

TR-1084

第5世代移動体通信システムにおける
OTN の適用に関する技術報告書

Technical report of Application of OTN to 5G
Transport

第 1.0 版

2020 年 3 月 11 日

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

.....	1
<参考>.....	4
I. 本報告書の目的.....	5
II. 第5世代移動体通信システムにおける OTN の適用 (ITU-T G.Supp.67).....	6
1. 適用範囲.....	6
2. 参考文献.....	6
3. 定義.....	7
4. 略語及び頭字語.....	7
5. 慣例.....	7
6. イントロダクション.....	8
7. 参照とする 5G 無線アーキテクチャ.....	8
8. 5G トランスポートネットワークアーキテクチャ.....	8
8.1 3GPP の機能分割とコアネットワーク構成がトランスポートネットワークアーキテクチャに与える影響.....	8
8.2 5G をサポートする OTN トランスポートネットワークアーキテクチャ.....	9
8.3 5G をサポートするための OTN トランスポートネットワークアーキテクチャの詳細.....	10
9. OTN におけるネットワークスライシングサポート.....	18
10. OTN ネットワークにおける周波数および時刻同期.....	18
10.1 同期化要件.....	18
10.2 OTN トランスポートネットワークのための同期ソリューション.....	19
11 5G をサポートするための OTN ネットワークにおける信頼性向上技術.....	19
12. まとめ.....	19

<参考>

1. 国際勧告等との関連

本レポートに関連する国際勧告は本文中に記載している。

2. 改版の履歴

版数	発行日	改版内容
第1版	2020年3月11日	初版発行

3. 参考文献

[1] ITU-T G.Supple.67 (07/2019), Supplement 67 to ITU-T G-series of Recommendations (ex. G.Sup.5gotn)
Application of OTN to 5G Transport

4. 標準作成部門

伝送網・電磁環境専門委員会

I. 本報告書の目的

ITU-T SG15 では、第 5 世代移動体通信システム (5G) を収容するためのトランスポートネットワークに関する標準化が進められている。本報告書は、ITU-T SG15 において補足文書として策定された ITU-T G.supple.67 (Application of OTN to 5G Transport) の日本語訳を記載することで、5G システムを収容するためのトランスポートネットワークに適用可能な既存 OTN 技術の概要に関してご理解いただくことを目的としている。

II. 第5世代移動体通信システムにおける OTN の適用 (ITU-T G.Supple.67)

要約

本文書は、[ITU-T GSTR-TN5G] に記載されている第5世代移動体通信システム (5G) を収容するためのトランスポートネットワークの要件に対処するために、既存の光トランスポートネットワーク (OTN) 勧告 [ITU-T G.709] および [ITU-T G.709.x] シリーズの適用について記載している。

キーワード

OTN, optical transport network, 5G, mobile, transport

1. 適用範囲

本文書では、[ITU-T GSTR-TN5G] に記載されている 5G トランスポートネットワークの要件に対処するために、現在承認されている光トランスポートネットワーク (OTN) 勧告 [ITU-T G.709] および [ITU-T G.709.x] シリーズの適用について記載している。

2. 参考文献

- | | |
|-------------------|---|
| [ITU T G.698.2] | Recommendation ITU-T G.698.2 (2018), Amplified multichannel dense wavelength division multiplexing applications with single channel optical interfaces. |
| [ITU T G.709] | Recommendation ITU-T G.709/Y.1331 (2016), Interfaces for the optical transport network. |
| [ITU T G.709.1] | Recommendation ITU-T G.709.1/Y.1331.1 (2018), Flexible OTN short reach interface. |
| [ITU T G.709.2] | Recommendation ITU-T G.709.2/Y.1331.2 (2018), Flexible OTU4 long reach interface. |
| [ITU T G.709.3] | Recommendation ITU-T G.709.3/Y.1331.3 (2018), Flexible OTN long reach interface. |
| [ITU T G.781] | Recommendation ITU-T G.781 (2017), Synchronization layer functions. |
| [ITU T G.798] | Recommendation ITU-T G.798 (2017), Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks. |
| [ITU T G.873.1] | Recommendation ITU-T G.873.1 (2017), Optical transport network: linear protection. |
| [ITU T G.873.2] | Recommendation ITU-T G.873.2 (2015), ODUk shared ring protection. |
| [ITU T G.873.3] | Recommendation ITU-T G.873.3 (2017), Optical transport network – Shared mesh protection. |
| [ITU T G.7041] | Recommendation ITU-T G.7041/Y.1303 (2016), Generic framing procedure. |
| [ITU T G.8261] | Recommendation ITU-T G.8261/Y.1361 (2013), Timing and synchronization aspects in packet networks. |
| [ITU T G.8262] | Recommendation ITU-T G.8262/Y.1362 (2015), Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock. |
| [ITU T G.8262.1] | Recommendation ITU-T G.8262/Y.1362 (2018), Timing characteristics of an enhanced synchronous Ethernet equipment slave clock (EEC). |
| [ITU T G.8271] | Recommendation ITU-T G.8271/Y.1366 (2017), Time and phase synchronization aspects of telecommunication networks. |
| [ITU T G.8271.1] | Recommendation ITU-T G.8271.1/Y.1366.1 (2017), Network limits for time synchronization in packet networks. |
| [ITU T G.8273.2] | Recommendation ITU-T G.8273.2/Y.1368.2 (2017), Timing characteristics of telecom boundary clocks and telecom time slave clocks. |
| [ITU T G.8275] | Recommendation ITU-T G.8275/Y.1369 (2017), Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution. |
| [ITU T GSTR-TN5G] | Technical Report ITU-T GSTR-TN5G (2018), Transport network support of IMT-2020/5G. |
| [3GPP TS 23.501] | 3GPP TS 23.501 V15.4.0 (2018-12), System Architecture for the 5G System. |
| [3GPP TS 38.104] | 3GPP TS 38.104 V15.4.0 (2019-01), NR; Base Station (BS) radio transmission and reception. |
| [3GPP TS 38.401] | 3GPP TS 38.401 V15.4.0 (2019-01), NG-RAN; Architecture description. |

[3GPP TR 38.801]	3GPP TR 38.801 V14.0.0 (2017-03), Study on new radio access technology: Radio access architecture and interfaces.
[3GPP TR 38.913]	3GPP TR 38.913 V14.3.0 (2017-06), Study on Scenarios and Requirements for Next Generation Access Technologies.
[CPRI]	CPRI Specification V7.0 (2015-10), Common Public Radio Interface (CPRI); Interface Specification.
[eCPRI]	eCPRI Specification V1.2 (2018-06), Common Public Radio Interface: eCPRI Interface Specification.

3. 定義

なし。

4. 略語及び頭字語

本文書では、以下の略語および頭字語を使用する。

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5GC	5G Core
AAU	Active Antenna Unit
AMF	Access and Mobility Management Function
BBU	Baseband Unit
BNG	Broadband Network Gateway
C-RAN	Centralized RAN
CP	Control Plane
CPRI	Common Public Radio Interface
CN	Core Network
CR	Core Router
CU	Central Unit
D-RAN	Distributed RAN
DL	Downstream Link
DU	Distribution Unit
eCPRI	Enhanced Common Public Radio Interface
eMBB	Enhanced Mobile Broadband
eOEC	Enhanced OTN Equipment Clock
Fn	5G logical interface between the gNB DU and CU
gNB	Next generation NodeB, 5G base station name
MEC	Mobile Edge Compute
NG	Next Generation
NGC	Next Generation Core
NR	New Radio
NRT	Non-Real Time
NSA	Non-stand Alone
OLT	Optical Line Terminal
OEC	OTN Equipment Clock
OTN	Optical Transport Network
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
RAN	Radio Access Network
RRC	Radio Resource Control
RU	Remote Unit
SLA	Service-Level Agreement
T-BC	Telecom Boundary Clock
UE	User Equipment
UL	Upstream Link
UP	User Plane
UPF	User Plane Function
URLLC	Ultra-Reliable Low Latency Communication
VN	Virtual Network
Xn	(Logical) Interfaces internal to the RAN (“Xn” specifically refers to one connected between two gNB nodes)

