

**TTC標準**  
Standard

JT-G7702

トランスポートネットワークの  
SDN 制御のためのアーキテクチャ

Architecture for SDN control of transport networks

第 1 版

2025 年 5 月 22 日制定

一般社団法人  
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。  
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、  
転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

## 目次

<参考>	5
1. 適用範囲	7
2. 参考文献	7
3. 定義	7
3.1 他で定義される用語	7
3.2 この標準で定義されている用語	8
4. 略語・頭字語	8
5. 表記規則	9
6. 概要	10
6.1 MC コンポーネントの概要	10
6.2 コールおよび接続の制御	10
6.3 トランスポートネットワークの SDN の機能特性	10
6.4 トランスポートネットワークのための SDN のアーキテクチャ	11
6.4.1 階層型 SDN コントローラ相互接続	12
6.4.2 ピアツーピア SDN コントローラ相互接続	13
6.5 SDN コントローラとトランスポートネットワーク間の相互作用	14
6.6 SDN コントローラとアプリケーション間の相互作用	14
6.7 管理機能の相互作用	14
7. トランスポートリソースとそれらの表現	15
7.1 トランスポートリソースとそれらの表現	15
7.2 ドメイン	15
7.3 接続管理のためのトランスポートリソースの制御ビュー	15
7.4 仮想化	15
7.5 マルチレイヤ制御	18
7.6 レイヤ間クライアントのサポート	19
7.7 同じレイヤのコールによってサポートされるコール	19
7.8 マッピングされたサーバのレイヤ間関係	19
8. MC コンポーネント	19
8.1 表記	19
8.2 ポリシー	19
8.3 共通コンポーネント	20
8.3.1 コールコントローラコンポーネント	20
8.3.2 接続コントローラ(CC)コンポーネント	20
8.3.3 ルーティングコントローラ(RC)コンポーネント	20
8.3.4 リンクリソースマネージャ(LRM)コンポーネント	20
8.3.5 ディスカバリエージェント(DA)コンポーネント	21
8.3.6 ターミネーションアダプテーションパフォーマー(TAP)コンポーネント	21
8.3.7 ディレトリサービス(DS)コンポーネント	21
8.3.8 通知コンポーネント	21
8.3.9 プロトコルコントローラ(PC)コンポーネント	21
8.3.10 トラフィックポリシング(TP)コンポーネント	21
9. 制御通信ネットワーク	21

10.	管理の観点	22
10.1	SDN コントローラの管理	22
10.2	コントロールプレーンインタフェース(CPI)の管理	23
10.3	制御通信ネットワーク(CCN)の管理	23
11.	識別子	23
11.1	トランスポートネットワーク内のリソース	23
11.2	トランスポートリソースの制御ビュー	23
11.3	MC コンポーネント	24
11.4	制御アーティファクト	24
11.5	リファレンスポイント	24
11.5.1	SDN コントロールプレーンインタフェース	24
11.5.2	CPI の識別子の機能要件	26
11.5.3	CPI 上の NCC 間の相互作用	27
11.6	制御通信ネットワーク	29
12.	レジリエンス	29
13.	接続可用性向上手法	29
14.	トポロジと検出	29
14.1	自動検出手順によるネットワークトポロジの作成	30
14.2	抽象化されたネットワークトポロジの作成	30
15.	コントローラの相互作用	31
15.1	相互作用タイプ1	32
15.1.1	コールと接続の制御	32
15.1.2	リソースの検出、仮想化(ネームスペースとマッピング)、リソースビューのメンテナンス	33
15.2	相互作用タイプ2	34
15.3	相互作用タイプ3	34
15.3.1	コールおよび接続制御	35
15.4	相互作用タイプ4	36
15.5	相互作用タイプ5	36
16.	スケーラビリティに関する考慮	37
16.1	コントローラのスケーラビリティ	37
16.2	コンポーネントのスケーラビリティ	37
	付属資料 A リソースを表現するための CIM の使用	38
	参考文献	40

## <参考>

### 1. 国際勧告等との関連

本標準は、ITU-T 勧告 G.7702 (04/2022)に準拠したものである。

### 2. 上記国際勧告等に対する追加項目等

#### 2.1 オプション選択項目

なし

#### 2.2 ナショナルマター項目

なし

#### 2.3 その他

なし

#### 2.4 上記国際勧告等に対する変更事項

なし

#### 2.5 参照した国際勧告との章立て構成の相違

なし

### 3. 改定の履歴

版数	発行日	改版内容
第1版	2025年5月22日	制定 (ITU-T 勧告 G.7702 (04/2022)に準拠)

### 4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施許諾に係る声明書」の提出状況は、TTC ホームページにて閲覧可能である。

### 5. その他

(1) 参照している勧告、標準等

TTC 標準 JT-G7701, JT-G872

ITU-T 勧告 G.800, G.805, G.7703, G.7711, G.7712, G.7714.1, G.7714.1, Y.3300, G.7715, M.3400

(2) 上記勧告等に対する追加項目

なし

### 6. 標準作成部門

伝送網・電磁環境専門委員会

## JT-G7702／トランスポートネットワークのSDN制御のためのアーキテクチャ

### 概要

TTC 標準 JT-G7702 は、接続指向回線およびまたはパケット転送ネットワークの両方に適用可能なトランスポートネットワークのソフトウェア定義ネットワーク(SDN)制御のためのリファレンスアーキテクチャを記述している。このアーキテクチャは、論理関数(抽象エンティティ対物理実装)を表す抽象コンポーネントとインタフェースの観点から記述されている。

## 1. 適用範囲

この標準は、SDN の原則と一致し、ITU-T SG11、13、および 17 での SDN 関連の作業を補完する、トランスポートネットワークのソフトウェア定義ネットワーク(SDN)制御のアーキテクチャと要件を仕様化する。このアーキテクチャは、接続指向の回線とパケットトランスポートネットワークの両方に適用できる。

リファレンスアーキテクチャは、必要な機能を提供するためにトランスポートネットワークリソースを操作するために使用される抽象 MC コンポーネントの観点からトランスポートネットワークの SDN 制御を記述する。

## 2. 参考文献

以下の ITU-T 勧告およびその他の参考文献には、本文中の参照により本標準の規定を構成する規定が含まれている。本書の発行時点では、記載されている版は有効であった。すべての勧告およびその他の参考文献は改訂される可能性がある。したがって、本標準勧告の利用者は、勧告およびその他の参考文献の最新版適用の可能性を吟味することが推奨される。現在有効な ITU-T 勧告のリストは定期的に公開されている。この標準内の文書への参照は、独立した文書として勧告のステータスを示すものではない。

- [ITU-T G.800] Recommendation ITU-T G.800 (2016), Unified functional architecture of transport networks.
- [ITU T G.805] Recommendation ITU T G.805 (2000), Generic functional architecture of transport networks.
- [JT-G7701] TTC 標準 JT-G7701 (第 1 版), 202x/xx/xx, 共通管理項目
- [ITU-T G.7703] Recommendation ITU-T G.7703 (2021), *Architecture for the automatically switched optical network*.
- [ITU-T G.7711] Recommendation ITU-T G.7711/Y.1702 (2018), Generic protocol-neutral management Information Model for Transport Resources.
- [ITU-T G.7712] Recommendation ITU-T G.7712/Y.1703 (2019), Architecture and specification of data communication network.
- [ITU-T G.7714] Recommendation ITU-T G.7714/Y.1705 (2005) and Amd.1 (2012), Generalized automatic discovery for transport entities
- [ITU-T G.7714.1] Recommendation ITU-T G.7714.1/Y.1705.1 (2017) and Amd.1 (2021), Protocol for automatic discovery in transport networks
- [ITU-T Y.3300] ITU-T Recommendation Y.3300 (2014), Framework of software-defined networking..

## 3. 定義

### 3.1 他で定義される用語

この標準では、他で定義されている次の用語を使用する。

- 3.1.1 **アダプテーション(adaptation):** [ITU-T G.800]。
- 3.1.2 **アドレス(address):** [JT- G7701]。
- 3.1.3 **管理ドメイン(administrative domain):** [JT-G7701]。
- 3.1.4 **アーキテクチャコンポーネント(architectural component):** [ITU-T G.805]。
- 3.1.5 **コール(call):** [JT-G7701]
- 3.1.6 **コールコントローラ(call controller):** [JT-G7701]
- 3.1.7 **発呼側/被呼側コールコントローラ(calling/called party call controller):** [JT-G7701]
- 3.1.8 **特性情報(characteristic information) (CI):** [ITU-T G.800]

- 3.1.9 クライアント/サーバの関係(client/server relationship): [ITU-T G.805]
  - 3.1.10 コンポーネント(component): [JT-G7701]
  - 3.1.11 コンポーネントインタフェース(component interface): [JT-G7701]
  - 3.1.12 接続(connection): [ITU-T G.805]
  - 3.1.13 接続コントローラ(connection controller) (CC): [JT-G7701]
  - 3.1.14 制御ドメイン(control domain): [JT-G7701]
  - 3.1.15 ドメイン(domain): [JT-7701]
  - 3.1.16 レイヤネットワーク(layer network): [ITU-T G.805]
  - 3.1.17 リンク(link): [ITU-T G.805]
  - 3.1.18 リンク接続(link connection): [ITU-T G.805]
  - 3.1.19 ネットワークコールコントローラ(network call controller) (NCC): [JT-G7701]
  - 3.1.20 ポリシー(policy): [JT-G7701]
  - 3.1.21 リカバリドメイン(recovery domain): [JT-G7701]
  - 3.1.22 リソースデータベース(resource database) (RDB): [JT-G7701]
  - 3.1.23 ルート(route): [JT-G7701]
  - 3.1.24 ルーティングコントローラ(routing controller) (RC): [JT-G7701]
  - 3.1.25 ルーティングドメイン(routing domain): [JT-G7701]
  - 3.1.26 ソフトウェア定義ネットワーク(software defined networking): [ITU-T Y.3300]
  - 3.1.27 サブネットワーク(subnetwork): [ITU-T G.805]
  - 3.1.28 サブネットワーク接続(subnetwork connection): [ITU-T G.805]
  - 3.1.29 サブネットワークポイント(subnetwork point) (SNP): [JT-G7701]
  - 3.1.30 サブネットワークポイントプール(subnetwork point pool) (SNPP): [JT-G7701]
  - 3.1.31 トレイル(trail): [ITU-T G.805]
  - 3.1.32 過渡リンク(transitional link): [ITU-T G.800]
  - 3.1.33 仮想ネットワーク(virtual network) (VN): [JT-G7701]
- 3.2 この標準で定義されている用語

なし。

#### 4. 略語・頭字語

本標準では、以下の略語・頭字語を使用する。

AAA	Authentication, Authorization and Accounting: 認証、認可、アカウントティング
APP	Application: アプリケーション
AVC	Attribute Value Change: 属性値の変更
BRI	Boundary Resource Identifier: 境界リソース識別子

BSS	Business Support System: 業務支援システム
CC	Connection Controller: 接続コントローラ
CCC	Calling/called party Call Controller: 発呼側/被呼側コールコントローラ
CCN	Control Communication Network: 制御通信ネットワーク
CI	Characteristic Information: 特性情報
CIM	Common Information Model: 共通情報モデル
CPI	Control Plane Interface: コントロールプレーンインタフェース
DA	Discovery Agent: ディスカバリエージェント
DS	Directory Service: ディレクトリサービス
EMS	Element Management System: 要素管理システム
FCAPS	Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security: 障害、設定、アカウントティング、パフォーマンス、およびセキュリティ
FP	Forwarding Point: 転送ポイント
IM	Information Model: 情報モデル
LLDP	Link Layer Discovery Protocol: リンクレイヤ検出プロトコル
LRM	Link Resource Manager: リンクリソースマネージャ
MC	Management and Control: 管理・制御
MCC	Management-Control Continuum: 管理制御コンティニューム
MCI	Management and Control Interface: 管理・制御インタフェース
MCS	Management and Control System: 管理・制御システム
NCC	Network Call Controller: ネットワークコールコントローラ
NMS	Network Management System: ネットワーク管理システム
OSS	Operation Support System: 運用支援システム
PEP	Policy Enforcement Point: ポリシー実施ポイント
PM	Performance Monitoring: パフォーマンス監視
QoS	Quality of Service: サービス品質
RC	Routing Controller: ルーティングコントローラ
RDB	Resource Database: リソースデータベース
SDN	Software Defined Networking: ソフトウェア定義ネットワーク
SLA	Service Level Agreement: サービスレベル契約
SNC	Subnetwork Connection: サブネットワーク接続
SNP	Subnetwork Point: サブネットワークポイント
SNPP	Subnetwork Point Pool: サブネットワークポイントプール
TAP	Termination and Adaptation Performer: ターミネーションアダプテーションパフォーマー
TLS	Transport Layer Security: トランスポートレイヤセキュリティ
VN	Virtual Network: 仮想ネットワーク

## 5. 表記規則

この標準では、[ITU-T G.800]で定義されているダイアグラム表記規則を使用して、トランスポートリソースを記述する。

この標準では、[JT-G7701]で定義されているダイアグラム表記規則を使用して、コントローラコンポーネントを記述する。

この標準では、[ITU-T G.800]で定義されているレイヤという用語が使用される。この標準では、SDN コン

トローラまたは階層トランスポートネットワークビューの階層内の位置を説明するためにレベルという用語が使用される。

## 6. 概要

トランスポートネットワークの制御に関するアーキテクチャの概要は、[JT-G7701]の6章に記載されている。

この標準は、SDN を使用してトランスポートネットワークを制御するためのアーキテクチャを、[b-ONF TR521]に記載されている SDN アーキテクチャに基づいて定義する。この標準は、MC コンポーネントと、他の管理制御システム(MCS)のトランスポートリソースおよび管理機能との相互作用を定義する。図 6-1 は、SDN と他の MCS の相互およびトランスポートネットワーク内のリソースとの関係を示している。

