

クラウドサービス環境におけるネットワークアーキテクチャの変遷

The Evolution of Network Architecture in Cloud Service Environments

金子 卓也

要約 BIPROGY グループのクラウドサービスである U-Cloud は、2008 年にサービス提供を開始してから 15 年が経過した。この間、使用機器のメーカー保守サポート終了 (End Of Life) を契機に何度かネットワークアーキテクチャを見直しており、近年では、提供しているサービスが「成熟期」にあるため、サービス提供の安定性、継続性を最重要目的としメーカー保守サポートの終了を契機に基盤更改を行う方針としてきた。そして、サービスを提供するなかで利用顧客からの要求の実現やクラウドサービス継続のための機能の改善に向けて、単なるネットワーク機器の更改に留まらず大きな改造を重ねてきた。2022 年にリングアーキテクチャからスパイン・リーフアーキテクチャへ改造する方針を決定し、2025 年までに改造を完了させるべく、更改作業を進めている。U-Cloud のネットワーク基盤は、このような改造を積み重ねることで、より一層高品質で安定したサービスを提供するクラウドサービス基盤へと進化し続けている。

Abstract It has been 15 years since U-Cloud, the cloud service of the BIPROGY Group, started providing services in 2008. During this period, we have reviewed the network architecture several times at the end of the manufacturer's maintenance support (End of Life) for the equipment we use, but in recent years, the stability of service provision has become more stable as the services we provide are in the "maturity stage". With continuity as the most important objective, we have adopted a policy of renewing the infrastructure upon the end of manufacturer maintenance support. Even within this policy, we have gone beyond simply renewing network equipment to make significant modifications in response to requests made by customers as we provide services and to improve functions important to the continuation of cloud services. We have decided to convert the ring architecture to a spine-leaf architecture in 2022, and are proceeding with the conversion work with the aim of completing it by 2025. By accumulating these modifications, U-Cloud's network infrastructure continues to evolve into a cloud service infrastructure that provides even higher quality and stable services.

1. はじめに

U-Cloud^{*1} が 2008 年にサービス提供を開始してから 15 年が経過し、この間サービスを支える基盤システムも幾度となく更改を重ねてきた。そうした中、クラウドサービス基盤を構成するネットワーク機器が、2017 年にメーカー保守サポートの終了 (End of Life 以降, EOL) を迎え、新たに MiF^{*1}2.1 (Modeled iDC Farm version 2.1) としてネットワーク基盤を刷新した^[1]。この刷新以降、利用顧客に対し継続的に安定したサービスを提供しており、近年では提供しているサービスが「成熟期」の状態にあった。そのため、サービス提供の安定性、継続性を最重要目的としメーカー保守サポートの終了を契機に基盤更改を行う方針を踏まえながらも、単なるネットワーク機器の更改に留まらず、機能、性能、可用性、保守性に対する改善を重ねてきた。

本稿では、U-Cloudのネットワーク基盤環境であるMiFのアーキテクチャとその変遷について解説し、サービス事業者がクラウドサービスに求められるネットワーク基盤について述べる。2章でMiF2.1の概要について述べ、3章で基盤更改の基本方針、4章で更改手順を説明する。5章では現在のネットワーク基盤におけるスパイン・リーフ構成について述べ、6章にて今後の取り組みについて触れる。

2. MiF2.1 ネットワーク概要

MiF2.1 ネットワーク基盤は、仮想化、モジュール化、自動化のコンセプトのもと、ICT基盤上でサービスを提供している。本章では、現在のMiF2.1 ネットワーク基盤について解説する。

2.1 MiF2.1 ネットワーク基盤のコンセプト

U-Cloud サービスを提供するMiF2.1 ネットワーク基盤のコンセプトとして、仮想化、モジュール化、自動化の三つが挙げられる。まず仮想化について、U-Cloud は共有サービスのため、複数のテナント（利用顧客システム）が1台のハードウェア上でネットワークを分割して稼働しており、各サービス提供機器において、VLAN および仮想デバイスといった仮想化技術を用いてテナント毎のルーティングおよび独自のポリシー定義を実現している。

次にモジュール化について、MiF2.1 ネットワーク基盤は、サービスリングモジュールを中心にサービス系システムを収容するモジュール群および、管理リングモジュールを中心に管理系システムを収容するモジュール群から構成されている。各リングモジュールにサービス提供機器をワンアーム型^{*2}で接続するかたちでモジュール化することで、ネットワーク基盤の機能を各モジュール内で完結させられる構成となっている。この特徴は、モジュール化された各サービス提供機器で障害が発生した場合でも、他のサービス提供機器の系切り替えを発生させない高可用性構造と、モジュール単位での機器更改やスケールアウト、スケールアップなどの優れたメンテナンス性をもたらす。また、各サービス提供機器をアプライアンス製品で構成することで、障害時の切替わり時間の短縮や機器交換時間短縮による障害影響時間の極小化および、任意の箇所での冗長機能のタイマーチューニングなどを個別に設定できる基盤構成となっている。