5. 慣例

フロントホール、ミドルホール、およびバックホールという用語は、5Gアーキテクチャを説明する際に頻繁に用いられる。

トランスポートネットワークにおける各ドメインは、メトロエッジ、メトロアグリゲーション、メトロコア、およびバックボーンとして分類されることが多い。

トランスポートネットワークにおける、フロントホール、ミドルホール、およびバックホールという用語について以下で説明する。

- 3GPP NG-RAN の下位レイヤ機能分割点をサポートするトランスポートネットワーク (MAC/PHY 分割のためのオプション 6、または intra-PHY 分割のためのオプション 7) [3GPP TR 38.801] は、一般的にフロントホールとされている。
- 3GPP NG-RAN F1 インタフェース (gNB-CU と gNB-DU の間)、または異なる NG-RAN ノード (gNB または ng-eNB) 間の接続を提供する Xn インタフェースは、しばしばミドルホールとされる。
- 5GC と NG RAN との間の 3GPP NG インタフェース、または異なる NG-RAN ノード (gNB または ng-eNB) [3GPP TS 38.401] 間の接続を提供する Xn インタフェースは、一般的にバックホールとされる。

6. イントロダクション

技術報告書 [ITU-T GSTR-TN5G] は、IMT-2020/5G ネットワークの参照モデルと導入シナリオについて記載している。また、IMT-2020/5G ネットワークをサポートするためのトランスポートネットワークに関する要件についても記載している。

本文書は、[ITU-T GSTR-TN5G] に記載されている 5G トランスポートネットワークの要件に対処するために、既存の光トランスポートネットワーク (OTN) 勧告 [ITU-T G.709] および [ITU-T G.709.x] シリーズの適用について記載している。

7. 参照とする 5G 無線アーキテクチャ

本文書では、5G 無線アーキテクチャは、[ITU-T GSTR-TN5G]に記載されているものを参照する。

8. 5G トランスポートネットワークアーキテクチャ

8.1 3GPP の機能分割とコアネットワーク構成がトランスポートネットワークアーキテクチャに与える影響

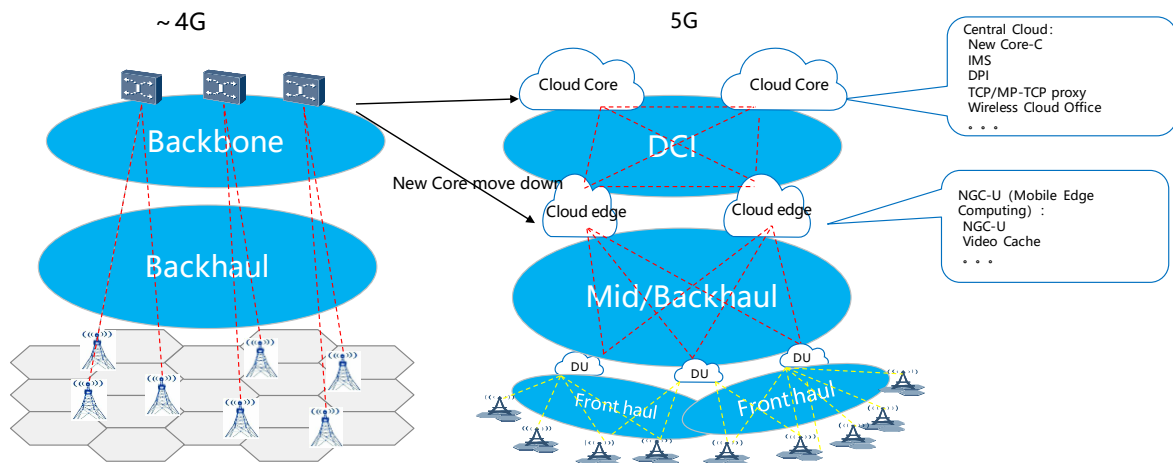


図 8-1 5G ネットワークにおけるコアネットワークの配置

5G トランスポートネットワークは、フロントホール、ミドルホール、バックホールおよび NGC 間接続の 4 つの領域に区分することができる。

1) フロントホール

この場合は、機能分割点が PHY の上位と下位との間に位置し、UNI インタフェースのビットレートは、約 25 Gbit/s となる。5G ネットワークの場合、NNI インタフェースの典型的なビットレートは、約 75 Gbit/s または 150 Gbit/s (高周波数を考慮する場合) となる。4G および 5G ハイブリッドネットワークの場合、NNI インタフェースの典型的なビットレートは、約 100 Gbit/s または 200 Gbit/s となる。なお、フロントホールにおける遅延時間の要件は厳密に決められている (100us 未満)。また、トランスポートネットワークは、常に Point-to-Point (P2P) の形態で構築される。

2) ミドルホール

この場合は、機能分割点が PDCP と RLC との間に位置する。UNI インタフェースのビットレートは、約 10Gbit/s または 25 Gbit/s である。NNI インタフェースのビットレートは、10 Gbit/s または 25 Gbit/s の約 N 倍であり、DU のアグリゲーション能力に依存する。トランスポートネットワークの形態は、常にツリーまたはリングにて構築される。また、複数の DU が 1 つの CU に集約される。

3) バックホール

この場合は、機能分割点が RRC より上位に位置し、ビットレート要件は、ミドルホールと同様である。Xn インタフェースは基地局間を接続するためのインタフェースであるため、トラフィックのスケジューリ

ングが必要とされる。NG インタフェースは、基地局から 5G コアまで異なるサービス (V2X、eMBB、および IoT など) を搬送するインタフェースである。通常、異なるサービスが異なるクラウドに展開されるため、トラフィック制御 (グルーミング) が必要とされる。

4) NGC 間接続

クラウドエッジにおけるコアノード間の接続を示す。この場合における UNI および NNI インタフェースのビットレートは 100Gbit/s 以上となる。

8.2 5G をサポートする OTN トラnsポートネットワークアーキテクチャ

8.2.1 5G トラnsポートネットワークアーキテクチャの概要

一般的に、5G トラnsポートネットワークは、フロントホール、ミドルホール、およびバックホールを含む。しかしながら、各オペレータは、各々のシナリオに従ってネットワークの構築が可能である。したがって、各シナリオに応じて 4 つのタイプの RAN 構成が存在し得ることが [ITU-T GSTR-TN5G] に記載されている。

ミドルホールおよびバックホールに対するビットレート要件は非常に似ており、パケットベースのトラフィックエンジニアリングを可能とする伝送方式 (例: IP/MPLS 転送) が、ミドルホールおよびバックホールの両方に必要とされる。したがって、ミドルホールおよびバックホールの両方に同一の伝送方式を適用することが望ましい。

他方、フロントホールは、eCPRI トラフィックの P2P 転送が可能であればその役割を果たすことになるものの、フロントホールに対するビットレート要件は、ミドルホールおよびバックホールの場合よりもはるかに厳しいものとなる場合がある。そこで、ビットレート要件および柔軟なネットワーク構築性の観点から、5G トラnsポートネットワークアーキテクチャを主に 2 つのタイプ、すなわち C-RAN および D-RAN に分類することができる。

8.2.1.1 C-RAN

C-RAN の場合、AAU と DU は分離され、DU および CU は同じ場所に配置されても、分離されてもよい。したがって、フロントホールネットワークおよびバックホールネットワークが存在し、場合によってはミドルホールネットワークも存在する。AAU と DU との間の距離は、10 キロメートルまでであり、一方、DU と CU との間の距離は、数十キロメートルまでである。

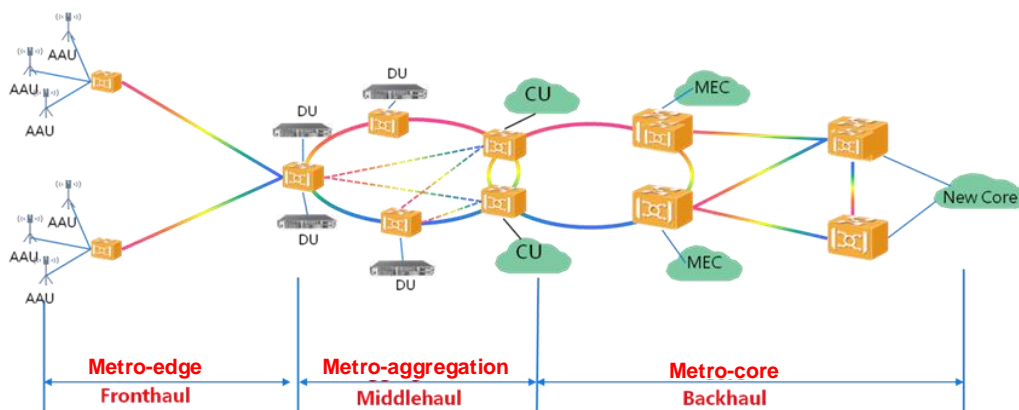


図 8-2 - 5G トラnsポートネットワークアーキテクチャ: C-RAN

フロントホール/エッジの場合、ネットワークトポロジは、光レイヤではリングまたはポイントツーポイント (P2P) の形態をとることがある。一方、OTN レイヤでは、コストおよび遅延を低減するためにポイントツーポイントトポロジーとなる。