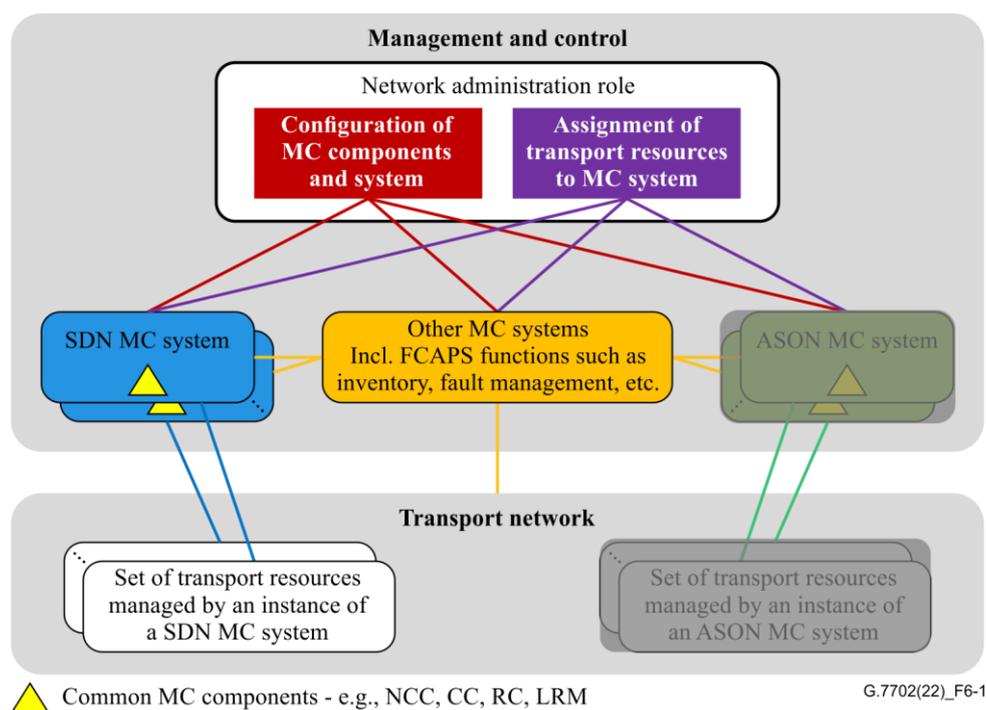


図6-1/JT-G7702 SDN MCシステムを示しているトランスポートネットワークの管理制御コンティニューム (ITU-T G.7702)

SDN MC コンポーネントは、単一のトランスポートレイヤネットワーク(メディアレイヤを含む)を管理するために定義される。SDN コントローラには、1つ以上のトランスポートレイヤネットワークを管理するために必要な MC コンポーネントが含まれる(7.5 節参照)。

### 6.1 MC コンポーネントの概要

この標準の要件をサポートするコントロールプレーンのリファレンスアーキテクチャは、[JT-G7701]の6章に記載されている。

### 6.2 コールおよび接続の制御

コール接続および制御については、[JT-G7701]の6.1節を参照のこと。

### 6.3 トランスポートネットワークのSDNの機能特性

サービス提供者は、それぞれ異なるビジネスモデルに基づいて幅広いサービスを提供する。オペレータは、提供するサービスを差別化する能力を維持するとともに、外部の監視や管理から商業的な事業運営慣行と資

源を保護することを引き続き要求する。基盤となるトランスポートネットワークのセキュリティと信頼性は、依然として高い優先事項である。したがって、トランスポートアーキテクチャのための SDN は、例えばビジネスモデルの範囲やユーザとプロバイダ間の様々な信頼関係に適合するために、ユーザ間・プロバイダ間でポリシーと情報共有に対する境界を提供しなければならない。SDN コントローラの境界におけるセキュリティは、コントロールプレーンインタフェース(CPI)全体でクライアントに提供される機能を制約する。

トランスポートネットワークオペレータは、既存から新興まで広範なトランスポート技術、設備の粒度オプション、柔軟な容量調整スキーム、サバイバビリティ戦略、および設備発展の方向性、といった選択を行うことができる。ネットワークオペレータ/サービスプロバイダーにとって、最適なネットワークレイヤ構成、収束の選択肢、および機器の選択は、次のような複数の要因に依存する。

- ネットワークサイズ、地理、スケーラビリティ
- サービス提供ポートフォリオ、サービスレベル契約で(SLAs)約束されたサービス品質(QoS)
- リソース使用率、パフォーマンス、サバイバビリティ/回復性のトレードオフ
- 制御および管理環境の導入スキーム
- サービスが複数のオペレータのドメインを横断するかどうか

すなわち、トランスポートネットワークの SDN 制御のアーキテクチャは、多次元的な異種混合性を許容し、ネットワークオペレータがネットワーク設計を最適化し、必要に応じてサービスの実現をサポートすることを妨げないように設計されなければならない。したがって、アーキテクチャは、サービス提供メカニズムから提供されるサービスを分離し、かつ、その実現メカニズムから QoS を分離する能力をサポートしなければならない。

[JT-G7701]の 11 章で説明されているように、異なる独立したネームスペースのセットが存在し、そこから以下のような識別子が引き出される。

- トランスポートネットワーク内のリソース
- トランスポートリソースの制御ビュー
- 管理・制御(MC)コンポーネント
- 制御アーティファクト
- 基準点
- 制御通信ネットワーク(CCN)。

これらの考慮事項は、以下のアーキテクチャ原則につながる。

- インフラストラクチャや実現のメカニズムとは異なる形であるサービスの関連付けを反映する構成を提供する
- ポリシー決定ポイント(例えば、信頼ドメインの境界)にインタフェースを持つモジュラ型アーキテクチャを確立する
- 識別子とアドレスとを区別する機能を提供する(トランスポートリソース、MC コンポーネント、および制御通信ネットワークアドレスや、それらの間の区別を含む)

#### 6.4 トランスポートネットワークのための SDN のアーキテクチャ

このアーキテクチャは、図 6-2 に示すように、コントロールプレーンインタフェース(CPI)によって相互接続された SDN コントローラの階層構成の観点から説明される。階層内のコントローラのレベルは、[JT-G7701]で定義され、[BITU-T.G.7715]で使用されるルーティングレベルと似ているが、異なるものである。どちらの場合も、レベルは階層内での位置を示す。

SDN の階層では、サーバ SDN コントローラは、トランスポートネットワークリソースのサブセットの仮想ネットワーク(VN)ビューをクライアントに提示する。

SDN コントローラは 1 つ以上のクライアントをサポートする。この標準では、これをクライアント/サー

バ関係と呼ぶ。図 6-2 に示すように、SDN コントローラは複数のクライアントと複数のサーバと接続可能である。n+1 レベルコントローラはレベル n コントローラのクライアントであり、レベル n-1 コントローラは(レベル n コントローラに対する)サーバである。

SDN コントローラのクライアントは、別の SDN コントローラまたは SDN アプリケーションのいずれでもよい。階層内の任意の SDN コントローラは、SDN アプリケーションをサポートすることができる。

SDN コントローラ内では、特定のクライアントは、(VN に表示される)トランスポートネットワークリソースを含む一連の情報、およびそのクライアントをサポートするために必要な MC コンポーネントによってサポートされる。これらは合わせてクライアントコンテキストと呼ばれる。

SDN コントローラ(の範囲内)によって管理されるトランスポートネットワークリソースは、1 つ以上のサーバコンテキストで提供される。各サーバコンテキストは、サーバによって提供されるトランスポートリソースに関連する一連の情報と、関連する MC コンポーネントによってサポートされる。

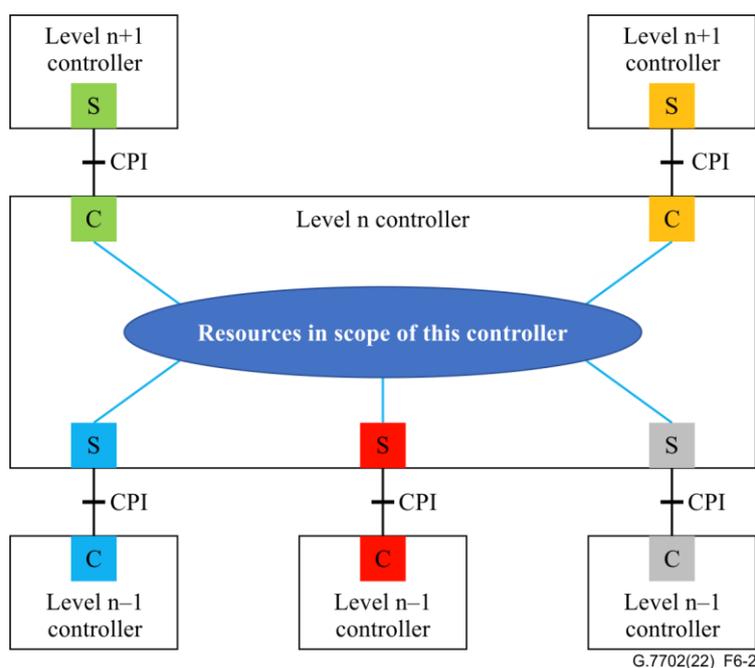


図6-2/JT-G7702 SDNアーキテクチャにおけるクライアント/サーバ関係 (ITU-T G.7702)

#### 6.4.1 階層型 SDN コントローラ相互接続

階層内で隣接する 2 つの SDN コントローラが、1 組のクライアントサーバコンテキストを介して相互接続される。クライアントロールを持つ SDN コントローラは、サーバロールを持つ SDN コントローラのクライアントコンテキストと 1:1 の関係を持つサーバコンテキストを有している。サーバ SDN コントローラは、サブネットワークポイント(SNP)およびサブネットワークポイントプール(SNPP)識別子を使用して、トランスポートリソースの仮想化ビューをクライアント SDN コントローラに提示する。クライアント SDN コントローラは、範囲内のリソースに対し SNP/SNPP 識別子のみを持つため、これらのリソースに対する転送を設定できない。この場合、クライアントコントローラはサーバコントローラに要求を送信する。SDN コントローラが ITU-T G.800 転送ポイント(FP)ネームスペースの可視性を持つ場合については、6.5 節で説明する。

図 6-3 に、トランスポートネットワーク用の SDN の階層アーキテクチャを示す。

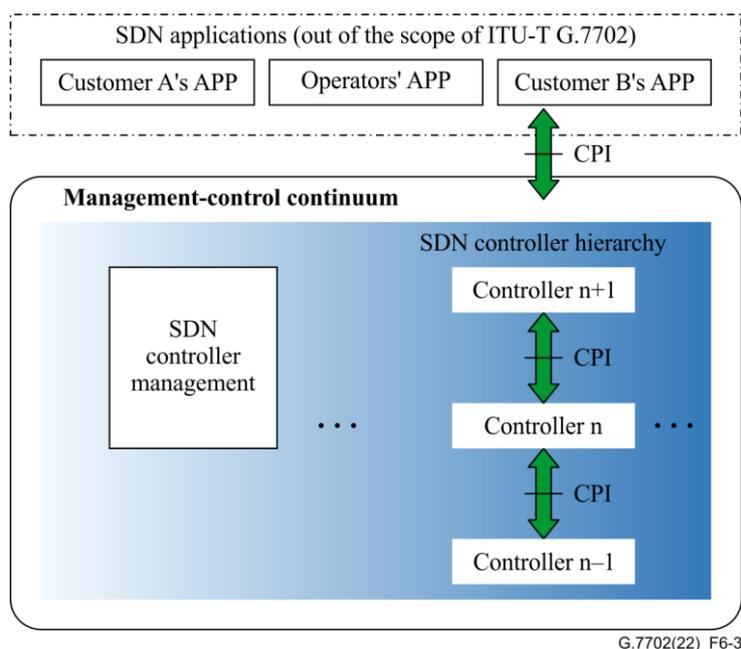


図6-3/JT-G7702 トランスポートネットワークのSDNの階層アーキテクチャ (ITU-T G.7702)

#### 6.4.2 ピアツーピア SDN コントローラ相互接続

場合によっては、SDN コントローラは、前述のように、階層内に展開する代わりに、または階層内への展開に追加する形で、ピアとして展開されることがある。ピアツーピアの相互作用をサポートするために、クライアントとサーバのコンテキストが接続される(図 6-4 参照)。

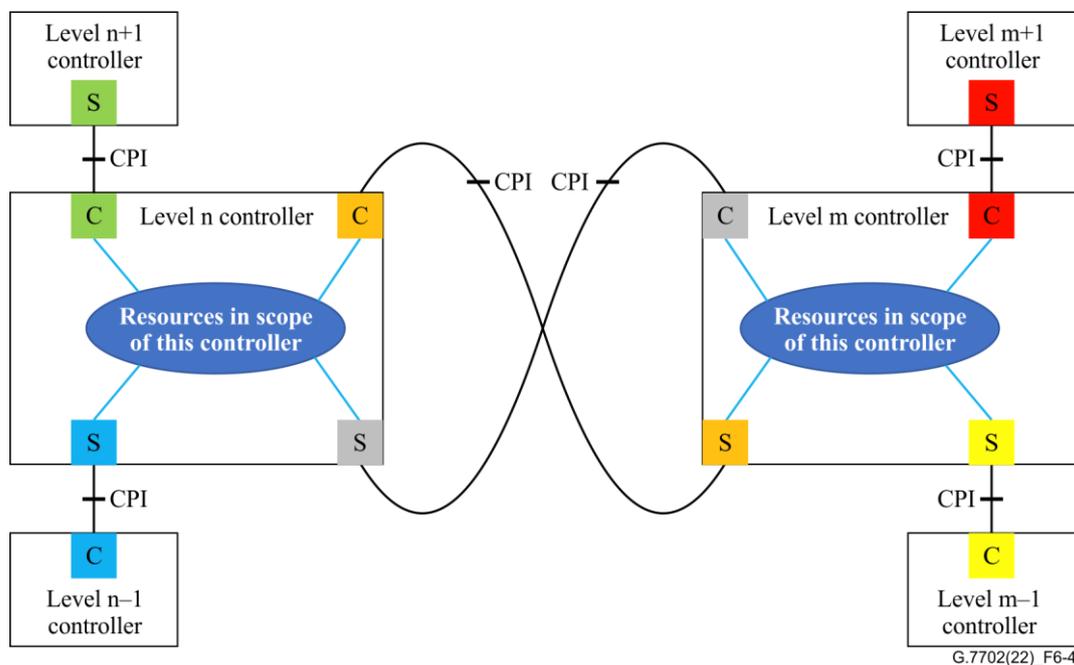


図6-4/JT-G7702 SDNコントローラのピアツーピア相互接続 (ITU-T G.7702)

階層構造では、レベル  $n$  コントローラ(サーバとして動作)がレベル  $n+1$  コントローラ(クライアントとして動作)にリソースを提供する。ピア関係(図 6-4 参照)では、レベル  $n$  コントローラ(サーバとして動作)がピアのレベル  $m$  コントローラ(クライアントとして動作)にリソースを提供し、同様にレベル  $m$  コントローラ(サーバとして動作)がピアのレベル  $n$  コントローラ(クライアントとして動作)にリソースを提供する。このピア