最後に自動化について、運用担当者の手動対応による修正漏れを防ぎ、運用コストを軽減させるため、自動プロビジョニングシステムにて、サーバ、ストレージ、ネットワークの利用顧客テナントを自動的に構築し、極力手動対応しない仕組みを取り入れている。

2.2 MiF2.1 ネットワーク基盤モジュールの役割

前身のMiF2.0 ネットワーク基盤は、シャーシ型機器^{*3}のスロットに各機能モジュール（ファイアウォールカード、ロードバランサカード、L3カード）を搭載して構成しており、密結合だったため新機能の追加や性能面の増強、システム更改やEOL対応といった変化への柔軟性に乏しいアーキテクチャであった。また、各機能モジュールに利用顧客収容数が集中していたため障害時の影響範囲が大きかった。こうした課題を解決するため、MiF2.1 ネットワーク基盤では、柔軟な構成変更（更改/追加/廃止）が行えるモジュラアーキテクチャを採用した（図1）。このアーキテクチャの採用により、障害影響の極小化、復旧時間の短縮、および新サービス対応への柔軟性などのメリットが得られた。

各モジュールの役割について、図中の①～⑬の番号順に本節の 1) ～ 23) で解説する。

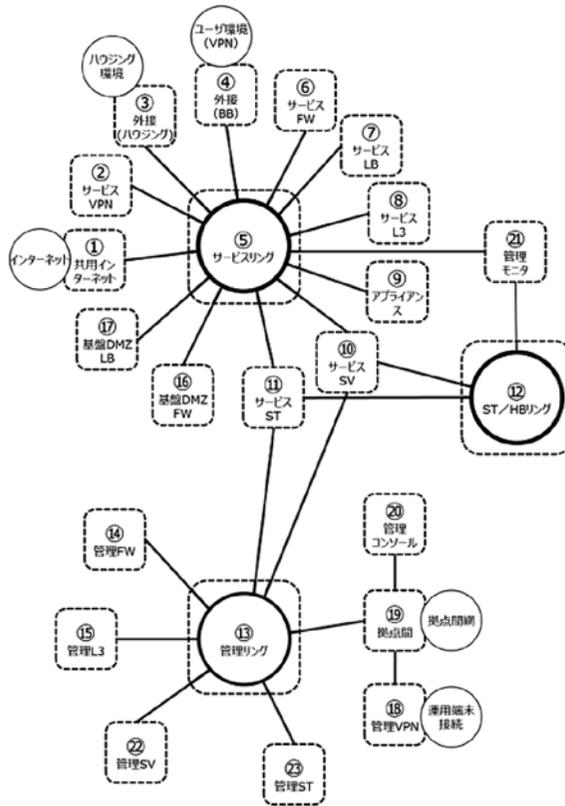


図 1 MiF2.1 ネットワーク基盤モジュール構成

- 1) 共用インターネットモジュールは共用インターネットサービスを提供する
- 2) サービス VPN モジュールはリモート保守用 SSL-VPN サービスを提供する
- 3) 外接（ハウジング）モジュールはイントラネット回線インターフェイスサービスを提供する
- 4) 外接（BB）モジュールはブロードバンド回線セット（インターネット VPN）サービスを提供する
- 5) サービスリングモジュールはサービス系システムの各モジュール，サービス SV モジュール，およびサービス ST モジュールに L2 ネットワーク接続を提供する
- 6) サービス FW モジュールはファイアウォールサービスを提供する
- 7) サービス LB モジュールはロードバランササービス，および SSL アクセラレータサービスを提供する
- 8) サービス L3 モジュールは専用セグメントサービスを提供する
- 9) アプライアンスモジュールは IDS/IPS（不正侵入対策）サービスを提供する
- 10) サービス SV モジュールは仮想サーバサービスを提供する
- 11) サービス ST モジュールはシステムディスクサービス，および外部ストレージサービスを提供する

- 12) ST/HB リングモジュールはサービス SV モジュール間のハートビート通信, およびサービス SV モジュール～サービス ST モジュール間のストレージ通信用の L2 ネットワーク接続を提供する
- 13) 管理リングモジュールは各管理モジュールおよび管理 SV モジュール/管理 ST モジュールに L2 ネットワーク接続を提供する
- 14) 管理 FW モジュールは各管理モジュールにファイアウォール機能を提供する
- 15) 管理 L3 モジュールは各管理モジュールに L3 ルーティング機能を提供する
- 16) 基盤 DMZ FW モジュールは基盤 DMZ の各種サービス (ポータル, 共用ユーティリティ, サービス VPN など) への通信を制御するファイアウォール機能を提供する
- 17) 基盤 DMZ LB モジュールは基盤 DMZ の各種サービス (ポータル, 共用ユーティリティ, サービス VPN など) へのロードバランサ機能を提供する
- 18) 管理 VPN モジュールは基盤をリモートメンテナンスのための管理用 SSL-VPN を提供する
- 19) 拠点間モジュールは MiF2.1 環境のデータセンターと各拠点との接続を提供する
- 20) 管理コンソールモジュールは MiF2.1 環境のネットワーク機器へのコンソールアクセスを提供する
- 21) 管理モニタモジュールは運用管理者向けのネットワークキャプチャ機能を提供する
- 22) 管理 SV モジュールは MiF2.1 環境の基盤管理用サーバ機能を提供する
- 23) 管理 ST モジュールは MiF2.1 環境の基盤管理用ストレージ機能を提供する