DU の位置に基づいて、C-RAN は、後述する図 8-4 に示すように、さらに次の 2 つのタイプに分けることができる。

- 大規模C-RAN: DUは、CO (中央局: Central Office) に配置され、CO は、典型的には、メトロエッジファイバリングの交点に位置する。各CO内のDUの数は、20~60である (各DUが3つのAAUに接続されていると仮定する場合)。
- 小規模C-RAN: DU は、メトロエッジサイトの中央に配置される。メトロエッジサイトは、通常、メトロエッジファイバリングハンドオーバーポイントに配置される。各メトロエッジサイト内のDUの数は、約5~10である。

8.2.1.2 D-RAN

D-RAN の場合、AAU および DU は同じ場所に配置され、DU および CU は、同じ場所に配置されても、分離されてもよい。したがって、基本的にはバックホールネットワークのみが存在し、ミドルホールも存在す

る場合があるが、フロントホールネットワークは存在しない。図 8-3 は、バックホールネットワークのみを有する D-RAN を示している。

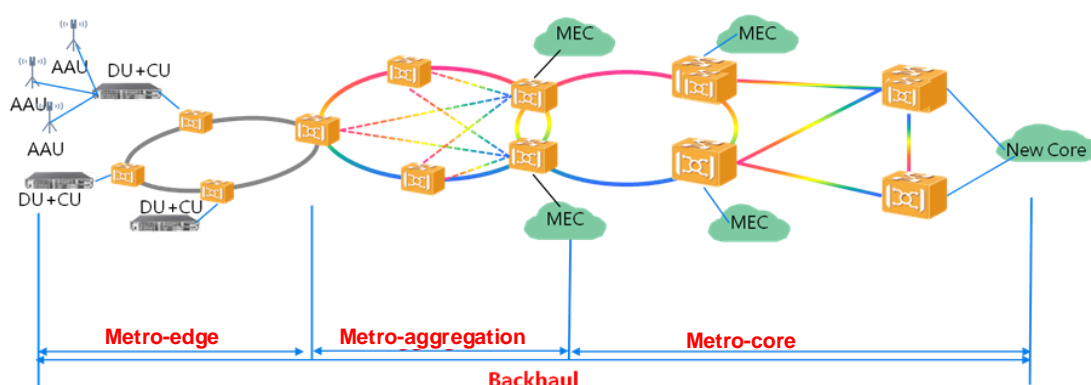


図 8-3 - 5G トラnsポートネットワークアーキテクチャ: D-RAN

D-RAN の場合、トラnsポートネットワークメトロエッジノードは、5G gNB と同じ場所に配置される。リンク利用率およびネットワーク信頼性を向上するために、通常、メトロエッジドメインにおいてパケットリングトポロジが展開される。

8.2.2 NGC 間接続

表 8-1 に、NGC 間接続の要件を示す。

表 8-1 - NGC に対するトラnsポートネットワーク要件の概要

パラメータ	要件	解説
容量	0.8-2 Tbit/s	各 NGC ノードは、500 個の基地局を有するものとする。各基地局の平均ビットレートは約 3Gbit/s、収束比は 1/4 であり、NGC ノードの典型的なビットレートは約 400Gbit/s である。方路数として 2~5 が考慮されるため、NGC ノードの容量は 0.8~2Tbit/s となる。
遅延	1 ms	都市内での DC ホットバックアップに必要な NGC 間の RTT (Round Trip Time) を示す。
伝送距離	100-200 km	NGC 間の典型的な伝送距離を示す。
注記: 数値の範囲は、ネットワークに大きく依存する。		

8.3 5G をサポートするための OTN トラnsポートネットワークアーキテクチャの詳細

5G トラnsポートをサポートする OTN ネットワークアーキテクチャを図 8-4 に示す。これは、メトロコア、メトロアグリゲーション、およびメトロエッジネットワークドメイン (大規模 C-RAN、小規模 C-RAN、および D-RAN) から構成される。図中の青いボックスは、5G ネットワークエレメントを表し、オレンジのボックスは OTN ネットワークエレメント、具体的にはそれらの電気レイヤ機能を表し、雲で描かれた部分は光レイヤの OTN 機能を表す。この OTN ネットワークは、以下に記す 5G ネットワークエレメント間の接続性を提供している。

- Active Antenna Unit (AAU) ⇔ next generation node B (gNB),
- AAU ⇔ gNB distributed unit (DU),
- DU ⇔ DU,
- DU ⇔ gNB centralized unit (CU),
- CU ⇔ CU ⇔ gNB ⇔ gNB,
- CU ⇔ mobile edge computing (MEC),
- gNB ⇔ MEC,
- MEC ⇔ MEC,
- MEC ⇔ core network (CN) and
- CN ⇔ CN.

CU と gNB との間の接続性 (Xn) は、マルチポイントツーマルチポイント接続によって、または 1 組のポイントツーポイント接続によって確立される。

注記- この OTN ネットワークアーキテクチャは、以下に記す接続もサポートする。

- 4G network elements: active antenna unit (AAU), baseband unit (BBU), enhanced node B (eNB) と evolved packet core (EPC) 間の接続 (図8-5参照),
- Broadband network elements: optical line terminal (OLT) もしくは digital subscriber line access multiplexer (DSLAM), broadband network gateway (BNG) と core router (CR) 間の接続 (図8-6参照),
- Data center間の接続 (図8-7参照)

- Private line customer premise network elements (CPE) 間の接続 (図8-8参照).

ネットワークドメイン内の OTN ネットワークエレメントは、[ITU-T G.709]、[ITU-T G.709.1]、[ITU-T G.709.2]、および [ITU-T G.709.3] に準拠した OTUk および OTUCn/FlexO インタフェース信号を介して接続される。

図において、EA は Metro-Edge と Metro-Aggregation 間を接続する OTN ネットワークエレメントを示し、AC は、Metro-Aggregation と Metro-Core 間を接続する OTN ネットワークエレメントを示す。