ツーピア相互接続の例では'n'と'm'を使用しているが、それがピアコントローラはそれぞれの階層内の任意の位置でよいことを示していることに注意すること。

ピアツーピア関係に参加している SDN コントローラは、他の SDN コントローラとの階層関係に参加することもできる。

## 6.5 SDN コントローラとトランスポートネットワーク間の相互作用

SDN コントローラ内の MC コンポーネントが[ITU-T G.800]の転送ポイント(FP)ネームスペースを認識できる場合、SDN コントローラはこれらのトランスポートリソースを直接制御できる。コントローラが FP ネームスペースを認識できるトランスポートリソースはローカルリソースと呼ばれ、外部インタフェースを提供しないサーバコンテキストに配置される。すなわち、CPI は公開されない。

階層内の任意のレベルの SDN コントローラは、スコープ内にローカルリソースを持つことができる。SDN コントローラはスコープ内にローカルリソースと 1 つ以上のサーバ SDN コントローラによって提供されるリソースの両方を持つことができる。これを図 6-5 に示す。

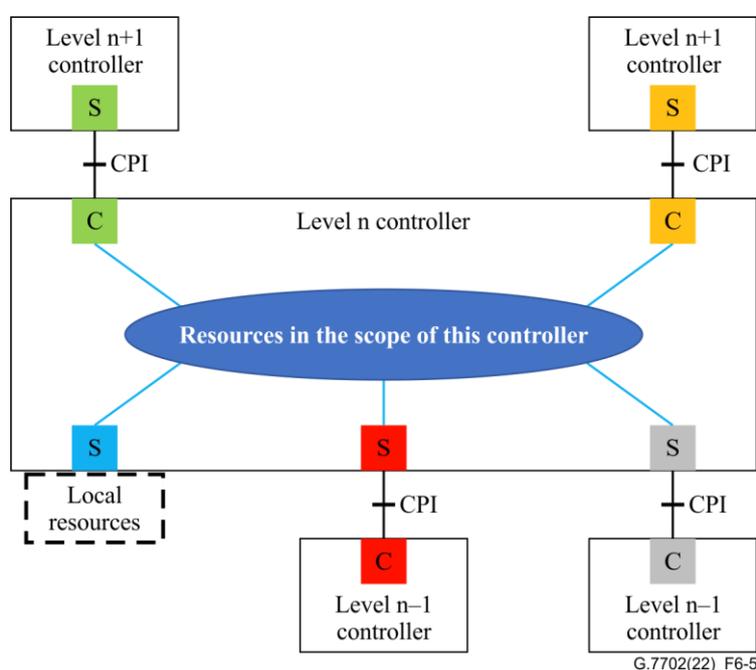


図6-5/JT-G7702 スコープ内にローカルリソースがあるSDNコントローラ (ITU-T G.7702)

## 6.6 SDN コントローラとアプリケーション間の相互作用

階層内の任意のレベルの SDN コントローラ内のクライアントコンテキストは、6.4 節で説明されているように別の SDN コントローラのサーバコンテキストと通信することもできるし、アプリケーションと通信することもできる。

アプリケーションは、階層内のどのレベルの SDN コントローラでサポートできる。サーバ SDN コントローラは、アプリケーションであるクライアントと SDN コントローラであるクライアントを区別できない。SDN コントローラとアプリケーション間の相互作用も、適切な情報交換とセキュリティ関連の下で、図 6-3 に示すように CPI を介して行われる。

## 6.7 管理機能の相互作用

[JT-G7701]に記述されている管理制御コンティニュームの概念は、管理機能と制御機能は本質的に同じであり、したがって、これらは管理制御(MC)機能の 1 組のセットとしてグループ化できるという見解を表して

いる。リソースを直接管理する MC 機能と、他の MC 機能(例えば、コールコントロールの構成)を管理する MC 機能とがある。これらの MC 機能の多くは、SDN 環境では依然として不可欠である。関連する管理機能には、[b-ITU-T M.3400]で説明されているように、障害管理、構成管理、アカウント管理、パフォーマンス管理、およびセキュリティ管理(FCAPS)をサポートする機能が含まれる。たとえば、トランスポートネットワークでは、トランスポートネットワークリソースの初期構成、SDN で制御される箇所の割り当て、および関連づけられた SDN コントローラの構成に対し管理は最小限必要である。SDN コントローラでは、管理機能はコントローラのクライアントに与えられる制御の範囲を定義するポリシーを設定するとともに、システムのパフォーマンスを監視する必要がある。管理機能は、機能間で相互に安全な通信ができるようにセキュリティの関連付けを設定する。管理機能のその他の例としては、機器インベントリ、ソフトウェアのアップグレード、障害の分離、パフォーマンスの最適化、エネルギー効率の高い運用、自律管理(ネットワークステータスへの継続的な適応)などを含む。

SDN コントローラと OSS/NMS の両方に、トランスポートネットワークサービスとリソース管理機能を提供する MC 機能が含まれている場合がある。トランスポートネットワークへ SDN を適用する場合、コントローラの主な機能は接続およびルーティング制御関連の管理機能を提供することである。NMS/要素管理システム(EMS)は、通常、トランスポートネットワークおよび要素を管理する FCAPS として知られる機能を含む。

SDN コントローラの FCAPS は、図 6-1 に示すように、SDN コントローラ管理機能内に含まれることもある。

MC 機能が使用するネーム/識別子スペースを考慮することで FCAPS を SDN アーキテクチャに組み込むことができる。[JT-G7701]コンポーネントは、境界リソース識別子と SNPP ネームスペースを使用し、ディスプレイエージェント(DA)コンポーネントとターミネーションアダプテーションパフォーマンスフォーマー(TAP)コンポーネントもリソースネームスペースの 1 つを使用する。FCAPS 関数もリソースネームスペースを使用する。これにより、[JT-G7701]コンポーネントと FCAPS 機能の両方に管理制御コンティニュームにおいてアクセスできるようになる。

## 7. トランスポートリソースとそれらの表現

### 7.1 トランスポートリソースとそれらの表現

トランスポート機能アーキテクチャは[JT-G7701]の 7.1 節で説明されている。

### 7.2 ドメイン

ドメインについては[JT-G7701]の 7.2 節で説明されている。CPI は SDN 制御ドメイン間の境界で使用される。

### 7.3 接続管理のためのトランスポートリソースの制御ビュー

トランスポートリソースの制御ビューについては、[JT-G7701]の 7.3 節で説明されている。

### 7.4 仮想化

リソースの抽象化と仮想化については、[JT-G7701]の 7.4 節で説明されている。

VN は、クライアントコンテキストに含まれるネットワークリソース情報の一部を示す。トランスポートネットワークリソースは、管理上のまたはその他の方法によってクライアントコンテキストの VN に割り当てられる。クライアントコントローラのサーバコンテキストのネットワークリソース情報は、サーバコントローラの VN のネットワークリソース情報と同一である。ネットワークリソースを表すための共通情報モデル(CIM)の使用については、附属資料 A に記載されている。

図 7-1 は、サーバコントローラがトランスポートリソースの仮想化を実現し、各クライアントコントローラに VN を提供する基本的な方法を示している。

- サーバコントローラのスコープ内のトランスポートリソースは、コントローラのサーバコンテキスト (サーバコンテキスト固有の名前空間と識別子) から、リソースデータベース (RDB) 内にあるコントローラのローカルリソースプール (共通の名前空間と識別子) にマップされる。
- コントローラのローカルリソースプール内のトランスポートリソースのサブセットは、3 つのクライアントコンテキストに割り当てられる。
- 各クライアントコンテキストに割り振られたリソースは、クライアントコンテキストの名前空間にマップされ、各クライアントコントローラの VN を提供するために仮想化される。

サーバコントローラのクライアントコンテキストとクライアントコントローラのサーバコンテキストは、同じ名前空間を使用する必要がある。サーバコントローラのローカルリソースプールとクライアントコントローラのローカルリソースプールとは使用される名前空間が異なる場合がある。階層関係にあるコントローラ間が信頼関係 (例えば、両方とも同じ管理ドメイン内) にある場合は、1 つの名前空間を使用できる。この場合、ローカルリソースプールとの間の名前空間マッピングは必要ない。

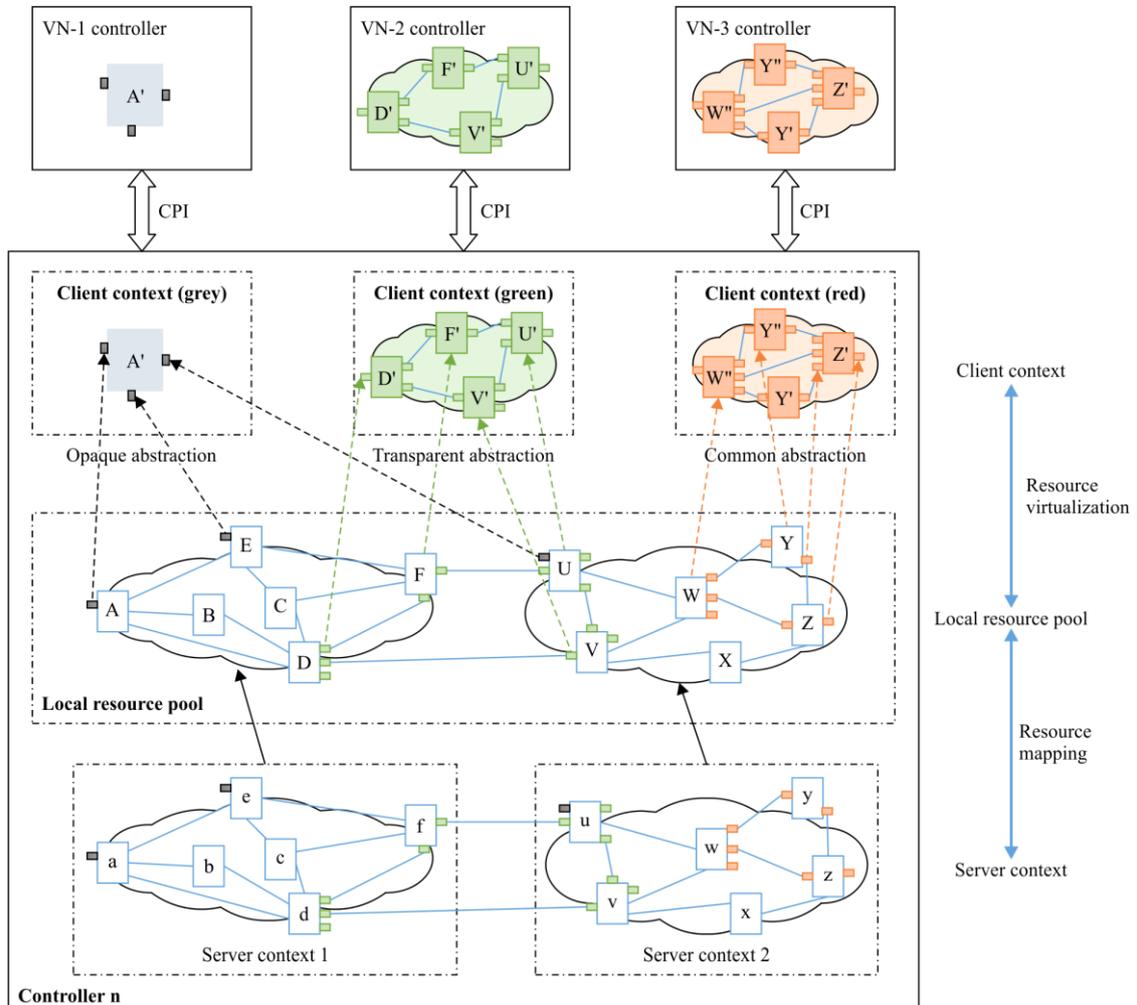
レイヤ間クライアントのサポートについては、[JT-G7701] の 7.6 節で説明されている。

コントローラの内部関数ビューを図 7-2 に示す。

- サーバコンテキストは、下位レベルのコントローラまたは物理ネットワークのクライアントコンテキストからネットワークリソース情報を受信するように、コントローラ管理者によって直接作成および設定される。ビュー変換は、下位レベルのネットワークリソース情報の表示方法を正規化するために必要である。ビュー変換には、名前空間変換、ネットワークリソースのリファクタリング、およびネットワークリソース状態のマッピングが含まれる場合がある。信頼関係である場合には、名前空間変換のリファクタリングとネットワークリソース状態マッピングは必要ない場合がある。ネットワークリソース情報は、ローカル名前空間を持つ RDB のコントローラのローカルリソースプールに格納される。逆方向アクションは、ネットワークリソース操作要求がクライアントコンテキストがトリガーとなってなされた場合に実行される。
- サーバコンテキスト間のリンク接続を検出するには、サーバコンテキスト間のリンク検出と管理の機能が必要である。通常、異なる管理ドメイン間のリンク検出プロセスは手動で設定される。サーバコンテキスト間のリンク接続情報は共通リソースプールの一部であり、トポロジを構築するために RDB のコントローラのローカルリソースプールに格納される。
- クライアントコンテキストは、外部クライアントからの要求の結果として作成される。コントローラ管理者は、クライアントからの詳細なリソース要件に従って、コントローラ RDB から必要なリソースを割り振ることにより、クライアントコンテキストにリソースを割り振る。クライアントコンテキストに割り振られるリソースは、コントローラが保持するリソース情報の正規化された完全な詳細、またはリソース情報のサブセットである。リソースの表現は、クライアントに可視化される前に、リファクタリング、抽象化、仮想化することができる。クライアントに提示されるリソースの状態は、ローカルネットワークリソースの状態からのマッピングによって導出される必要がある。ネームスペースの変換、仮想化、抽象化を使用することで、サーバはクライアントから基盤となるネットワークの詳細を隠すことができる。逆方向のアクションは、上記のクライアントからネットワーク操作コマンドを受け取った場合に実行される。
- 信頼できない関係では、ローカルネットワークリソースの名前空間が上位レベルのコントローラの名前空間と異なる場合があるため、1 つのクライアントコンテキストに複数の名前空間が存在する場合がある。
- 設定された接続情報もコントローラ RDB に格納する必要がある。なぜならこれらの接続は消費され

