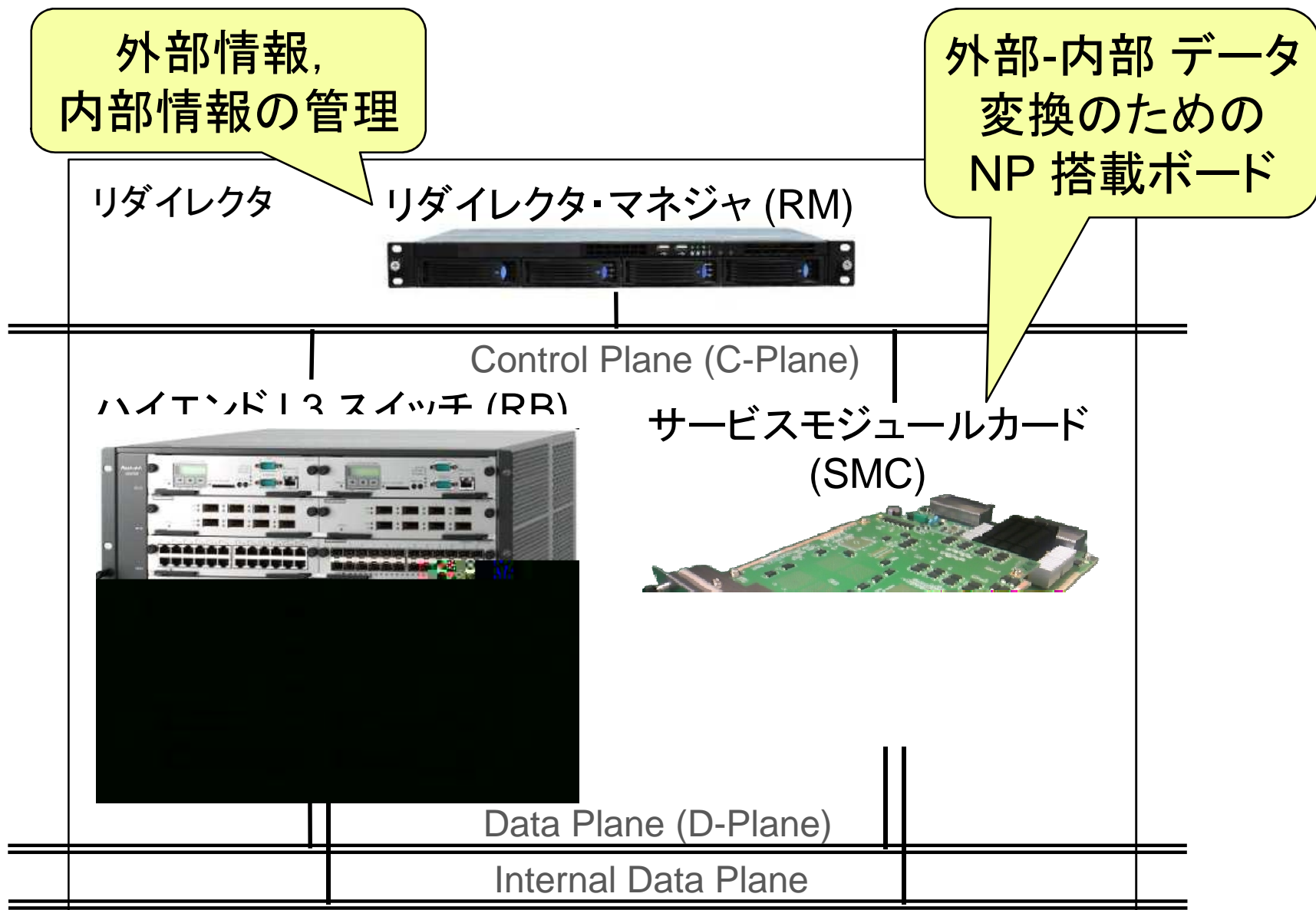
■ 2. アドレスの独立性との関係

- ◆ もし基盤のアドレスがスライス上から見えると, 内部ネットワークのアドレスを外部ネットワークのアドレスと独立にきめられない.