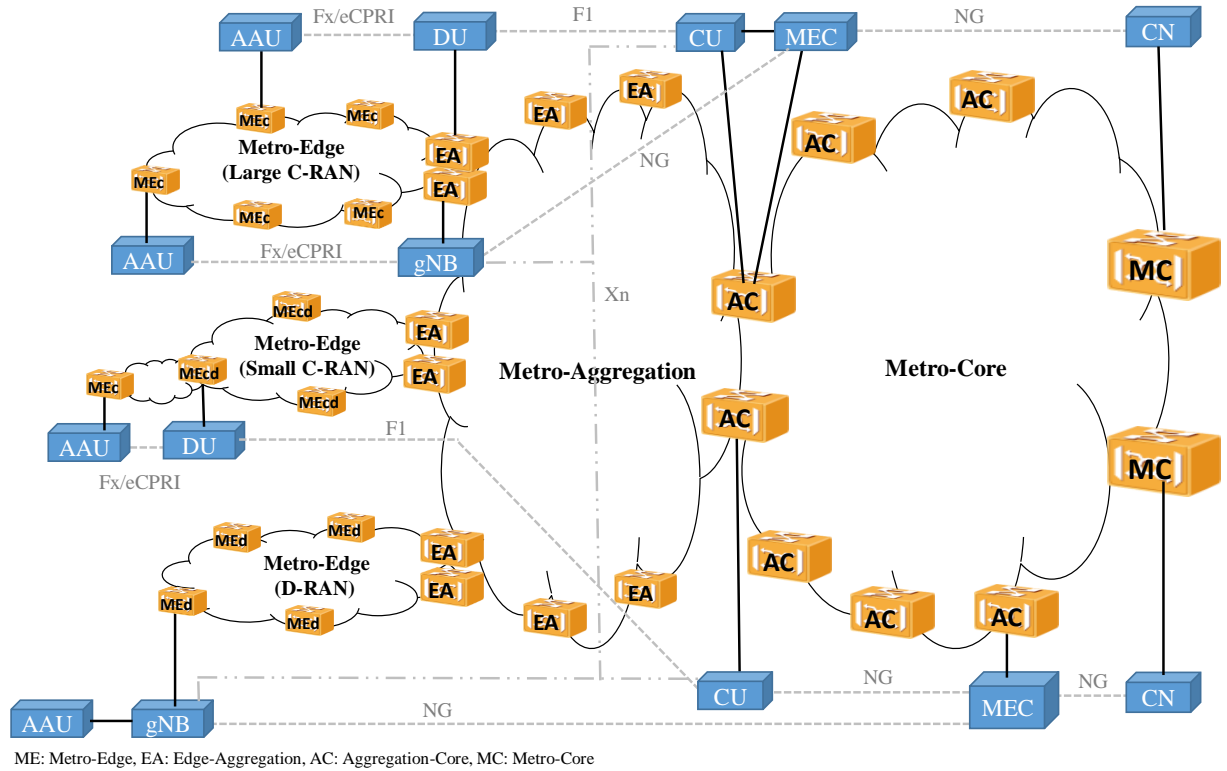
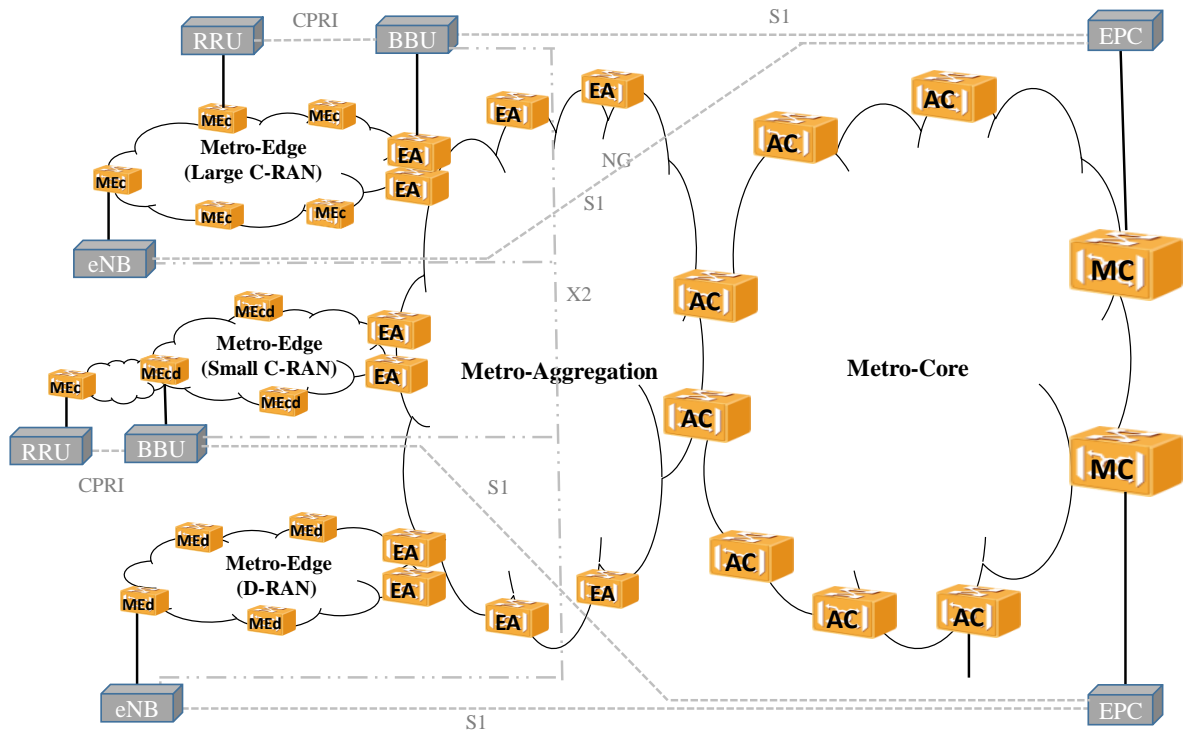
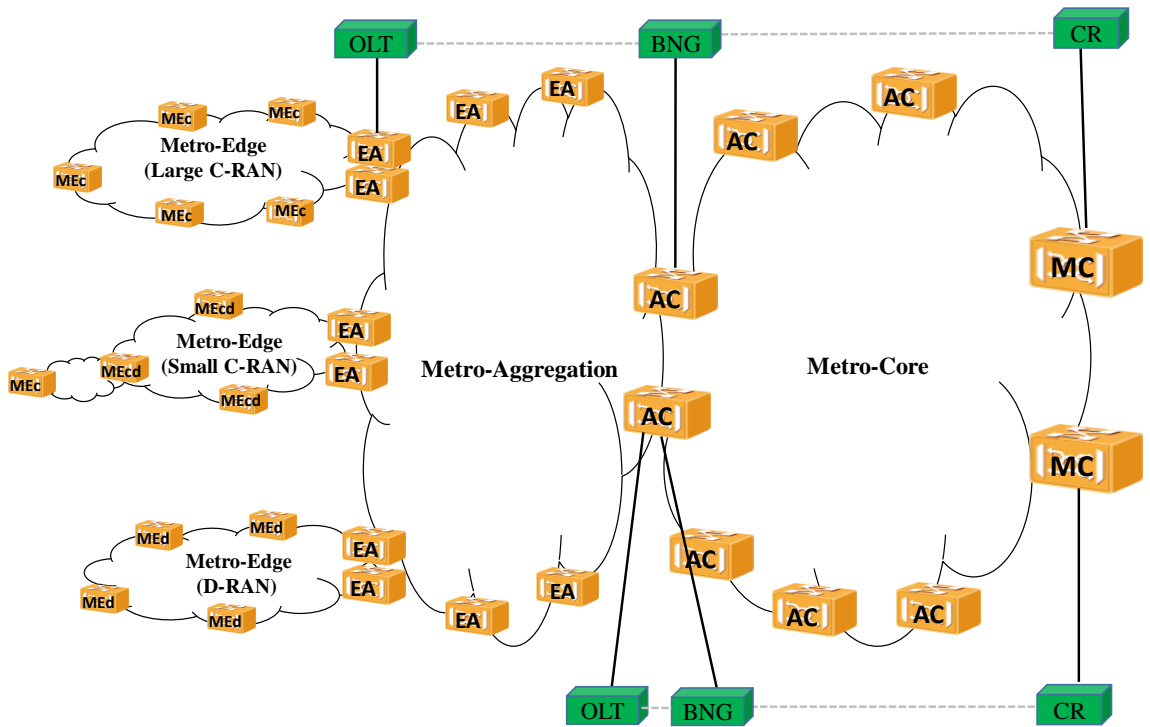


図 8-4 - 5G クライアントネットワークエレメントと接続される場合の OTN ネットワークアーキテクチャ



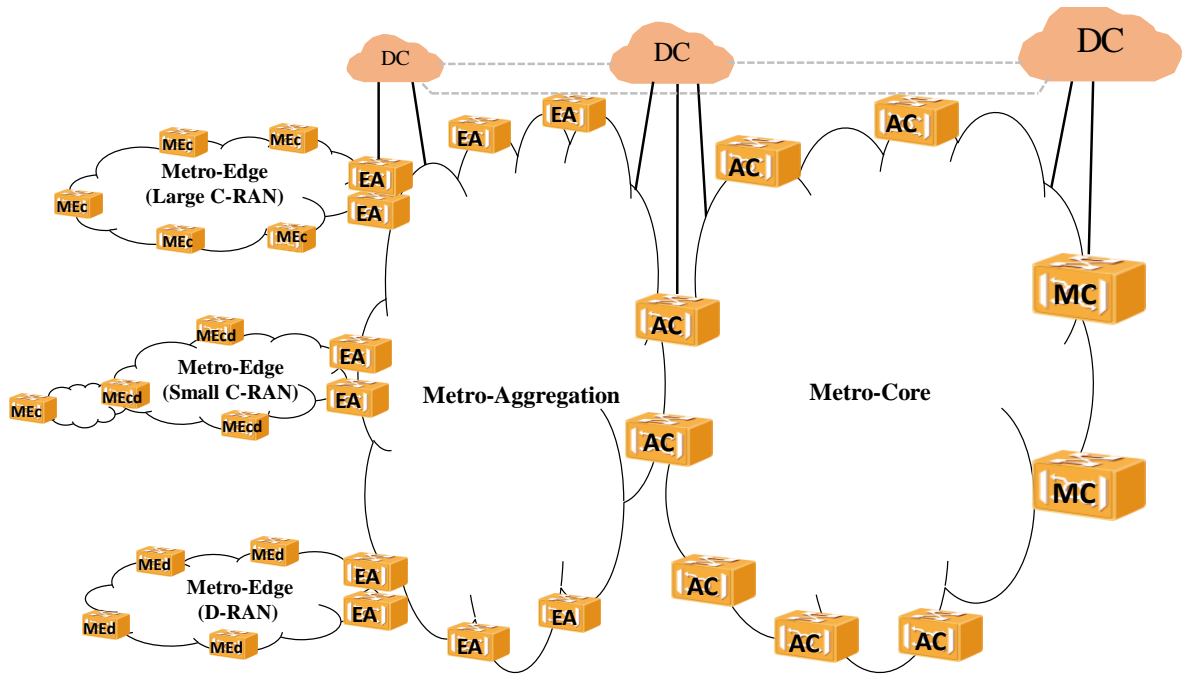
ME: Metro-Edge, EA: Edge-Aggregation, AC: Aggregation-Core, MC: Metro-Core