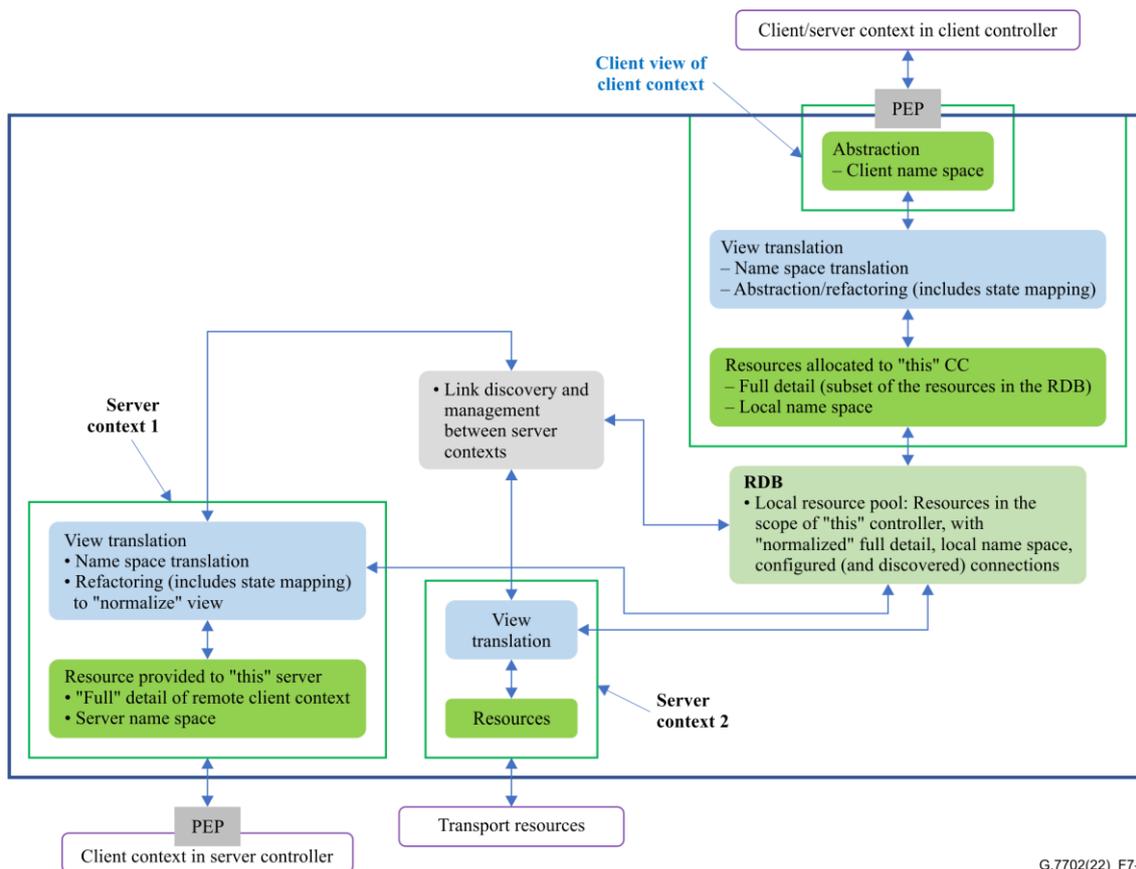
たネットワークリソースを表し、また、他のクライアントコンテキストで使用可能なリソースに影響を与える可能性があるためである。

- 1つのクライアントに複数のユーザが存在する場合があります。したがって、クライアントコンテキストは、これらのユーザに対して異なるビューを提供できる必要がある。各ビューは、ポリシー適用ポイント(PEP)でポリシーの決定を適用できる。



G.7702(22)\_F7-1

図7-1/JT-G7702 トランスポートリソースの仮想化の例 (ITU-T G.7702)



G.7702(22)\_F7-2

図7-2/JT-G7702 コントローラの内部機能のビュー (ITU-T G.7702)

## 7.5 マルチレイヤ制御

マルチレイヤの側面については、[JT-G7701]の7.5節で説明されている。

MC 機能については、単一トランスポートレイヤネットワークの管理のコンテキストで説明する。マルチレイヤトランスポートネットワークを制御するため、各シングルレイヤネットワーク SDN コントローラは、制御されているトランスポートレイヤネットワーク内のクライアント/サーバレイヤネットワーク関係に対応するクライアント/サーバレベル階層に配置される。サーバコントローラは、基盤になるサーバレイヤネットワークのトポロジと接続状態の仮想化ビューを提供する。サーバコントローラは、クライアント(レイヤネットワーク)からサーバ(レイヤネットワーク)へのアダプテーションを管理し、リソースをクライアントレイヤ SNPP リンクとして、または SNPP リンクによって相互接続されたクライアントレイヤサブネットワークとしてクライアントコントローラに提示する。クライアントレイヤネットワークに対し使用可能なリソースが接続要求をサポートするのに不十分な場合は、1 つ以上のサーバレイヤネットワークで新しい接続をアクティブ化または作成することによって、追加のリソースを提供できる。オペレータのポリシーは、基盤になるサーバレイヤリソースのクライアントレイヤへの可用性を制御する。SNP リンク接続および複数の SNP リンクを含む SNPP リンクの使用の詳細については、[JT-G7701]の7.5.1 項および7.5.2 項で説明されている。

隣接するレベルのコントローラ間の通信は、(マルチレイヤ)ネットワークコールコントローラ(NCC)によってサポートされる。これを図7-3に示す。

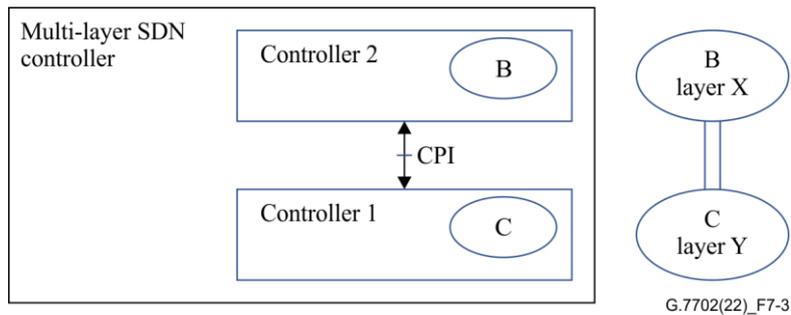


図7-3/JT-G7702 マルチレイヤネットワーク制御  
(ITU-T G.7702)

マルチレイヤ SDN コントローラは、スコープ内の複数のトランスポート層ネットワークからのリソースを有する。マルチレイヤ SDN コントローラは、それぞれがシングルレイヤネットワークを管理するシングルレイヤ SDN コントローラのセットとして記述できる。マルチレイヤ SDN コントローラでは、(シングルレイヤ)SDN コントローラ間の CPI は公開されず、リソースデータベース(RDB)はスコープ内のすべての(マルチレイヤ)リソースを持ち、マルチレイヤパス計算をサポートするためにレイヤネットワーク間の過渡リンクを含む。マルチレイヤパス計算の結果は、各レイヤネットワークの適切な MC 機能に渡される。マルチレイヤコントローラは、各レイヤネットワークの接続が適切な順序で追加、変更、または削除されるようにする。

#### 7.6 レイヤ間クライアントのサポート

レイヤ間クライアントのサポートについては、[JT-G7701]の 7.6 節で説明されている。SDN MC システムでこれを実現するために、階層的に配置された SDN コントローラ内の NCC は、そのレイヤ間インタフェースを使用する。

#### 7.7 同じレイヤのコールによってサポートされるコール

同じレイヤネットワークのコールによってサポートされるコールについては、[JT-G7701]の 7.7 節で説明されている。SDN MC システムでこれを実現するために、複数の SDN コントローラを使用して、各コントローラをまたがるリソースでコール/接続の連結を実行できる。15.3 節のタイプ 3 の相互作用が使用される。

#### 7.8 マッピングされたサーバのレイヤ間関係

マッピングされたサーバのレイヤ間関係については、[JT-G7701]の 7.8 節で説明されている。SDN MC システムでは、階層的に配置された SDN コントローラを使用して、1:1、1:n、および n:1 のマッピングされたサーバ関係を実行できる。15.5 節のタイプ 5 の対話操作が使用される。

### 8. MC コンポーネント

この章では、[JT-G7701]で説明されているアプローチを使用して、SDN コントローラの MC コンポーネントについて説明する。これらのコンポーネントは、SDN コントローラ内の MC 機能を表すために使用される。

#### 8.1 表記

使用される表記は、[JT-G7701]の 8.1 節で説明されている。

#### 8.2 ポリシー

ポリシー項の使用については、[JT-G7701]の 8.2 節で説明されている。

### 8.3 共通コンポーネント

MC コンポーネントの使用については、[JT-G7701]の 8.3 節で説明されている。

#### 8.3.1 コールコントローラコンポーネント

ネットワークコールコントローラについては、[JT-G7701]の 8.3.1 項で説明されている。[JT-G7701]では、コールコントローラは、関係づけられているエンティティに対し重要なポリシー境界機能を持つコンポーネントである。コールには関連付けられた接続があり、この状態はコールコントローラによっても維持される。

[JT-G7701]で説明されているインタフェースは、次の表に示すように SDN で使用するために拡張されている。

[JT-G7701]の表 8-3 のネットワークコールコントローラコンポーネントインタフェースの説明は、表 8-1 に示す'サーバ NCC 調停入力'および'接続要求出力'インタフェースの追加によって拡張されている。

表8-1/JT-G7702 ネットワークコールコントローラコンポーネントインタフェース (ITU-T G.7702)

入力インタフェース	基本的な入力パラメータ	基本的な戻りパラメータ
サーバNCC 調停入力 (Server NCC coordination in)	ローカルSNP識別子のペアと、オプションでルート。 オプションのSNPペアの順序付きリスト。	サブネットワーク接続(確立された接続を持つコントローラ応答)。
出力インタフェース	基本的な出力パラメータ	基本的な戻りパラメータ
接続要求出力 (Connection request out)	境界リソース識別子、SNPペアの順序付きリスト	SNPペアの順序付きリスト

#### 8.3.2 接続コントローラ(CC)コンポーネント

CC コンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.2 項に記載されている。

SDN コントローラでは、CC はクライアントコンテキスト内の VN で接続を確立ないし解放する。使用状況などリンクについて CC が必要とする情報は、リソースデータベース(RDB)に保持される。接続の要求時に NCC によって SNP ペアの順序付きリストが提供された場合、これらはルートの解決のためのルーティングコントローラ(RC)への要求で使用される。確立された接続とそれに関連付けられた識別子は、RDB でも保持される CC アーティファクトである。

NCC から NCC へのインタフェースを使用する SDN コントローラが 1:n の場合、CC の動作は階層型ルーティングの場合と同様である。単一クライアント NCC は、'n'個のサーバに対して複数の NCC 呼び出しを行い、呼び出しごとに SNP のペアを収集する。各 SNP ペアは、戻された接続を表す。クライアント NCC では、ペアを連結する必要がある、これを行うのは接続コントローラ(CC)である。8.3.1 項で説明した NCC からの接続要求出力インタフェースには、クライアント CC が接続を構築するとき使用するサブネットワーク接続(SNC)ペアの順序付きリストが含まれる。

#### 8.3.3 ルーティングコントローラ(RC)コンポーネント

RC コンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.3 項に記載されている。

SDN コントローラでは、RC コンポーネントはクライアントの VN 内のリソースに基づいてルートを計算する。RDB 内の論理的なトポロジ情報と、サーバコンテキスト内の VN とその基になるトポロジの関係を保持する。

#### 8.3.4 リンクリソースマネージャ(LRM)コンポーネント

リンクリソースマネージャ(LRM)の一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.4 項に記載されている。

[ITU-T G.7703]および[JT-G7701]では、異なる LRM が SNPP リンクの各端点(LRMA、LRMZ)を担う。SDN

にある論理的に集中化されたコントローラは、ネットワーク内のリソースのグローバルビューを持つ。その結果、SDN コントローラ内の LRM は、SDN 制御ドメイン内の SNPP リンクの A および Z スコープの両方をカバーする。SDN 制御ドメイン間の SNPP リンクの場合、LRM はスコープ内の A または Z 端点のみをカバーする。

### 8.3.5 ディスカバリエージェント(DA)コンポーネント

ディスカバリエージェント(DA)コンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.5 項に記載されている。

### 8.3.6 ターミネーションアダプテーションパフォーマー(TAP)コンポーネント

ターミネーションアダプテーションパフォーマー(TAP)コンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.6 項に記載されている。

### 8.3.7 ディレクトリサービス(DS)コンポーネント

ディレクトリサービス(DS)コンポーネントの共通説明は、[JT-G7701]の 8.3.7 項に記載されている。

DS コンポーネントは、サーバコンテキストでローカルトポロジと基盤になるトポロジ情報をマッピングするときに、他のコンポーネントでも使用できる。

### 8.3.8 通知コンポーネント

通知コンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.8 項に記載されている。

トランスポートリソース(例えば、リンク)は多くの VN に寄与する可能性があり、これらの VN に関連付けられているコンテキストの一部は、そのリソースに関する通知の種類(例えば、警報)をサブスクリブできる。通知の原因となる変更が発生すると、影響を受ける各コンテキストの担当 MC コンポーネントが変更を認識し、適切な通知を生成する。

### 8.3.9 プロトコルコントローラ(PC)コンポーネント

プロトコルコントローラコンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.9 項に記載されている。

プロトコルコントローラは、MC コンポーネントの抽象インタフェースのパラメータを、インタフェースを介した相互接続をサポートするプロトコルによって伝送されるメッセージにマッピングする。

### 8.3.10 トラフィックポリシング(TP)コンポーネント

トラフィックポリシングコンポーネントの一般的な説明は、[JT-G7701]の 8.3.10 項に記載されている。

このトラフィックポリシングコンポーネントの役割は、着信したユーザ接続が合意されたパラメータに従ってトラフィックを送信していることを確認することである。

## 9. 制御通信ネットワーク

SDN をトランスポートネットワークに適用するには、例えば、異なるレベルの SDN コントローラ間、SDN コントローラとそのスコープ内のリソース間、または SDN コントローラとその管理機能間で情報を転送する制御通信ネットワーク(CCN)が必要である。CCN は、[ITU-T G.7712]で規定された DCN 機能によってサポートされる。

CPI および管理制御インタフェース(MCI)は、これらの情報転送用に定義されたインタフェースであり、情報転送自体は、通信エンティティ間で CCN を必要とする。

CPI および MCI の異なるインスタンスを介して転送される情報は、例えば、接続性、計算要件、ディメンジョン化、信頼性、パフォーマンス、セキュリティなどに関連する場合がある。

CCN から要求される信頼性とセキュリティは、特定の使用方法によって異なる場合がある。CCN におい

て、信頼性の高い情報転送が必要な場合は、それをサポートするために適切な実装メカニズムを使用する必要がある。CCN は、アクセス制御と情報のセキュアな転送を保証する観点から適切なセキュリティを提供する必要がある。認証、許可、アカウントिंग(AAA)やトランスポートレイヤセキュリティ(TLS)などのメカニズムは、これらの課題に対する適切な解決策となる可能性がある。