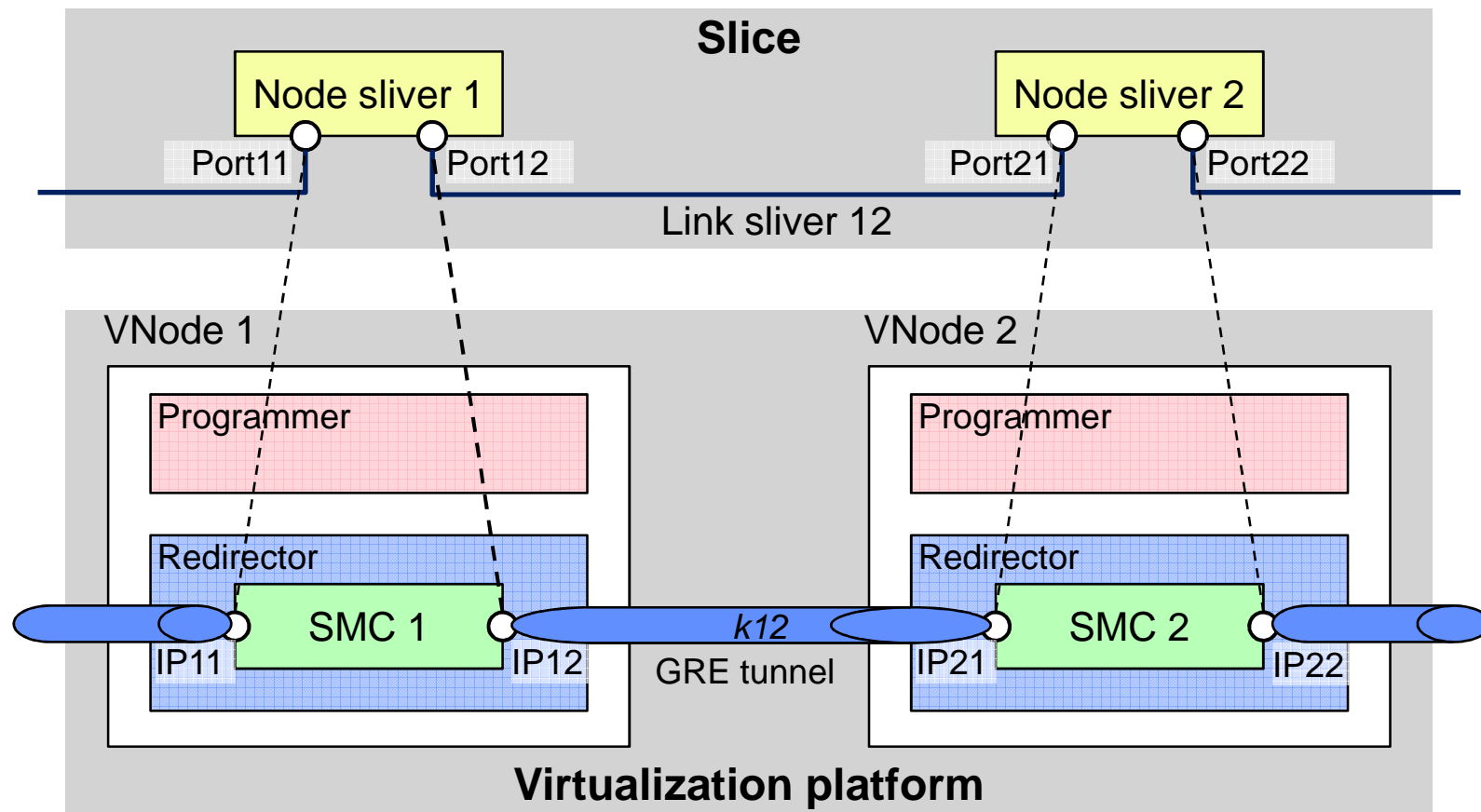
VNode

「クリーンな仮想化」と要素独立進化実現のための リダイレクタの構造



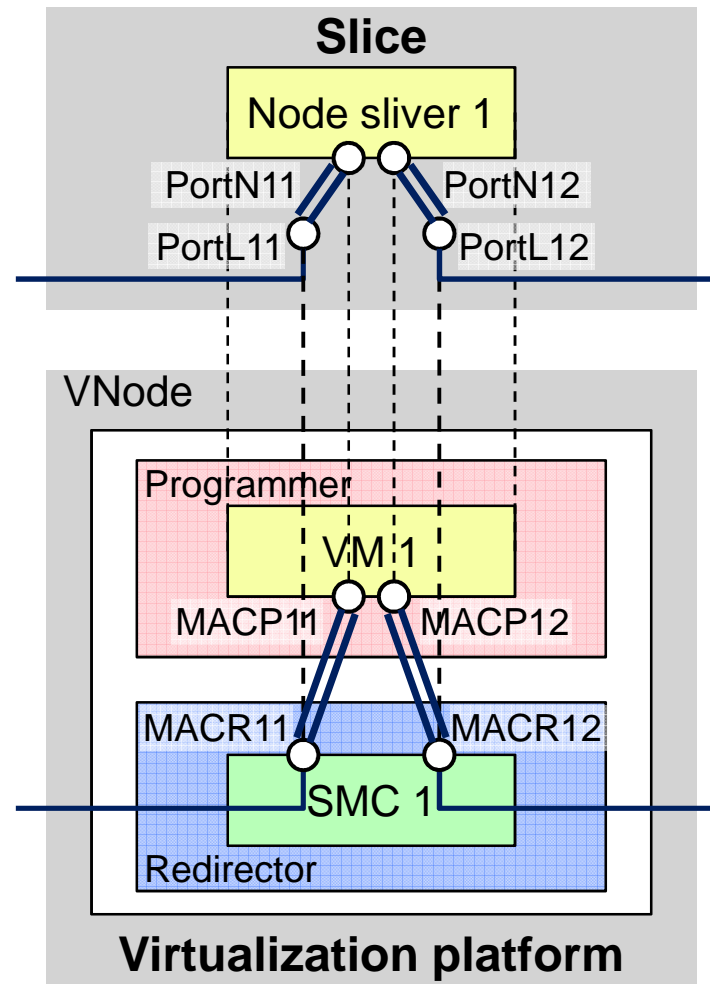
リダイレクタ (RM) が管理する外部情報

- VNode 外部での仮想リンク (リンクスリバ) とその物理表現 (GRE/IP) との対応を管理する — 2 個の VNode が連携



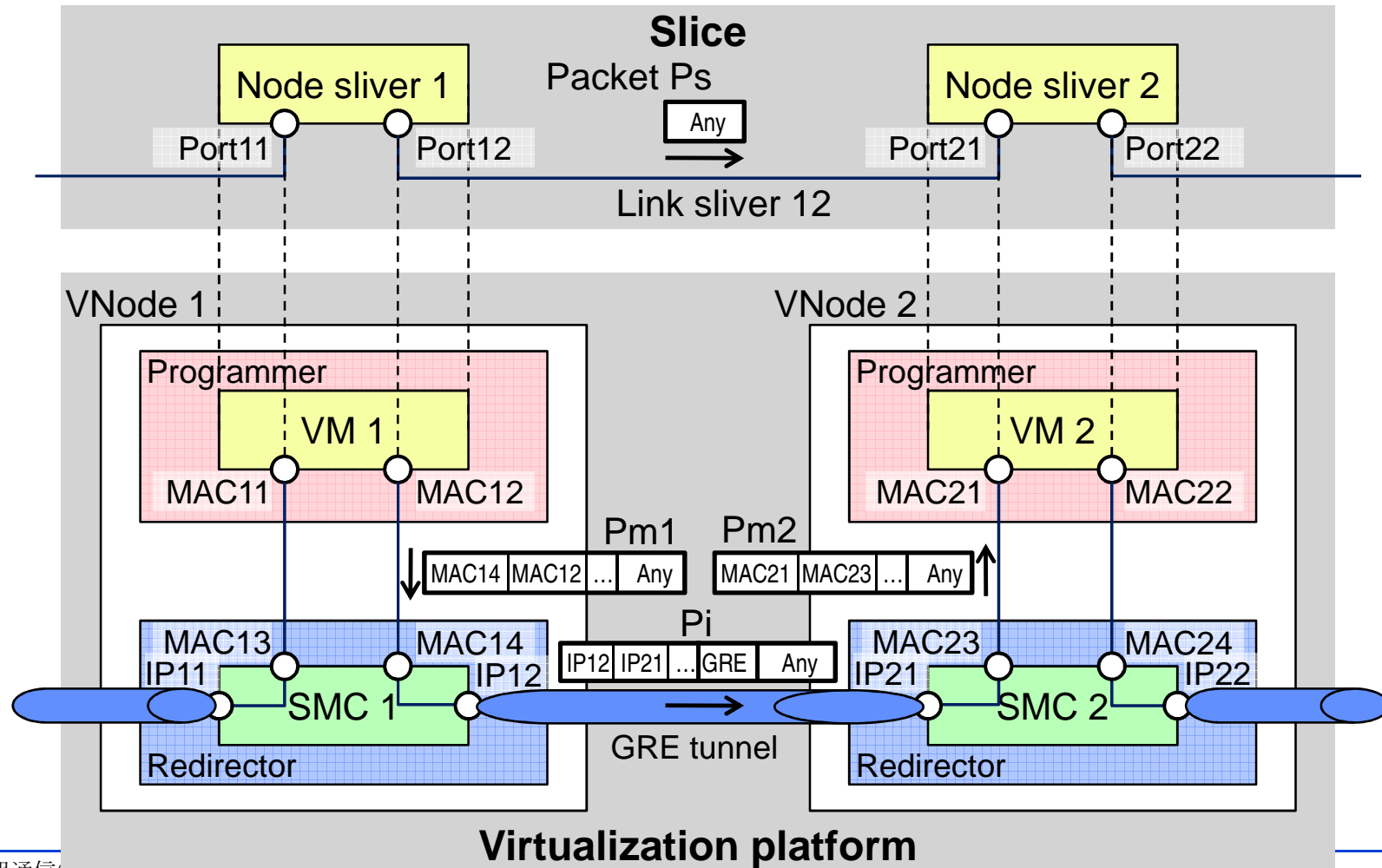
リダイレクタ (RM) が管理する内部情報

- VNode 内部での仮想リンク (リンクスリバ) とその物理表現 (VLAN) との対応を管理する — プログラマとリダイレクタが連携



リダイクタ (SMC) による 外部表現-内部表現 の変換

- スライス上の任意フォーマットのデータをカプセル化/デカプセル化して VNode 間で転送する: SMC によって変換する.
 - ◆ スループットは 10 Gbps (パケットサイズ 1000 B 程度するとき)



まとめ

- **仮想化ノード (VNode) には 2 つの特徴がある.**
 - ◆ **要素独立進化型アーキテクチャ:** VNode においては, その構成要素 (プログラマ, リダイレクタ) が独立に進化できるアーキテクチャを実現.
 - ◆ **「クリーンな仮想化」をほぼ実現:** 仮想ネットワークから物理ネットワークを隠蔽し IP や Ethernet にしばられない自由なプロトコルが使用できる.
- **要素独立進化型アーキテクチャを実現するうえで, 「クリーンな仮想化」が重要である.**
- **VNode の構成要素であるリダイレクタが VNode 内の他の要素や VNode 間で連携して要素間の独立性を確保している.**

- **謝辞:** この研究発表は委託研究「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発」課題A の成果をふくむ.