図 8-5 - 4G クライアントネットワークエレメントと接続される場合の OTN ネットワークアーキテクチャ



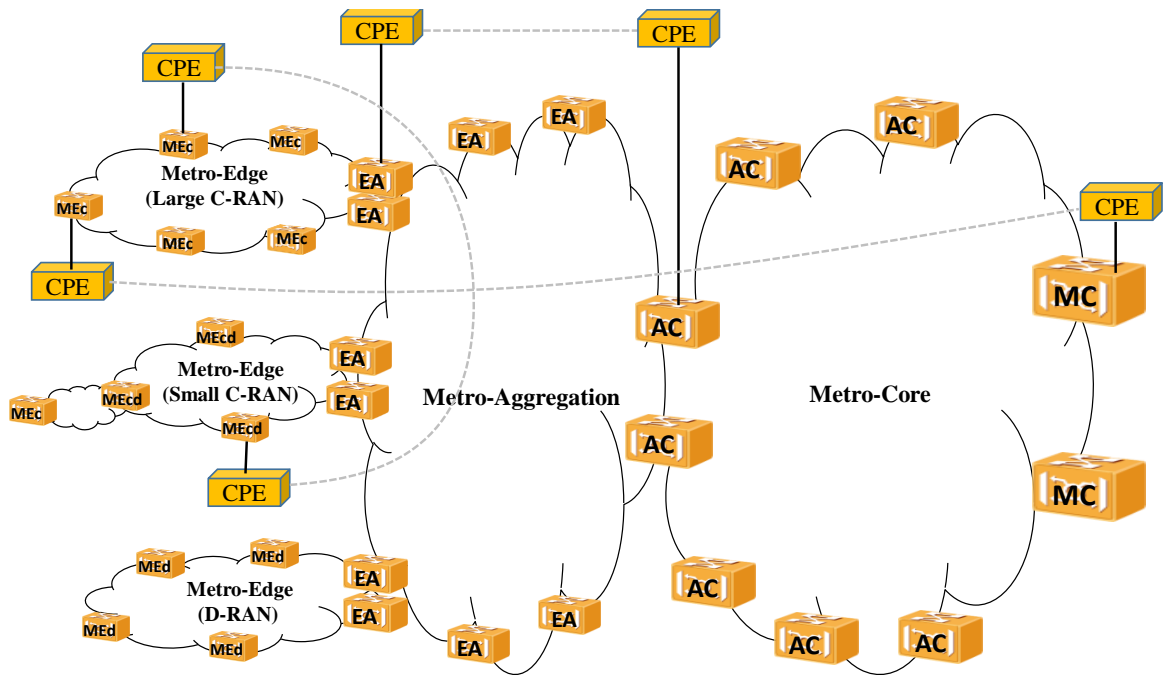
ME: Metro-Edge, EA: Edge-Aggregation, AC: Aggregation-Core, MC: Metro-Core

図 8-6 - ブロードバンドクライアントネットワークエレメントと接続される場合の OTN ネットワークアーキテクチャ



: Metro-Edge, EA: Edge-Aggregation, AC: Aggregation-Core, MC: Metro-Core

図 8-7 - データセンタークライアントネットワークエレメントと接続される場合の OTN ネットワークアーキテクチャ



: Metro-Edge, EA: Edge-Aggregation, AC: Aggregation-Core, MC: Metro-Core

図 8-8 - 専用線クライアントネットワークエレメントと接続される場合の OTN ネットワークアーキテクチャ

図 8-9 および図 8-10 は、5G におけるフロントホール、ミドルホール、およびバックホールドメインと、OTN ネットワークにおけるメトロエッジ、メトロアグリゲーション、およびメトロコアドメインとの間の関係を示す。