いくつかの異なる通信シナリオと、それらの中で通信のいくつかの側面がどのように異なるかを以下に示す。

#### **コントローラとトランスポートリソース間の制御通信ネットワーク：**

- コントローラとそのスコープ内にあるリソース間のインタフェースに伝送される情報は、トポロジ検出、パス計算、接続制御、およびメンテナンスの目的で使用される。
- コントローラは、これらのリソースによって提供される隣接情報を処理することによって、リソーストポロジを確立する。
- コントローラは、必要なパスを確立し、そのパス上の適切なリソースにコンフィギュレーションコマンドを送信することによって、クライアントの1つからの接続要求を処理する。
- リソースは、状態の変化をコントローラに伝えることができる。例えば、コントローラは、ネットワークまたはサービス監視アプリケーションの情報を提供する。

#### **異なるレベルのコントローラ間の制御通信ネットワーク：**

- サービスは、1つ以上のコントローラのスコープ内のリソースが適切かつ調整された設定によって、ネットワーク全体で確立される。
- このリソース設定を調整するためにコントローラ間で情報が通信される。例えば、NCC間で交換されるシグナリングメッセージと RC間で交換されるルーティング情報は、異なるレベルのコントローラ間のインタフェースを介して転送され、クライアントのサービスを確立するネットワーク設定の調整を可能にしている。

#### **SDN コントローラと管理アプリケーション間の制御通信ネットワーク：**

このシナリオでインタフェースを介して転送される情報は、コントローラの障害、設定、およびパフォーマンス管理に関連する。また、管理アプリケーションは、コントローラの制御、監視、およびパフォーマンスに関連する。

障害が発生したコントローラは、障害が検出されると、管理機能の構成に応じて予備コントローラと交換できる。

輻輳制御などのコントローラからの性能情報は、制御通信ネットワークを介して管理アプリケーションに報告、または取得できる。

## **10. 管理の観点**

この章は、SDN コントローラ自体の管理のみを扱い、コントローラによって制御されるリソースの管理および SDN アプリケーション自体の管理は、この推奨事項の範囲外となる。一般に、トランスポートネットワーク事業者の顧客は、SDN アプリケーションを使用してネットワークと相互作用することがある。このようなアプリケーションが顧客管理(認可、請求、報告など)の詳細を処理することは、ローカル事項となる。アプリケーションは、SDN コントローラとの相互作用から取得した情報を使用することがあり、例えば、コール設定を呼び出したか、誰に対して呼び出したか、また、請求とレポートの詳細生成が挙げられる。

### **10.1 SDN コントローラの管理**

SDN コントローラは、次のような SDN コントローラの構成管理、障害管理、パフォーマンス管理、およびセキュリティ管理をサポートする必要がある。

- コントローラの初期パラメーター構成(アドレス、ネーム ID、クライアントとサーバの関係、有効化と無効化など)。
- ソフトウェアとハードウェアのプロセス状態、コントローラのリソースの使用状態、動作と実行の状態、管理の状態など、コントローラ自体の状態管理。
- ノード障害、モジュールまたはコンポーネント障害、ソフトウェアおよびハードウェアのプロセス障害など、コントローラのアラームおよびイベント管理。
- パフォーマンス監視のためのレポートの構成、制御プロセスのパフォーマンス、コントローラのリソースにおける実行パフォーマンスなど、コントローラのパフォーマンス管理。
- サービス品質(QoS)のマッピングポリシー、ルーティングの制限ポリシー、セキュリティポリシー、保護と復元のポリシーなど、コントローラのポリシー管理。

## 10.2 コントロールプレーンインタフェース(CPI)の管理

コントロールプレーンインタフェースの管理には、図 6-2 に示す CPI の管理が含まれる。

- インタフェースのタイプ、インタフェースプロトコルのタイプ、アドレス、識別子など。
- SDN 制御シグナリングプロトコルのタイプ、および関連するパラメータなど。
- CPI のアクセス制御および関連するポリシー管理にはアクセスユーザの管理(たとえば、作成するアクセスユーザ名とパスワード、アクセス権限、アクセスセキュリティポリシーなど)が含まれる。

## 10.3 制御通信ネットワーク(CCN)の管理

CCN の管理の側面には、以下が含まれる。

- CCN チャネル、インタフェースアドレスと識別子、トランスポートモード、保護と復元などを含む CCN 設定管理。
- アラーム(例えば、コントローラまたは他のプレーン間の通信障害)、パフォーマンスなどを含む CCN の状態監視。

### 11. 識別子

識別子が描画される複数の独立したネームスペースの集合については、[JT-G7701]の 11 章で説明される。

- トランスポートネットワーク内のリソース
- トランスポートリソースの制御ビュー
- MC コンポーネント
- コントロールアーティファクト
- リファレンスポイント
- 制御通信ネットワーク

これらの各ネームスペースから成る識別子については、[JT-G7701]の 11 章にて説明される。SDN のコンテキストでのこれらネームスペースと識別子の使用に関する詳細は、本章内にて説明する。

#### 11.1 トランスポートネットワーク内のリソース

トランスポートネットワーク内のリソースに使用される識別子については、[JT-G7701]の 11.1 節にて説明される。

これらの識別子を使用する SDN コンポーネントは、DA および TAP のみとなる。

#### 11.2 トランスポートリソースの制御ビュー

トランスポートリソースの制御ビューを提供するために使用されるネームスペースについては、[JT-G7701]の 11.2 節で説明される。

### 11.3 MC コンポーネント

MC コンポーネントに使用されるネームスペースについては、[JT-G7701]の 11.3 節を参照すること。

### 11.4 制御アーティファクト

[JT-G7701]の 11.4 節で説明されているように、MC コンポーネントは、接続、経路およびコールなどの制御アーティファクトを作成および使用する。通常、制御アーティファクトを作成するコンポーネントは、識別子を割り当てる。これらの識別子は、独立したネームスペースから作られる。

### 11.5 リファレンスポイント

リファレンスポイントは[JT-G7701]の 11.5 節にて説明される。次項では、これらのリファレンスポイントが SDN でどのように使用されるかを説明する。

#### 11.5.1 SDN コントロールプレーンインタフェース

SDN コントロールプレーンと他のエンティティとのインタフェースを図 11-1 に示す。これらのインタフェースは、情報の隠蔽、トラフィックとネームスペースの分離、およびポリシー適用のためのリファレンスポイントとなる。MC コンポーネントのリファレンスポイントは、これらのインタフェースにバンドルできる。

コントロールプレーンインタフェースには以下がある。

- a) トランスポート NE と SDN コントローラ間、再帰的な階層の隣接するレベルの SDN コントローラ間 (10 章を参照)、および SDN コントローラとアプリケーション間の関係性は、すべてクライアントとサーバとなる。同じ情報モデル(IMs)を持つこれらの同じインタフェースのノース-サウスインスタンスは、階層の各レベル間で使用され、仮想リソースを表すことがある(7 章を参照)。
- b) 管理制御コンティニューム(MCC)では、管理ロールが SDN コントローラの設定と管理を行う。SDN コントローラと管理ロール間のインタフェースは MCI となる。図 11-1 に示す通り、管理者ロールは、従来の管理システム(例えば、EMS/OSS/BSS)で実装可能となる。

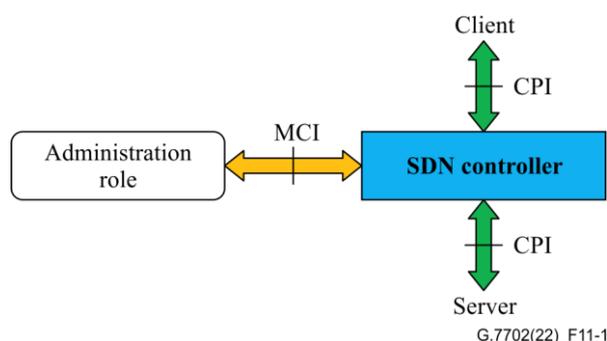
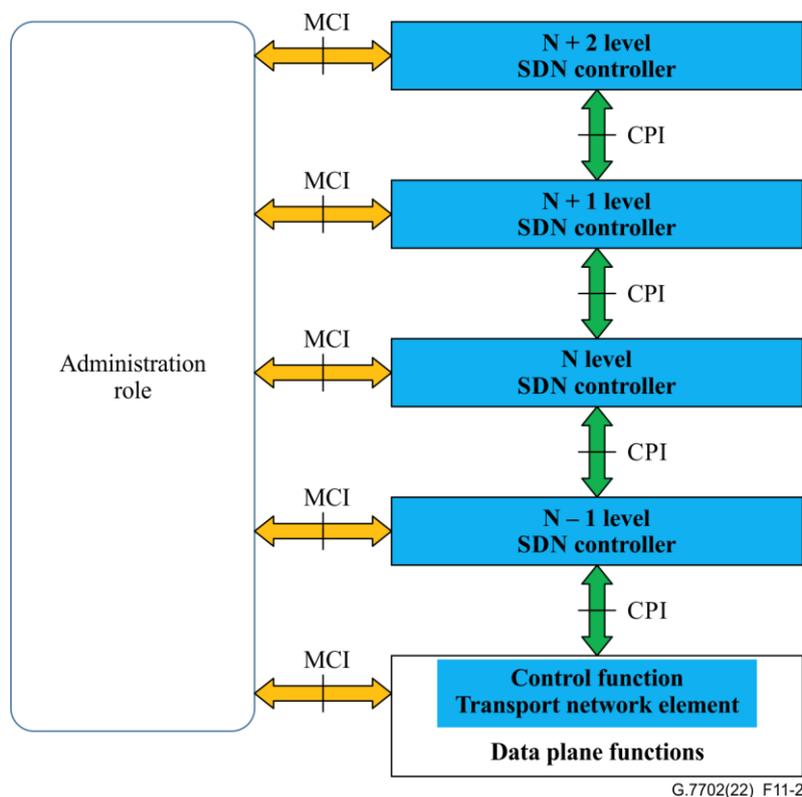


図11-1/JT-G7702 SDNコントローラインタフェースの一般的なアーキテクチャ (ITU-T G.7702)

図 11-2 に、複数レベルのコントローラにおける 1:1 階層スタックを示す。トランスポート NE 内の制御機能は、NE 内の SDN の管理および制御エージェントとして見るができる。

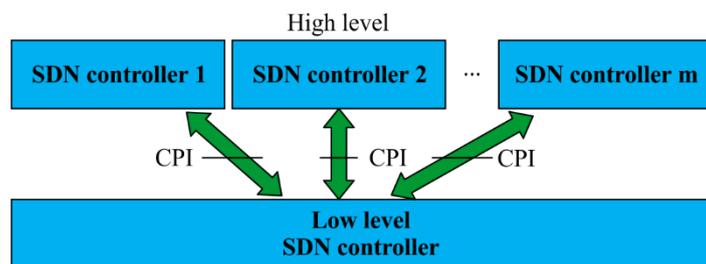
なお、図 11-2 では、N+2 レベルのコントローラは SDN アプリケーションである可能性があることに留意がある。一方、N+1 レベルのサーバ SDN コントローラはクライアントの存在のみを認識している。、アプリケーションと別の SDN コントローラを区別することができない。



G.7702(22)\_F11-2

図11-2/JT-G7702 1:1コントローラの階層スタック (ITU-T G.7702)

図 11-3 は、サーバが 3 つのクライアントごとに分離されたクライアントコンテキストを作成し、これらの各クライアントにリソースを割り当てた SDN コントローラの m:1 階層配置を示す(リソースはコンテキストに表示される)。これは「リソースの分割」と呼ばれる。ここでは、低レベルコントローラのクライアントはすべて SDN コントローラとして示しているが、低レベルコントローラは CPI 経由のアプリケーションのサポートも可能である。一般に、コントローラは CPI クライアントに適用されるロールまたは命名規則を認識しない(6.4.1 項を参照)。更に言えば、アプリケーションは、コントローラの階層配置の任意のレベルでコントローラのクライアントとして表示できる。



G.7702(18)\_F11-3

図11-3/JT-G7702 m:1分割ビューでのコントローラの階層配置 (ITU-T G.7702)

図 11-4 は、1:n のコントローラの階層配置を示す。ここでは、上位レベルのコントローラが、リソースを提供する 3 台のサーバコントローラとの関係を確立している。上位レベルのコントローラが使用できるリソースの全体は“仮想化ビュー”と呼ぶ。

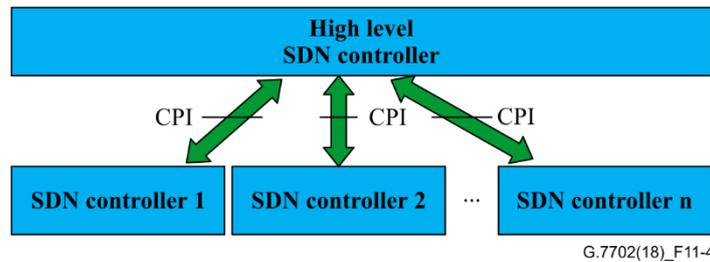


図11-4/JT-G7702 1:n 仮想化ビューでのコントローラの階層的な配置 (ITU-T G.7702)

トランスポートネットワークをSDN制御に移行するには、図11-5に示すように、SDNコントローラ機能(コール制御など)とCPIエージェントを使用してEMS/NMSをアップグレードする。これにより、上位レベルのSDNコントローラまたはアプリケーションとの相互作用が可能になる。SDNコントローラの機能で拡張されたEMS/NMSは、独自のインターフェースまたは他のプロトコル(例:Netconf/YANG)を再利用して、変更を加えないままレガシートランスポートネットワーク要素と通信可能である。