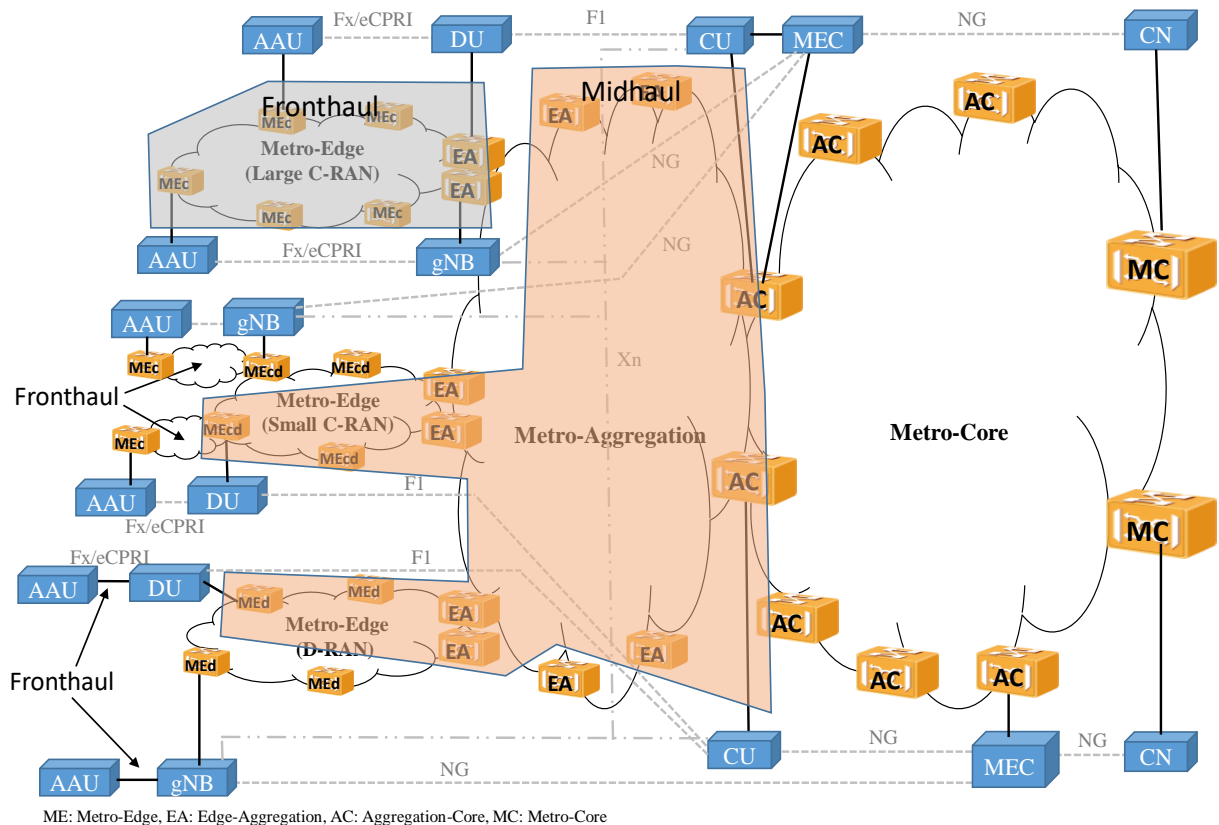


図 8-9 - OTN ネットワークドメインとの 5G フロントホールおよびミドルホールドメインの関係

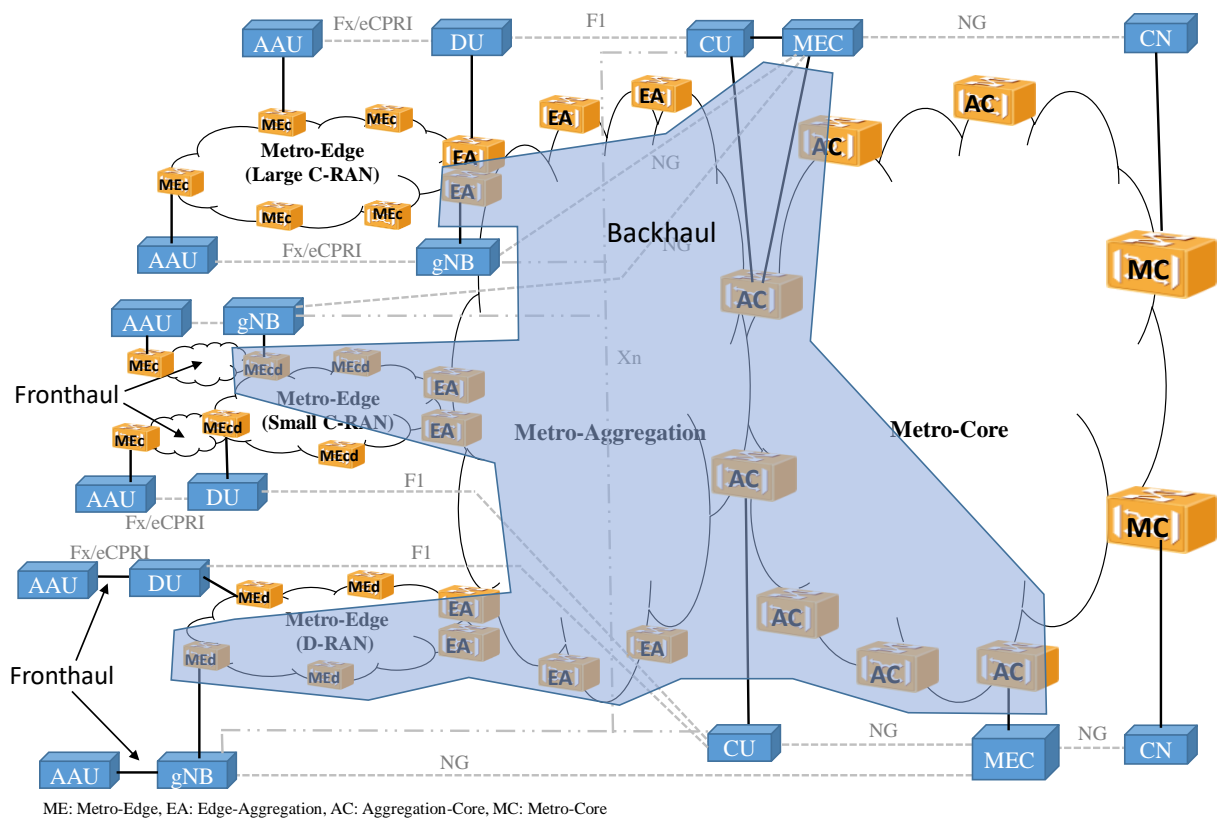


図 8-10 - 5G バックホールドメインと OTN ネットワークドメインの関係

8.3.1 OTN メトロコアネットワークドメイン

OTN メトロコアネットワークドメインは、光メッシュネットワークトポロジ、光リングネットワークトポロジ、またはハイブリッドメッシュおよびリングネットワークトポロジの場合が考えられる。伝送距離

は、20km～450km であると仮定する。メトロコア間のドメイン境界におけるビットレート要件は、約 $N \times 100\text{Gbit/s}$ である。

OTN メトロコアネットワークドメインでは、100G、200G および 400G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709] / [ITU-T G.709.2] に規定されている OTU4-SC、および [ITU-T G.709] / [ITU-T G.709.3] に規定されている OTUC1/FlexO-1-SC, OTUCn/FlexO-1-SC-n, OTUC2/FlexO-2-DSH, OTUCn/FlexO-2-DSH-m ($m = \lfloor n/2 \rfloor$), OTUC4/FlexO-4-DSH, OTUCn/FlexO-4-DSH-m ($m = \lfloor n/4 \rfloor$) がある。また、[ITU-T G.698.2] に規定されている 100G および今後規定される 200G および 400G アプリケーションコードが適用可能である。

8.3.2 OTN Metro-Aggregation ネットワークドメイン

OTN メトロアグリゲーションドメインは、ポイントツーポイント光ネットワークポロジ、またはリングベースの光ネットワークポロジを展開することができる。伝送距離は、メトロエリアでは 5km から 20km であり、地方エリアでは 5km から 40km であると仮定する。光リングの中で最長光路を通ると、これらの値は 40km と 80km にそれぞれ倍増する。ドメイン境界における OTN ネットワークエレメント間のビットレート要件は、約 $100\text{Gbit/s} \sim 200\text{Gbit/s}$ である。

ポイントツーポイント接続シナリオでは、100G、もしくは 200G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709] に規定されている OTU4、および [ITU-T G.709] / [ITU-T G.709.1] に規定されている OTUC1/FlexO-1-RS-1, OTUC2/FlexO-2-RS-1, OTUC2/FlexO-1-RS-2 がある。また、[ITU-T G.959.1] の光トリビュタリ信号クラス NRZ 25G および PAM4 50G アプリケーションコード 4I1-9D1F, 4L1-9C1F, 4L1-9D1F, 8R1-4D1F, 4I1-4D1F および 8I1-4D1F が適用可能である。

次に、光リングネットワークの場合のシナリオについて記載する。図 8-11 は、メトロコアドメインとメトロアグリゲーションドメインの境界にある一対の OTN ネットワークエレメントを示す。この OTN ネットワークエレメントは、図では、4つの光メトロアグリゲーションリングに接続されており、各リングは、メトロアグリゲーションドメインとメトロエッジドメインの境界にある4つから6つの OTN ネットワークエレメントに接続されている。なお、リングネットワークのビットレートは、 $400 \sim 1200\text{Gbit/s}$ の範囲である。

この場合、100G、もしくは 200G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709], [ITU-T G.709.2] に規定されている OTU4-SC、および [ITU-T G.709] / [ITU-T G.709.3] に規定されている OTUC1/FlexO-1-SC, OTUC2/FlexO-1-SC-2, OTUC2/FlexO-2-DSH がある。 [ITU-T G.698.2] の 100G および将来の 200G アプリケーションコードが適用可能である。

OTN インタフェースのビットレートと同じオーダのビットレートを有するデータセンタ間接続は、通常、OTN 光レイヤを介して直接行われる場合がある。

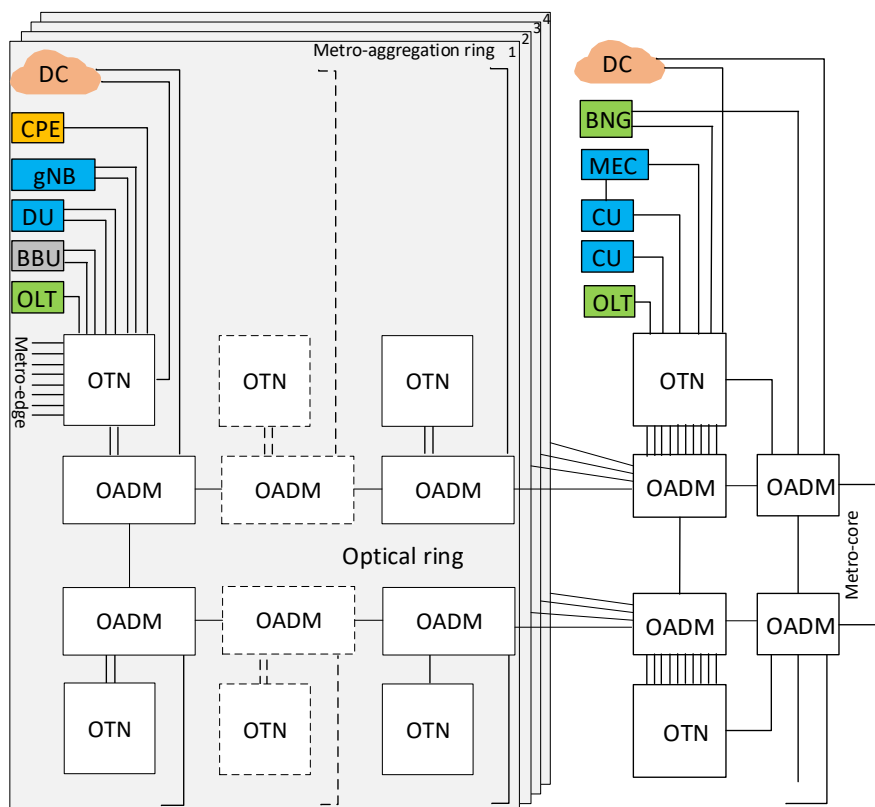


図 8-11 – メトロコアドメイン境界の OTN ネットワークエレメントのペアと、メトロエッジドメイン境界

8.3.3 OTN メトロエッジネットワークドメイン

8.3.3.1 OTN 大規模 C-RAN Metro-Edge ネットワークドメイン

OTN 大規模 C-RAN メトロエッジドメインは、ポイントツーポイント光ネットワークトポロジまたはチェーン接続型の光ネットワークトポロジの展開が可能である。メトロエッジドメインとメトロアグリゲーションドメインの境界にある OTN ノードと、メトロエッジドメインのエッジにある OTN ノード間の光パス（伝送）の距離は、メトロエリアでは 1~5km、地方エリアでは 1~10km であると仮定する。ドメイン境界における OTN ネットワークエレメント間のビットレート要件は、約 100Gbit/s~200Gbit/s である。