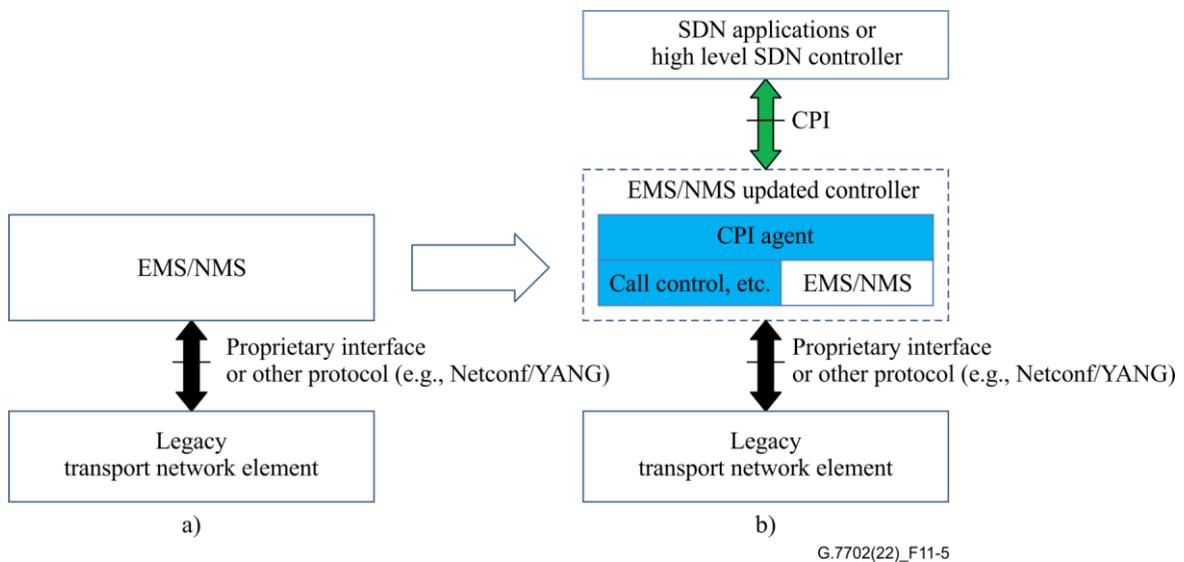


図11-5/JT-G7702 レガシートランスポートネットワークに対するSDN制御をサポートする移行アプローチ (ITU-T G.7702)

境界リソース識別子(BRI)は、ドメインの境界にあるMCコンポーネントへのトランスポートリソースとインターフェースの両方を識別するために使用される。BRIは、独立したネームスペースから生成される。独立したネームスペースを使用することで、ドメイン内でMCコンポーネントが使用する識別子が公開されなくなる。

図7-3に示す2つのSDNコントローラ間のCPIは、BRIによって識別されるインターフェースの例である。

### 11.5.2 CPIの識別子の機能要件

CPIは、トポロジ、接続、パス計算、リソースの仮想化/抽象化、パフォーマンスと障害管理、通知/イベントなど、いくつかのカテゴリの機能要件をサポートする必要がある。

#### 11.5.2.1 トポロジ管理機能

CPIは、以下に示すトポロジ管理機能およびトポロジ情報の取得をサポートする必要がある。

- ドメイン内およびマルチレイヤトランスポートネットワークのトポロジ管理
- ドメイン間ネットワークまたはリンクのトポロジ管理
- トランスポートネットワークのトポロジとリソースの抽象化

- 詳細なトポロジ情報の取得
- SDN コントローラからのトポロジ更新の受信
- 論理トポロジと物理トポロジの組み合わせを含む論理ネットワークトポロジの取得

#### 11.5.2.2 接続制御機能

SDN コントローラは、CPI を介して、接続の作成、接続の変更、接続の削除、OAM 設定、アクティブ化、および生存メカニズムを含む接続制御機能をサポートする必要がある。

#### 11.5.2.3 サービスのインスタンス化/削除/更新

コントローラは、接続要求のパスを計算し、CPI を介してクライアントコントローラまたはアプリケーションにパスを提供する責任を負う。その際、CPI は次の機能をサポートすべきである。

- 接続要求のパス制約条件に基づく、トランスポートネットワークのドメイン内、ドメイン間、またはマルチレイヤのパス計算
- P2P パスの最適化、最適化を達成するためのパスの再構成
- 接続の設定に必要なパス(経路)情報の要求。

#### 11.5.2.4 リソースの仮想化/抽象化

下位レベルのコントローラは、CPI を介してトランスポートリソースと仮想ネットワークビューをクライアントコントローラとアプリケーションに提示できる。CPI を介したクライアントコントローラの相互作用により、次のことが可能となる。

- VN の作成、変更、およびリリース要求。
- ポリシーに従って異なる VN のネットワークリソースを分割。
- 実際のリソースと仮想化されたリソースの異なるビュー(抽象化)を提供し、その制御下で、サブネットワークとリンクトポロジリソースをさまざまな詳細度(粒度)で表現。

#### 11.5.2.5 パフォーマンスと障害管理

下位レベルのコントローラは、CPI を通じてパフォーマンスと障害管理に関連する情報をクライアントに提供できる。パフォーマンスの監視と障害の検出は、トランスポートリソースと仮想ネットワークリソースに必要不可欠となる。動的サービス制御ポリシーは、パフォーマンスと障害の管理機能を有効にすることができる。

#### 11.5.2.6 通知とイベント

通知とは、コントローラのスコープ内のリソースに関連するアラーム、パフォーマンスモニタリング(PM)しきい値の超過、オブジェクトの作成/削除、属性値の変更(AVC)、状態の変更など、イベントに関する情報を提供する一連の自律メッセージを指す。これらの通知には、サービス障害、パフォーマンスの低下などを示すメッセージも含まれる場合がある。

通知は、サーバコントローラからクライアントに CPI 経由で提供される。使用されるメカニズムは、実装の詳細に関する事項となる。

#### 11.5.2.7 MC コンポーネントの情報フロー

CPI でサポートされる上記リストには、NCC-NCC および RC-RC の MC コンポーネント情報フローが含まれる。

### 11.5.3 CPI 上の NCC 間の相互作用

図 15-1 では、クライアントコントローラの NCC が、サーバコントローラの NCC にコール要求を送信し

ている。リソース識別子(すなわち、SNP 識別子/ネームスペース)は、クライアント NCC からサーバ NCC に送信される。

クライアント NCC は、CPI を介して、接続の作成、接続の変更、接続の削除、および接続クエリ要求を開始できる。CPI を介した NCC 間の相互作用を本項に示す。

#### 11.5.3.1 コール作成

接続のセットアップが成功すると、クライアント NCC は接続識別子と接続を取得する。

クライアント NCC から CPI 経由でサーバ NCC に送信されるパラメータを次に示す。

- クライアントコンテキストの SNP 識別子(または名前)
- 接続の方向
- 容量、レイヤ、レイテンシ、コストなどの接続制約
- 必要な容量

CPI を介してサーバ NCC からクライアント NCC に返される結果のパラメータを次に示す。

- 成功/失敗
- サーバコンテキストの接続識別子
- 動作状態
- 接続の詳細は上記のパラメータを参照)

#### 11.5.3.2 コール変更

CPI 経由でクライアント NCC からサーバ NCC に送信されるパラメータを次に示す。

- クライアントコンテキストの接続識別子
- 容量、レイヤ、待機時間、コストなどの接続制約
- 必要な容量

CPI を介してサーバ NCC からクライアント NCC に返される結果のパラメータを次に示す。

- 成功/失敗
- 動作状態

#### 11.5.3.3 コール削除

CPI 経由でクライアント NCC からサーバ NCC に送信されるパラメータを次に示す。

- 接続識別子または名前

CPI 経由でサーバ NCC からクライアント NCC に返される結果のパラメータを次に示す。

- 削除された接続の識別子
- 状態の変更

#### 11.5.3.4 コールクエリ

クライアント NCC から CPI 経由でサーバ NCC に送信されるパラメータを次に示す。

- クライアントコンテキストの接続識別子
- 容量、レイヤ、待機時間、コストなどの接続制約

CPI を介してサーバ NCC からクライアント NCC に返される結果のパラメータを次に示す。

- サーバ・コンテキスト内の接続識別子
- 接続の詳細

## 11.6 制御通信ネットワーク

MC コンポーネントの情報交換を可能にする制御通信ネットワーク(CCN)については、[JT-G7701]の 11.6 節を参照とする。

MC 機能は、リソースビューを使用してリソースを操作する。このビューは、名前/アドレス/識別子の構成によって有効となる。たとえば、[JT-G7701]にて記されるルーティングコントローラコンポーネントは、SNPP ネームスペースを使用してトポロジを表示し、TAP コンポーネントは、FP ネームスペース(リソースラベル)への SNP ネームスペースのマッピングを管理する。

一部の MC 機能の目的のために、VN リソースビューと非 VN リソースビューを区別する必要はない。リソースがネットワークリソースの場合、パス計算は結合されたトポロジで動作できる。

SDN コントローラには、FP ネームスペースが表示されるスコープ内のリソースと、FP ネームスペースが表示されないスコープ内のリソースを持つ MC 機能がある。ルーティング機能は、SNP/SNPP ネームスペースのみを使用するため、FP ネームスペースの可視性の影響を受けないことに留意がいる。ディスカバリ、TAP および LRM では、FP ネームスペースの可視性が重要になる。

トランスポートネットワークリソースに関連付けられた FP を設定する SDN コントローラの MC 機能はリソース制御インターフェース[ITU-T Y.3300]を介して実行され、公開される設定および/またはプロパティは、情報モデル(IMs)[ITU-T G.7711]およびデータモデル(例えば、Yang モデル)によって抽象化される。具体的には、リソース制御インターフェースは、SDN 情報モデルのインスタンスが管理される汎用インターフェースとなる。このインターフェースは、それぞれのテクノロジーとは関係なく、ネットワークリソースへの高レベルアクセスを提供する。SDN アーキテクチャはトランスポートリソースの抽象的なモデルで動作するため、物理トランスポート NE と仮想トランスポート NE の制御にアーキテクチャ上の違いはない。それぞれに、情報の転送を可能にする構成の FP ネームスペースがある。

### 1 2. レジリエンス

MC コンポーネントのレジリエンスについては、[JT-G7701]の 12 章にて説明される。

### 1 3. 接続可用性向上手法

接続可用性向上手法については、[JT-G7701]の 13 章にて説明される。接続可用性向上における SDN RC、CC、NCC の役割については、[JT-G7701]の図 13-1 にて説明される。

### 1 4. トポロジと検出

SDN の論理的な集中型および階層型制御モードでは、トランスポートネットワークのトポロジは、マルチレベルコントローラとそのローカル制御トランスポートネットワークの協調によって維持される。

1 つの制御ドメイン内で、トランスポートネットワークトポロジは [ITU-T G.7714]および[ITU-T G.7714.1]に記述されたメカニズムを使用して、ディスカバリエージェント(DA)によって自動検出される。DA は、そのドメインの SDN コントローラに検出結果を報告する。

制御ドメインに 2 つの相互接続された管理ドメインが含まれている場合、それらの間のリンクは、コントローラにて手動で設定されることがよくある。一部のシナリオでは、自動検出が可能な場合があり、たとえば、イーサネットリンクの場合、リンクレイヤ検出プロトコル(LLDP)を有効にして、管理境界を越えて動作させることができる。

コントローラのリソースのビューは、障害、復旧、ネットワーク構築、または管理上の操作によって時間の経過とともに変化する可能性があるため、最新の状態に保つ必要がある。

## 14.1 自動検出手順によるネットワークトポロジの作成

リンクおよび隣接点の自動検出は、トランスポートネットワークで発生する。[ITU-T G.7714]で定義され、[JT-G7701]に示されている自動検出手順で使用されるインバンド通信は、ディスカバリエージェント(DA)の制御下にあるサブネットワーク間の隣接レイヤで発生する。トランスポートフォーワーディングエンドポート([ITU-T G.800]にて定義)の識別子を使用して識別される特定の遠端のリンク端点への観測された隣接関係は、SDN コントローラの他のコンポーネントに報告される(DA から TAP へ、次に TAP から SDN コントローラにある LRM)。

図 14-1 に示すように、DA1 はサブネットワーク 1 のリンク端点を担当し、DA2 はリンク端点サブネットワーク 2 を担当する。DA1 と DA2 は、ディスカバリメッセージを通じて、リンク端点間の隣接関係を検出できる。これとリンクの機能は、リンク端点の TAP に報告される。TAP は、トランスポートネームスペースの識別子を用いて、LRM および RC によって使用されるコントロールネームスペースにマッピングする。この情報は、SDN コントローラで作成されるネットワークトポロジグラフに役立つ。

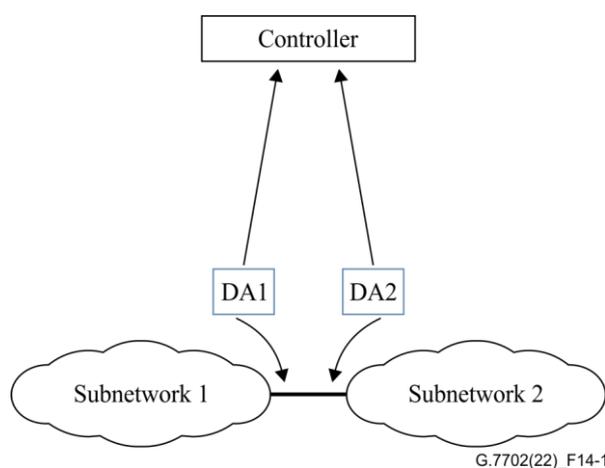


図14-1/JT-G7702 サブネットワーク間の自動検出の例  
(ITU-T G.7702)

複数のコントローラが使用されている場合、DA はリンクとその機能について通知するコントローラを決定する必要がある。コントローラはリンク全体の接続管理を提供し、リンクの両端を構成する必要があるため、適切なコントローラはリンクの両端に対して可視性を持つ最下位レベルのコントローラとなる。DA が適切なコントローラに直接関連付けられていない場合、リンク検出通知は下位レベルのコントローラによってプロキシされる可能性がある。

## 14.2 抽象化されたネットワークトポロジの作成

抽象化されたネットワークは、SDN コントローラが認識しているネットワークトポロジから、ポリシー、SLA、セキュリティなどを考慮してリソースを割り当てて作成されたサブネットワークとリンクで構成される。図 14-2 に抽象化されたネットワークの検出と作成の例として示すように、抽象化されていないサブネットワークとリンクは、実際のトランスポートネットワークリソースまたは抽象化されたリソースから集約、またはスライスされたものと同等になる。

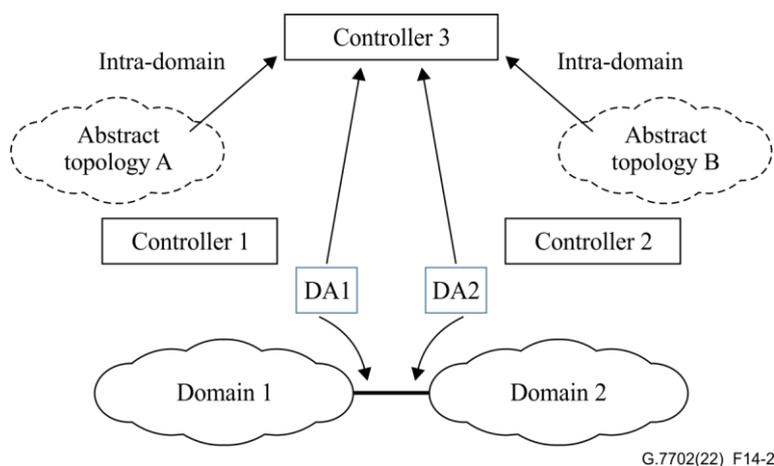


図14-2/JT-G7702 抽象化されたネットワークの検出と作成の例 (ITU-T G.7702)

図 14-2 では、コントローラ 3 がネットワークトポロジ 1 と 2 から抽象化されたネットワークトポロジを作成している。これらのトポロジは、14.1 節で説明した手順に従って個別に自動検出される。ネットワーク 1 の DA は、ネットワーク 1 のトポロジを構成するため、検出されたリンクをコントローラ 1 に通知する。一方、ネットワーク 2 の DA は、ネットワーク 2 のトポロジを構成できるように、コントローラ 2 に検出されたリンクを通知する。コントローラ 1 は、ネットワーク 1 のトポロジに基づいて、抽象化されたネットワーク A を作成し、コントローラ 1 と 3 の間の CPI インタフェースによってコントローラ 3 に報告する。

ドメイン 1 と 2 の間の物理リンクは、手動で設定することも、ドメイン 1 の DA とコントローラ 1、およびドメイン 2 の DA とコントローラ 2 の連携によって自動検出することもできる。したがって、コントローラ 3 のネットワークトポロジ全体は、抽象トポロジ A、抽象トポロジ B、およびこれら 2 つのトポロジ間のリンクで構成される。

## 15. コントローラの相互作用

特にシングル/マルチリソースレイヤとシングル/マルチレベルリソースビューの側面を考慮する場合、アーキテクチャによって可能になるコントローラの相互作用には多くの組み合わせがある。この章では、リソースの FP ネームスペースを設定できるコントローラのためのコンポーネント間の相互作用について説明する。次に、コントローラがリソースのビューに対して SNP/SNPP ネームスペースしか持っていない場合、連結接続に複数のサーバコントローラが必要な場合、およびレイヤ間コールが必要な場合など、再帰的な他の側面について説明する。再帰的なケースが説明されると、それらの組み合わせによって多くの可能な配置を網羅することが理解される。

ここでは、マルチレイヤとマルチレベルのセマンティクスを説明し、再帰的な側面によって引き起こされるコントローラ間の相互作用の種類を説明する。

コントローラ相互作用の基本的な種類は次のとおりである。

- 1) 呼び出された MC コンポーネントがスコープ内に FP ネームスペースをもつコントローラへの要求。CC、TAP、および DA コンポーネントにはリソースへのインタフェースがあり、転送設定が可能である。
- 2) 呼び出された MC コンポーネントがスコープ内に FP ネームスペースをもたないコントローラへの要求。SNP/SNPP ネームスペースで計算された接続では、さらに FP ネームスペースを解決する必要がある。これは、VN 表現をサポートするサーバコントローラへの再帰的なコールのトリガーとなる。
- 3) サブネットワーク接続の連結に至る(水平方向の)連続的なコールのトリガーとなる要求。複数のサーバコントローラが呼び出され、呼び出し元のコントローラで組み立てられたサブネットワーク接続が

返される。

- 4) クライアントコントローラの VN 内リンクとなる接続のためのレイヤ間要求。[JT-G7701]にある"クライアント NCC 調停入力(Client NCC coordination in)"インタフェースはクライアントコンテキストで SNP を返し、サーバコントローラでアダプテーションが実行される。
- 5) レイヤ間にマップされたサーバ。サーバレイヤのリソースを持つサーバコントローラは、クライアントコントローラで SNP のペアとして表される接続を設定する。

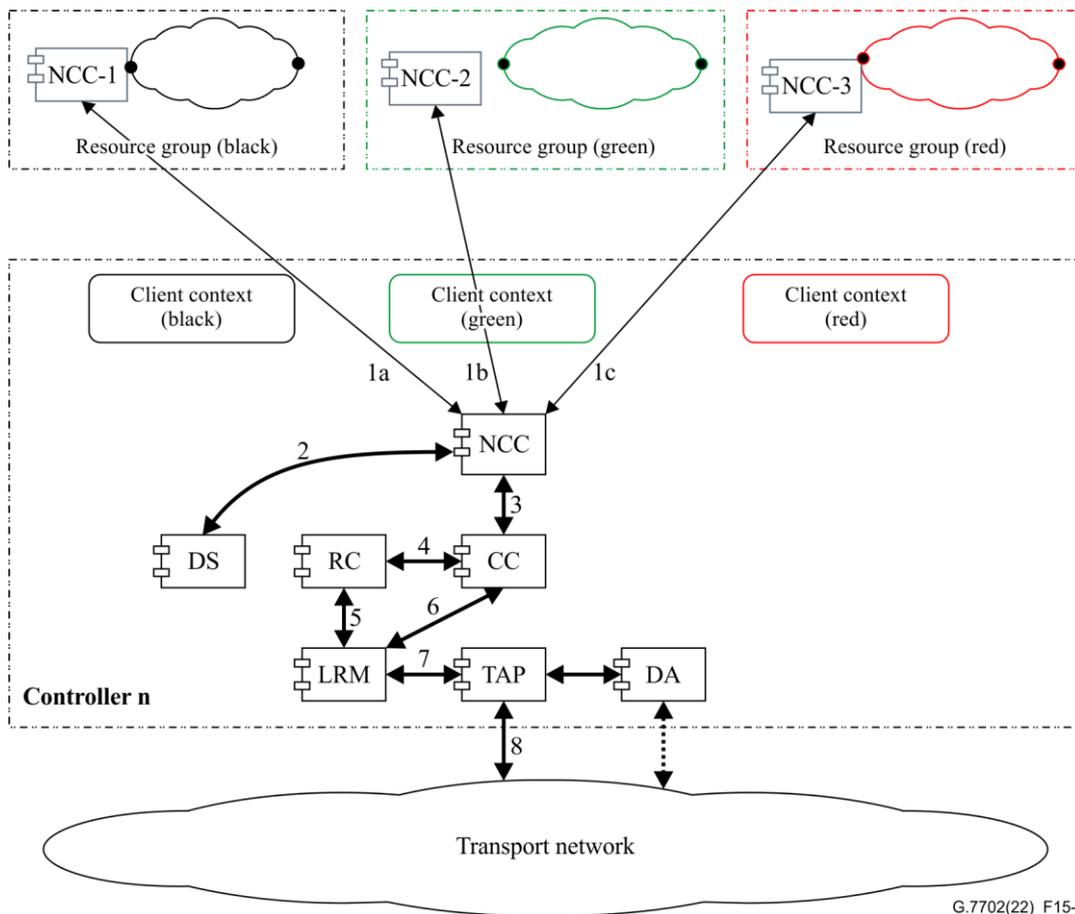
## 15.1 相互作用タイプ 1

このタイプの相互作用に関与するコントローラは、スコープ内にリソースネームスペースを持ち、転送を設定できるため、コール/接続セットアップから再帰的なコールは発生しない。

### 15.1.1 コールと接続の制御

シングルレベルコントローラ内の NCC、DS、CC、RC、DA、LRM を含むコール/接続制御用のシングルレイヤネットワーク内の MC コンポーネントの相互作用を図 15-1 に示す。ここで、TAP、DA、および CC はトランスポートリソースの FP ネームスペースにアクセスし、転送を設定できる。

**コール/接続セットアッププロセス:** クライアントコンテキストを持つ、発信側/着信側コールコントローラ (CCC)、または NCC-1/NCC-2/NCC-3 は、コントローラ n (#1a、1b、1c)のサーバコンテキストを持つ NCC にコール要求を送信する。NCC は、識別子の変換と仮想ネットワークネームスペースとのマッピングのために、クライアント/サーバコンテキストをマッピングする要求をディレクトリサービス(DS)コンポーネント(#2)に送信する。次に、NCC は、サーバコンテキストの識別子に基づいて、(SLA 関連のパフォーマンスを含む必要なすべての情報と共に)コール要求を CC(#3)への接続要求 に変換する。CC は、パスのルートクエリを RC (#4)に送信する。RC は、LRM (#5,#6)によって提供されたトポロジおよびローカル接続ステータス情報に基づいて、CC へのパスを計算する。その後、CC は、トランスポートネットワークリソース割り当てのためにリンク接続要求を LRM に送信する(#6)。LRM は TAP (#7)と相互作用し、リンクを終端するアダプテーションおよびターミネーション機能を設定する。TAP には、FP ネームスペースを使用するリソース(#8)へのインタフェースがあり、これらは公開された SDN インタフェースではない。上記により、ネットワークリソースにおける転送が可能となる。



G.7702(22)\_F15-1

図15-1/JT-G7702 シングルレイヤネットワークにおけるシングルレベル制御内でのコールおよび接続制御 (ITU-T G.7702)

**接続ステータスのメンテナンスプロセス:** コントローラの範囲内にあるトランスポートリソースの障害によって接続ステータスが影響を受けると、LRMはローカル接続ステータスをCCにレポートし、ネットワーク接続ステータスレポートインタフェースを介してNCCにレポートする。サーバコントローラのNCCはDSに問い合わせ、クライアントコンテキストへの接続識別子のマッピングを取得する。サーバコントローラのNCCは、接続ステータスの更新情報をクライアントコントローラのNCCに送信する。上位のSDNコントローラまたは外部アプリケーションが接続ステータス情報(#9)の受信を監視している場合、その情報は通知コンポーネントによって提供される。

### 15.1.2 リソースの検出、仮想化(ネームスペースとマッピング)、リソースビューのメンテナンス

リソースの仮想化とリソースビューのメンテナンスのためのシングルレイヤネットワークにおけるMCコンポーネントの相互作用(NCC、DS、RC、LRM、TAP、DAを含むシングルレベルコントローラ内)を図15-1に示す。

図15-1では、DAコンポーネントがSDNコントローラの境界内にあることを示している。これは、DAがSDNコントローラをサポートするMCコンポーネントの1つであることを示す。物理ネットワークリソースを手動で構成する場合、DAのデプロイメントは必要ない。したがって、DAはSDNコントローラのオプションのMCコンポーネントとなる。また、DAはSDNではない環境にデプロイしてもよい。DAについては、[JT-G7701]の8.3.5項を参照とする。

**リソース検出プロセス:** LRM、TAP、およびDAは相互に作用して、リソース検出機能を実行する。リンクの端点にあるDAは、インバンド通信を介して、そのリンク上のトレイルFPからFPリソース情報を検出する。2つのサーバFP (sFP)上にある2つのクライアントFP (cFP)間の関係は、[ITU-T G.7714.1]で定義さ

れているように推論できる。一般に、異なるレイヤの複数のクライアント FP (cFP)は、柔軟なアダプテーション機能を使用して 1 つのサーバ FP (sFP)に関連付けることがある。TAP は、SNP と FP の間のネームスペースのマッピングを含む、cFP と sFP の間の関係を維持する役割を担う。LRM は TAP と相互作用し、SNP ネームスペース内のリンクに対応する SNP と SNP の関係を維持する。LRM は、トランスポートネットワークのローカルトポロジ(ノードとリンク)、リソースおよびアビリティ情報を RC に報告し、基盤となるネットワークトポロジおよびリソースデータベースを構築する。

**シングルレベル内での仮想化:** 仮想化は、コントローラによって維持される基盤となるネットワークトポロジとリソースデータベースに基づいて、クライアントの VN を作成/変更/削除するためにシングルレベル内で実行できる。コントローラには、クライアントとサーバのコンテキストごとに 1 つの RC インスタンスがある。サーバコンテキストの RC は LRM から取得したリソース情報を保持し、クライアントコンテキストの RC はそのクライアントの VN トポロジ情報を保持する。コントローラの仮想化機能は、各クライアントコンテキストに必要なトポロジを構築するために個別の RC インスタンスを保持する。この仮想化プロセス中に、RC は LRM と直接相互作用、下位レベルのリソースの可用性を確立し、必要に応じて、ポリシーに基づき、クライアントに対して部分的な下位レベルのリソースを提供することがある。または、RC は CC および NCC と相互作用し、最初に接続を確立し、この接続をクライアントコンテキストの RC への入力として使用してから、それをリンクとして使用することがある。クライアントコンテキストとサーバコンテキストの間の個別のネームスペースマッピングは、RC インスタンスごとに必要となる。

#### リソースビューのメンテナンスプロセス:

初期状態では、管理の制御下にあるトランスポートリソースの共通プールが仮想リソースに抽象化され、その後、それぞれが独自のクライアントコンテキストを持つ異なるクライアントに割り当てられ、専用で使用される。クライアントコンテキストが削除されると、そのクライアント専用の仮想ネットワークリソースが削除され、トランスポートリソース内の対応する SNP と FP が解放される必要がある。

障害、復旧、ネットワーク構築、または管理操作によってトポロジとリソースの状態が変更されると、TAP は SNP のネームスペースおよび、cFP と sFP の間の関係を更新する。LRM は、SNP のネームスペース内のリンクに対応する SNP と SNP の関係を更新し、トランスポートネットワークのローカルトポロジ(ノードとリンク)、リソース、およびアビリティ情報の変更を、サーバコンテキストの RC へ出力する。クライアントごとの仮想化機能を実行する DS のサポートにより、対応する RC インスタンスは、変更されたすべての情報を RDB に入力し、仮想リソースの変更を VN クライアントに通知する。

## 15.2 相互作用タイプ 2

図 15-2 に示すコントローラ n+1 と、ローカルトランスポートネットワーク-11 内の接続をセットアップする要求について考える。コントローラ n+1 は、トランスポートネットワーク-11 を SNP/SNPP ネームスペースを持つ VN として表示する。このネームスペースで経路の計算ができるが、MC コンポーネントは FP ネームスペースを認識できないため、コントローラ n' に接続を要求する必要がある。コントローラ n+1 は NCC、CC、RC を使用するが、FP ネームスペースを認識できないため、LRM と TAP は使用しない。コントローラ n' の NCC は、SNP のペアをコントローラ n+1 の NCC に返す。

この相互作用スタイルは、コントローラのレイヤを上下に再帰して実行される。これは、クライアントがリソースのサブセットから見積もられた VN を持っている場合や、リソースの抽象化を持つ場合をカバーする。コントローラが要求を処理した後、他のコントローラへの追加要求を開始できる(タイプ 1、3、4、5)。

## 15.3 相互作用タイプ 3

この相互作用タイプは、コントローラ間でのコール/接続の連結を行うために水平方向の再帰を実行する。この相互作用スタイルは、コントローラ間の再帰を実行する。これは、クライアントが複数のサーバコン