ポイントツーポイント接続シナリオでは、100G、もしくは 200G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709] に規定されている OTU4、および [ITU-T G.709]/[ITU-T G.709.1] に規定されている OTUC1/FlexO-1-RS-1, OTUC2/FlexO-2-RS-1, OTUC2/FlexO-1-RS-2 がある。また、[ITU-T G.959.1] の光トリビュタリ信号クラス NRZ 25G および PAM4 50G アプリケーションコード 4I1-9D1F, 4L1-9C1F, 4L1-9D1F, 8R1-4D1F, 4I1-4D1F および 8I1-4D1F が適用可能である。

図 8-12 に示すチェーン接続のシナリオでは、（最大）5 つの大規模 C-RAN メトロエッジチェーンに接続され、それぞれがメトロエッジドメインの境界にある 6 つの OTN ネットワークエレメントに接続されたメトロアグリゲーションドメインとメトロエッジドメインの境界にある OTN ネットワーク要素を示す。

チェーンネットワークのビットレートは、700bit/s~1000Gbit/s の範囲である。

この場合、100G、もしくは 200G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709], [ITU-T G.709.2] に規定されている OTU4-SC、および [ITU-T G.709]/[ITU-T G.709.3] に規定されている OTUC1/FlexO-1-SC, OTUC2/FlexO-1-SC-2, OTUC2/FlexO-2-DSH がある。また、[ITU-T G.698.2] の 100G および将来の 200G アプリケーションコードが適用可能である。

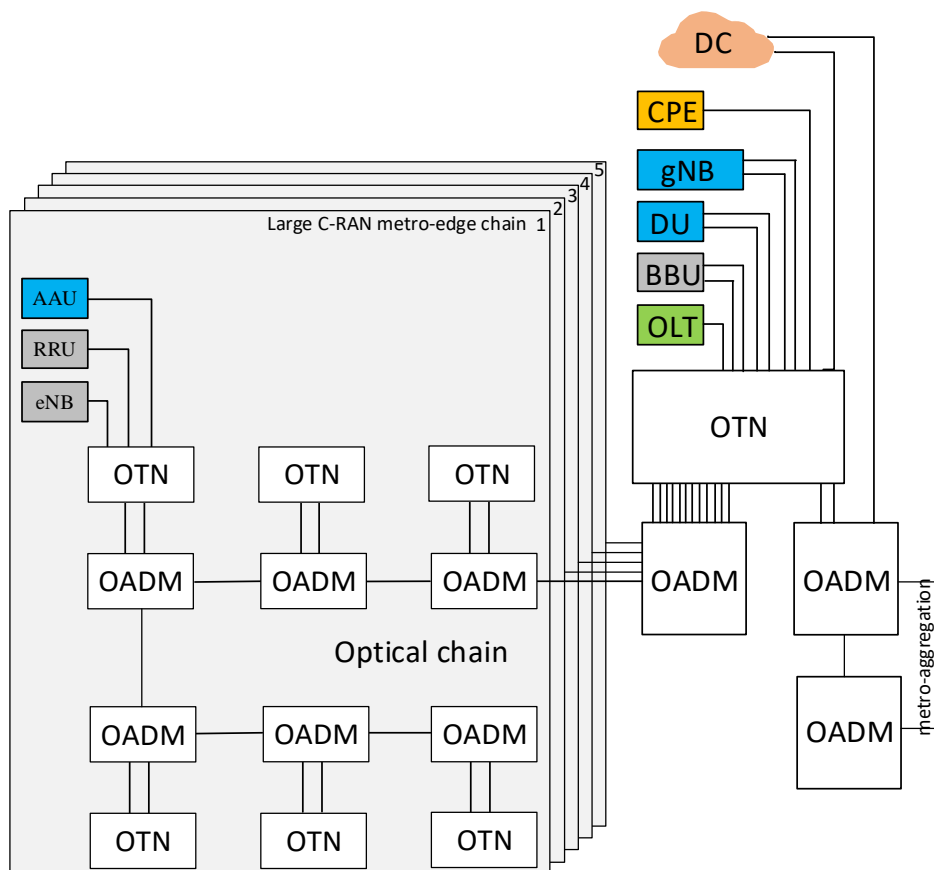


図 8-12 - メトロアグリゲーションドメインとメトロエッジドメインの境界にある OTN ネットワークエレメントをメトロエッジドメインの境界にある 6 つの OTN ネットワークエレメントと相互接続した大規模 C-RAN メトロエッジチェーン

8.3.3.2 小規模 C-RAN Metro-Edge ネットワークドメイン

小規模 C-RAN メトロエッジネットワークドメインでは、光レイヤネットワークは存在しない。

OTN 小規模 C-RAN メトロエッジドメインの OTN ノードは、メトロアグリゲーションの境界にある OTN ノードとポイントツーポイント接続のファイバを介して相互接続される (図 8-13 参照)。伝送距離は、メトロエリアでは 1~5km であり、地方エリアでは 1~10km であると仮定する。ドメイン境界における OTN ネットワークエレメント間のビットレート要件は、約 25Gbit/s~50Gbit/s である。

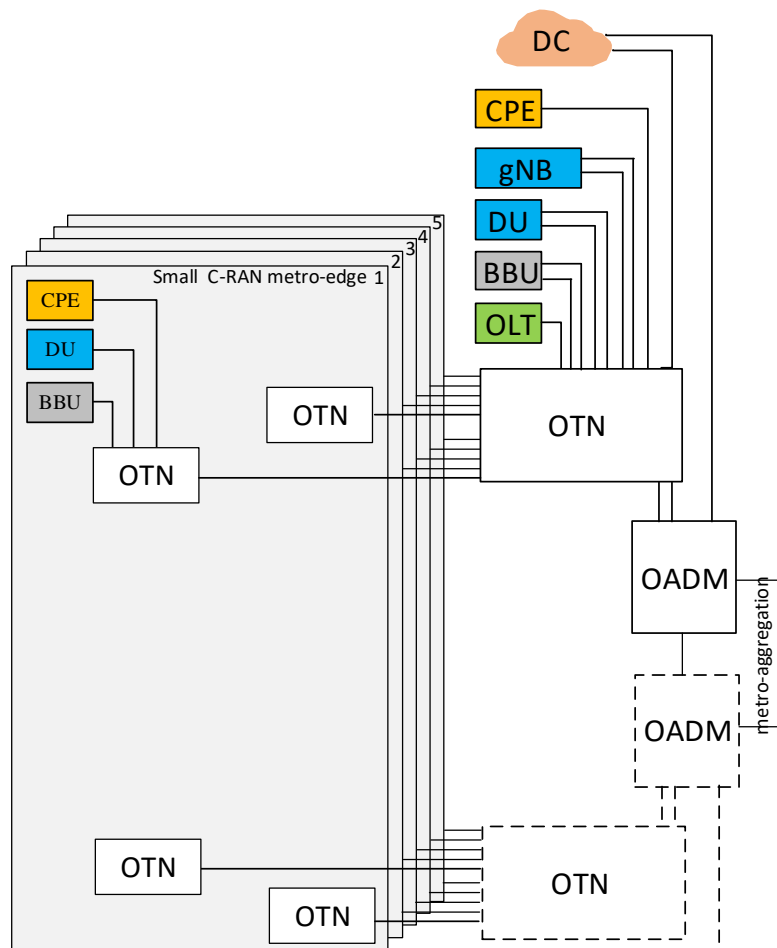


図 8-13 - 小規模 C-RAN メトロエッジの OTN ノードとメトロアグリゲーションドメインの OTN ノード間の接続

P2P 接続シナリオでは、10G、もしくは 100G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709] に規定されている OTU4、および [ITU-T G.709]/[ITU-T G.709.1] に規定されている OTUC1/FlexO-1-RS-1 がある。また、[ITU-T G.959.1] の光トリビュタリ信号クラス NRZ 10G およびマルチチャネル NRZ 25G アプリケーションコードが適用可能である。

備考：本シナリオでは、現在標準化が進められている 25G および 50G OTN インタフェースを活用する場
合が好ましいと考えられる。

8.3.3.3 D-RAN Metro-Edge ネットワークドメイン

OTN D-RAN メトロエッジドメインの OTN ノードは、メトロエッジの MPLS-TP/Ethernet Packet over OTN リングを介して、メトロアグリゲーションの境界にある OTN ノードと接続される (図 8-14 参照)。

D-RAN メトロエッジネットワークのリング内において隣接する OTN ノード間の光経路 (伝送) 距離は、メトロエリアでは 1~5km であり、地方エリアでは 1~10km であると仮定する。ドメイン境界における全ての OTN ネットワークエレメント間のビットレート要件は、約 25Gbit/s~50Gbit/s である。