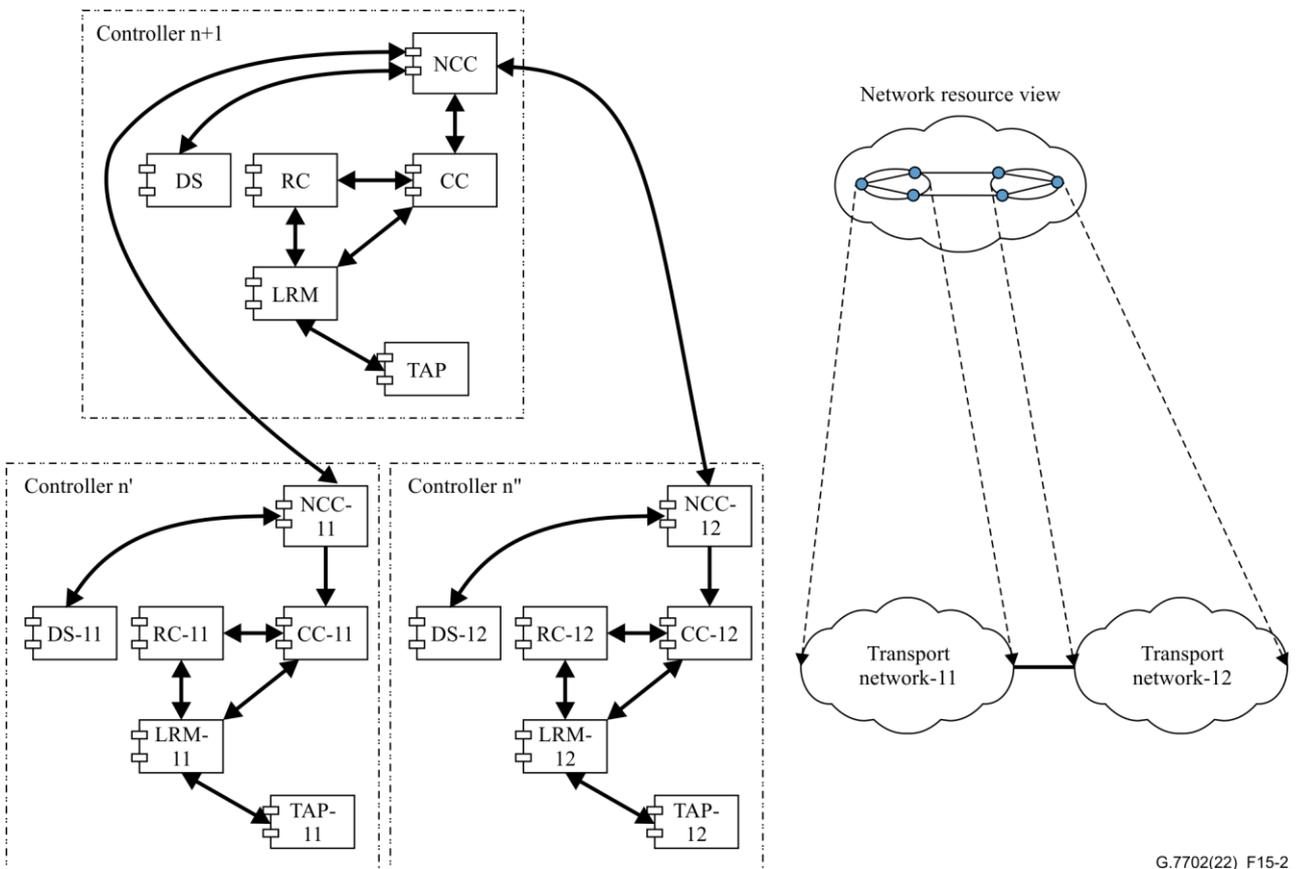
ローラから見積もられたリソースで構成される VN を持っている場合をカバーする。

図 15-2 のコントローラ n+1 と、トランスポートネットワーク-11 からトランスポートネットワーク 12 への接続をセットアップする要求について考える。

### 15.3.1 コールおよび接続制御

2 つのサブネットワークとそれらが相互に接続されたリンクにまたがるエンドツーエンドのコールおよび接続制御を説明する例として図 15-2 には 2 つのレベルの制御階層が示されている。エンドツーエンド接続は 3 つに分割される。一つ目はコントローラ n' のスコープ内、二つ目はコントローラ n' のスコープ内、三つ目はネットワーク-11 とネットワーク-12 間の相互接続であり、コントローラ n+1 のコントロールスコープ内となる。二つのレベル間および各レベル内の MC コンポーネントの相互作用を図示し、以下に説明する。

**接続セットアップ:** コントローラ n+1 は、7.2.2 項で説明されている上位レベルのコントローラ内の複数ドメインに対する、抽象化されたネットワークリソースプロセスの検出と作成後、エンドツーエンド接続セットアップと解放プロセスを三つのサブネットワーク接続に分割する必要があることを判断する。コントローラ n' はネットワーク-11 内の接続セットアップと解放プロセスを担当し、コントローラ n'' はネットワーク-12 内の接続セットアップと解放プロセスを担当する。また、コントローラ n+1 はネットワーク-11 とネットワーク-12 間の相互接続を担当する。コントローラ n+1 の NCC は、コール要求をコントローラ n' の NCC-11 とコントローラ n'' の NCC-12 に別々に送信する。2 つのレベルのコントローラ間の相互運用は、NCC と NCC の相互作用を介して実行される。各コントローラ内では、コールおよび接続設定の内部手順が、10.1.1 項で説明されているように、同じコンポーネントの相互作用シーケンス(NCC、DS、CC、RC および LRM を含む)として実行される。



G.7702(22)\_F15-2

図15-2/JT-G7702 2レベルのコントローラにおける接続セットアップおよびリリースプロセス (ITU-T G.7702)

**接続ステータスのメンテナンスプロセス:** NCC-NCC インスタンスは、接続ステータスのメンテナンスプロセスにも関与する。LRM は、ローカル接続ステータスを CC に報告し、ネットワーク接続ステータスレポートインタフェースを介して NCC に報告する。サーバコントローラの NCC は、クライアントコントローラの NCC に接続ステータス情報を送信する。

#### 15.4 相互作用タイプ 4

図 15-3 のコントローラ 2 について考える。コントローラ 2 は、サーバコントローラ 1 に対して接続の要求を行う。コントローラ 2 の RC は、レイヤ Y にあるサブネットワーク C のリソースビューのリンクへのアダプテーションの可能性を認識する。返された接続はレイヤ X であり、コントローラ 2 はそれをサブネットワーク B の一部となるレイヤ X へのリンクとしてみなす。その接続はレイヤ X 内新しいリンクを使用できる。[JT-G7701]で記載される NCC のクライアント NCC 調停入力(Client NCC coordination in)インタフェースが使用される。コントローラ 1 の NCC が要求を受信すると、図 15-1 に示すのと同じ手順 2~8 を実行する。クライアント NCC 調停入力インタフェースを介したコントローラ 2 の NCC への応答は、発信側のレイヤ (すなわち、レイヤ X)に SNP のペアを提供する。[JT-G7701]で説明されたように、[ITU-T G.800]のレイヤ間におけるアダプテーションの構成は、コントローラ 1 の NCC であるサーバ NCC で実行される。

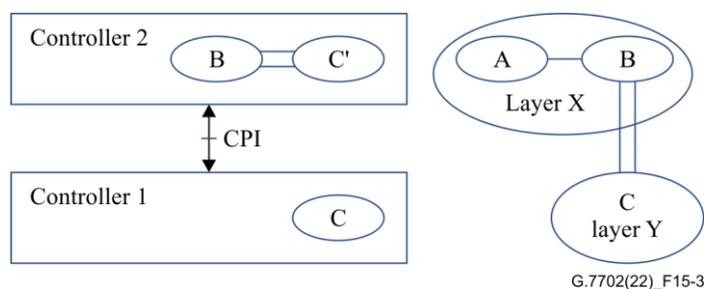


図15-3/JT-G7702 クライアントNCC調停入力(Client NCC coordination in)  
(ITU-T G.7702)

コントローラ 1 が要求を処理しているときに、さらに再帰的なコールが必要になる場合があります。たとえば、相互作用タイプ 2、3、および 4 などが考えられる。

#### 15.5 相互作用タイプ 5

図 15-3 のコントローラ 2 について考える。マッピングされたサーバコールの場合、コントローラ 2 にはマルチレイヤのトポロジビューが必要となる。これは、サブネットワーク B とは異なるレイヤからのサブネットワーク C の VN 表現を持つことで実現できる。マルチレイヤトポロジは、コントローラ 2 の RC によって使用され、両方のレイヤネットワークを通るルートを計算する。NCC-NCC コールは、サブネットワーク C のコンテキストにおいて境界リソース識別子を使用して、コントローラ 2 からコントローラ 1 に対して行われる。

返された SNP はレイヤ X であり、コントローラ 2 はこれをレイヤ Y へのアダプテーションの位置と見なす。レイヤ X の接続は、レイヤ Y で作成された接続を使用できる。これは、[JT-G7701]の 7.8 節で説明されているマッピングされたサーバのケースである。

コントローラ 1 の NCC が要求を受信したとき、15.4 節で説明されているのと同じ手順が実行されるが、返された SNP はコントローラ 2 のトポロジへのリンクとして追加されない。

コントローラ 1 が要求を完了すると、相互作用タイプ 1~5 のさらなる再帰的な NCC-NCC コールが必要になる場合がある。

## 16. スケーラビリティに関する考慮

### 16.1 コントローラのスケーラビリティ

コントローラは垂直方向および/または水平方向にスケーリングできる。

垂直方向のスケーラビリティは、コントローラの階層スタックを使用して実現できる。SDN コントローラのこの再帰的な適用により、SDN 制御レイヤは大規模なネットワークへの拡張が容易となる。再帰に関しては 11.5 節の図 11-2 に示される。使用されるレイヤ数は、ネットワークのサイズに依存する。より大規模なネットワークでは再帰的な深さは増加する。

水平方向のスケーラビリティは、複数の並列な SDN コントローラ(図 11-4 に示される SDN コントローラ 1、SDN コントローラ 2、および SDN コントローラ n を参照)を使用して実現できる。

さらに、SDN コントローラのスケーラビリティは、ネットワーク性能が許容できる限り、コントローラスタックの実装によって拡張できる。

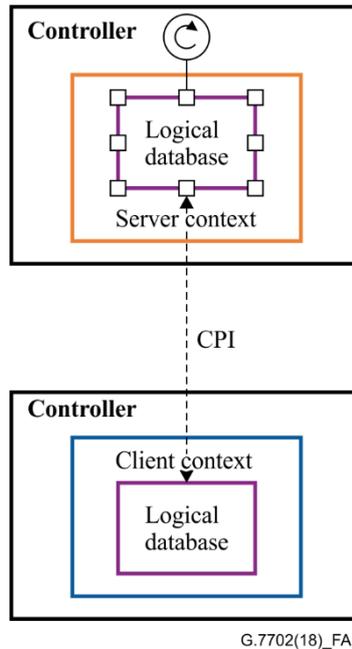
### 16.2 コンポーネントのスケーラビリティ

コントローラのスケーラビリティは、同じタイプである MC 機能の複数インスタンスを実装し、そのコントローラ内にてこれらのインスタンス間で負荷分散を行うことによって向上可能である。このアプローチはアーキテクチャの実装オプションであり、他の実装は除外されない。

## 付属資料 A リソースを表現するための CIM の使用

(この付属資料は、本勧告の不可分の一部を構成する。)

情報モデルは、制御および管理が必要なリソースの管理ビューを提供する。リソース種類とリソースのインスタンス間の両関係は、情報モデルによって指定される。SDN コントローラのデータベースに格納されているトランスポートネットワークリソースデータは、(情報モデルから生成される)データモデルに構造化される場合がある。モデル駆動アーキテクチャでは、CPI はデータモデルによって記述される。各クライアントまたはサーバコンテキストには、概念上、データが情報モデルから生成されるデータモデルに構造化された(論理的な)データベースがある。これらのデータモデルは、図 A.1 に示すように、プロトコルでエンコードされ、CPI を介して渡される情報を記述する。SDN コントローラのリソースデータベース内の表現と、クライアントまたはサーバのデータベース内の情報のマッピングが必要となる場合がある。たとえば、SDN コントローラによって使用されるネームスペースと、サーバコンテキストまたはクライアントコンテキストで使用されるネームスペースとの間でマッピングが必要となる場合がある。さらに、SDN コントローラで使用されるアーティファクトと、6.6.1 項で説明されているクライアントコンテキストで使用される(より抽象的な)アーティファクトとの間においてマッピングが必要な場合がある。



G.7702(18)\_FA.1

付図A.1/JT-G7702 CPIを介してCIMから生成されるデータモデル  
(ITU-T G.7702)

加えて、SDN コントローラ内のネットワークリソースデータベースが、多数のサーバコンテキスト内のリソースデータベースから構築される場合、これらのデータベースのセマンティクス間の変換が必要になることがある。これらのリソースデータベースが、例えば ITU-T G.7711 のような共通情報モデルから生成される場合、このセマンティクス変換は回避できる。

ネットワークリソースを SDN コントローラとレガシー管理システム(EMS/NMS)で同時に管理する場合、SDN コントローラと EMS/NMS のネットワークリソースデータベースを同期させる必要がある。データ同期は、データクエリまたはデータベース同期によって実装することができる。データクエリは、MCS が備える CPI 内のデータクエリインタフェースを呼び出すことで実装される。データベース同期は、ネットワークリソースデータベースのデータ変更をキャプチャし、ネットワークリソースの異なる情報モデル間のマッピング関係に従って、管理/制御システムのデータベース間の変更を同期することで実装される。どちらの方法も、

ネットワークリソースの異なる情報モデル間のマッピング関係を必要とする。

注意すべきは、2つの IM 間を完全にマッピングして解釈するには、一方の IM が他方の IM のスーパーセットである必要があることである。

## 参考文献

- [b-JT-G872] TTC 標準 JT-G872 (第 2 版), 2023/05/18, 光伝送網のアーキテクチャ
- [b-ITU-T G.7715] Recommendation ITU-T G.7715/Y.1706 (2002), Architecture and requirements for routing in the automatically switched optical networks.
- [b-ITU-T M.3400] Recommendation ITU-T M.3400 (2000), TMN management functions.
- [b-ONF TR-521] Open Networking Foundation (2016), SDN Architecture 1.1, TR-521.