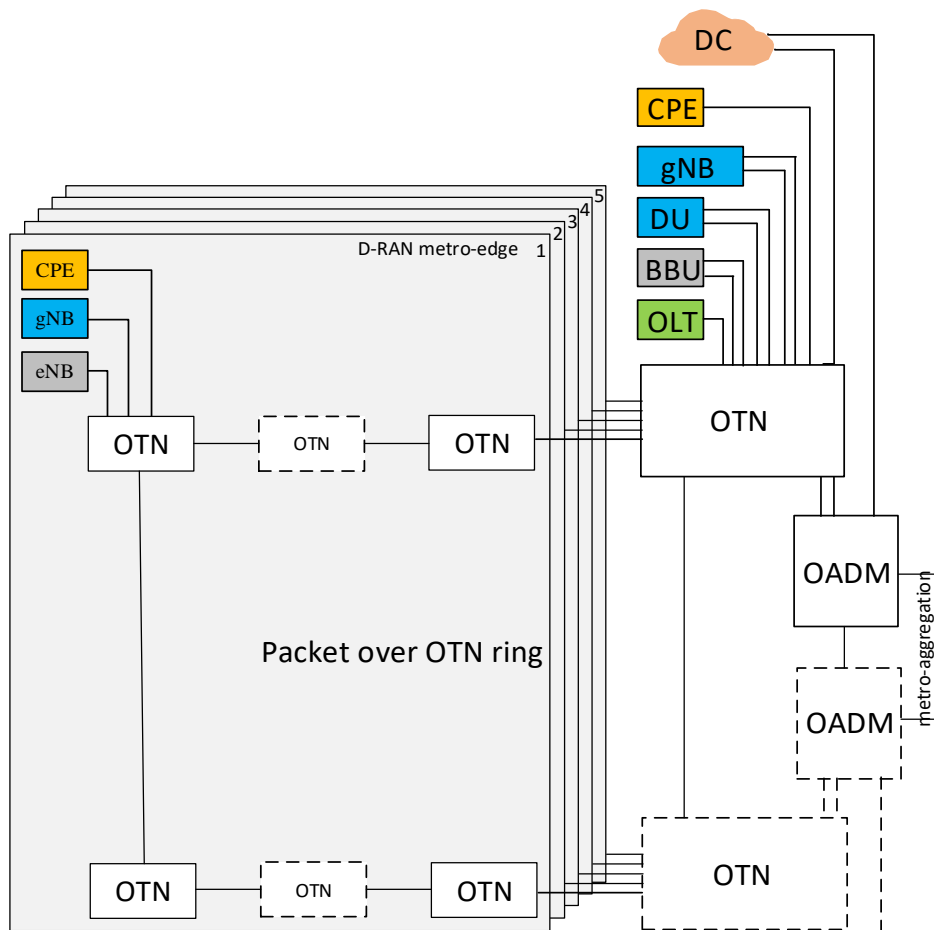


図 8-14 - D-RAN メトロエッジの OTN ノードとメトロアグリゲーションドメインの OTN ノード間の接続

“Grey”リングシナリオでは、10G、もしくは 100G OTN インタフェースが使用可能であり、インタフェースのフォーマットとしては [ITU-T G.709] に規定されている OTU4、および [ITU-T G.709]/[ITU-T G.709.1] に規定されている OTUC1/FlexO-1-RS-1 がある。また、[ITU-T G.959.1] の光トリビュタリ信号クラス NRZ 10G およびマルチチャネル NRZ 25G アプリケーションコードが適用可能である。

備考：本シナリオでは、現在標準化が進められている 25G および 50G OTN インタフェースを活用する場
合が好ましいと考えられる。

9. OTN におけるネットワークスライシングサポート

OTN は、ODUk もしくは ODUflex ベースのスライストンネル、および [ITU-T G.798] に定義された ODUP/<client>_A functions といったクライアントレイヤのスイッチング機能を活用して、ネットワークスライシング機能を提供可能である。なお、クライアントとしては、SDH VCn、イーサネット（登録商標）MAC/VLAN (ETH)、MPLS-TP PW/LSP 等を含む。

10. OTN ネットワークにおける周波数および時刻同期

5G OTN トランスポートネットワークでは、周波数および位相/時刻同期が、モバイルシステムの無線インターフェースにおける要件をサポートするために必要とされる。本セクションは、5G 同期要件を説明し、OTN トランスポートネットワークのための同期ソリューションを定義する。

10.1 同期化要件

5G モバイル技術に基づいて、すべての AAU の無線インターフェースにおける周波数オフセットは、[3GPP TS 38.104] の表 6.5.1.2-1 に記載されている以下の表における値未満でなければならない。

表 10-1 周波数オフセット要件

BS (Base Station) クラス	精度
広域 BS	±0.05 ppm
中域 BS	±0.1 ppm
ローカルエリア BS	±0.1 ppm

関連する位相/時間同期要件は、[ITU-T G.8271] の表 II.1 及び II.2 に記載されている。

10.2 OTN トランスポートネットワークのための同期ソリューション

周波数および位相/時間同期要件を満たすために、[ITU-T G.8275] において定義されるフルタイミングサポートソリューションが、OTN トランスポートネットワークにおいて使用される必要がある。このソリューションは、クロックサーバとエンドアプリケーションノードとの間のあらゆるノードが、OEC、eOEC、および T-BC クロックをサポートすることを必要とする。

一般的に、周波数参照サーバ PRC/ePRC は、コアネットワーク内に展開され、位相/時間サーバ PRTC/ePRTC は、バックホール、フロントホール、またはミドルホールネットワーク内に展開される。展開位置は、クロックサーバから AAU へのホップ数によって制限され、詳細は [ITU-T G.8271.1] の HRM に記載されている。

周波数同期ソリューションの場合、PRC/ePRC と AAU との間の OTN ノードは、OEC または eOEC の物理レイヤクロックをサポートしなければならない。OEC クロック仕様は [ITU-T G.8262] 及び eOEC 仕様は [ITU-T G.8262.1] に規定され、ネットワーク制限は [ITU-T G.8261] に規定されている。他の関連する勧告は、[ITU-T G.781] 及び [ITU-T G.709] 及び [ITU-T G.709.x] シリーズに定義された同期機能、SSM/eSSM メッセージフォーマット ([ITU-T G.7041]) 及び SSM/eSSM 位相/時間同期ソリューションの場合、PRTC/ePRTC と AAU との間の OTN ノードは、T-BC PTP レイヤクロックをサポートしなければならない。クロック仕様は [ITU-T G.8273.2] に規定されており、ネットワーク制限は [ITU-T G.8271.1] で定義されている。他の関連する勧告では、PTP フルタイミングサポートプロファイル (G.8275.1)、PTP メッセージフォーマット ([ITU-T G.7041])、[ITU-T G.709] シリーズおよび [ITU-T G.709.x] シリーズで定義される PTP メッセージチャネルを規定している。1PPS 位相および時間同期インターフェースは、[ITU-T G.8271] において定義されている。

注記 1 - OEC、eOEC、または T-BC をサポートするために、OTN 光レイヤノードと光プロテクション/レストレーションなしのノードは不要である。これは、これらのノードが OTN 同期ネットワークの精度に影響を及ぼさないためである。

11 5G をサポートするための OTN ネットワークにおける信頼性向上技術

[ITU-T G.873.x] シリーズの勧告は、OTN のためのプロテクションに関する多くのオプションを提供している。

- [ITU-T G.873.1] は、ODU レイヤのための線形サブネットワーク コネクション プロテクションを定義し、OTS および OMS 保守エンティティのための線形プロテクション、個々の OTSi、および OTN のクライアント信号のための SNC/I プロテクションを記述する付録も含む。
- [ITU-T G.873.2] は、ODU レイヤにおける共有リングプロテクションを定義する。
- [ITU-T G.873.3] は、ODU レイヤにおける共有メッシュプロテクションを定義する。

これらの機構のいずれも 5G ネットワークの任意の部分で使用することができるが、フロントホール用のトランスポートネットワークはプロテクションされない(必要な冗長性が無線ネットワークで提供される場合)か、または双方向線形 SNC/N プロテクションを使用することが想定される。一方、ミドルホールおよびバックホール用のトランスポートネットワークでは、ネットワークトポロジおよびオペレータがプロテクションのために展開しようとするネットワークリソースの量に応じて、光レイヤまたは ODU レイヤ、共有リングプロテクションまたは共有メッシュプロテクションのいずれかで線形プロテクションされる。

12. まとめ

既存の OTN は、トランスポート 5G に適用可能なインターフェース、OAM、信頼性向上、および網同期などの機能を提供可能である。