2.3 リングアーキテクチャの概要

MiF2.1 ネットワーク基盤では, 2.1 節で述べた通り, 各モジュールを接続するため, リング状の L2 サーキットに各サービス提供機器がワンアーム型で接続されるアーキテクチャとなっている。物理構成において, 各サービス提供機器からリング L2 スイッチへは, リンクアグリゲーション^{*4}による集約インターフェイスで接続されており, 802.1Q による VLAN で多重化されたフレームがやりとりされる。物理経路は, 片方のリング L2 スイッチに通信が集中するため, 各ノード機器側ではインターフェイスによるリンクアグリゲーション機能にて, リング L2 スイッチ側では筐体跨ぎによるリンクアグリゲーションを行い, 通信の分散と冗長化を図っている。図 2 に共用インターネット (RT) からサーバ (SV) までの物理経路を示す。

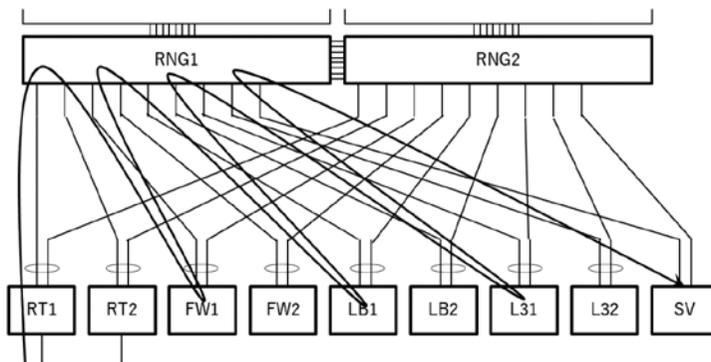


図 2 MiF2.1 の物理経路イメージ

2.4 リングアーキテクチャの特徴

MiF2.1のアーキテクチャの特徴は、リング+ワンアーム構成であることである。これにより、物理構成と論理構成を分離して考えることができ、構成を柔軟に変更できる。本節では、U-Cloudの標準的な構成を利用中のテナントに、ロードバランササービスを追加するケースを例示する。標準的な構成とは、図3に示す以下の四つのサービスである。

- ・インターネットルータ（共用インターネットサービス）
- ・ファイアウォール
- ・L3スイッチ（専用セグメント）
- ・サーバ

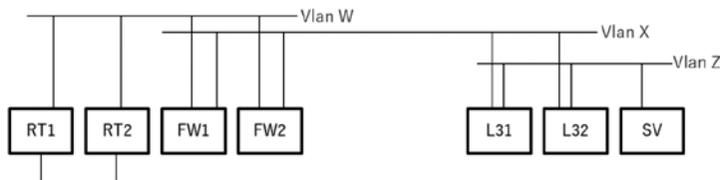


図3 U-Cloudの標準的な論理構成

この構成にロードバランササービスを追加して図4のようにするには、以下1)～8)の変更を実施する。

- 1) ロードバランサの構築
- 2) ロードバランサにてVLAN X向けインターフェイス設定
- 3) ロードバランサにてVLAN Y向けインターフェイス設定
- 4) ロードバランサにてサーバ向けルート設定 (NextHop: L3)
- 5) ロードバランサにて外部向けルート設定 (NextHop: FW)
- 6) L3スイッチにてVLAN Y向けインターフェイス設定
- 7) ファイアウォールにてサーバ向けルート変更 (NextHop: L3 → LB)
- 8) L3スイッチにて外部向けルート変更 (NextHop: FW → LB)

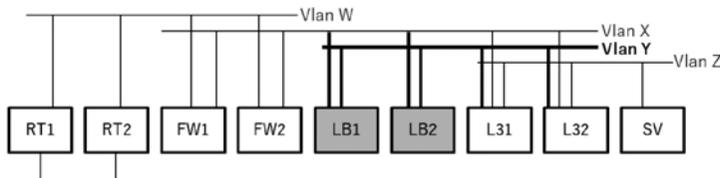


図4 ロードバランサ追加時の論理構成

ロードバランサは、MiF2.1の標準サービスであるため、仮想ロードバランサが事前に用意されており、ロードバランサを追加するテナントに対して「作り置きのリソース」を払い出す運用となっている。これにより、自動プロビジョニングの時間短縮と簡素化が実現できる。ま

た、稼働中のテナントにロードバランサを追加する場合、通信断時間となるのは稼働中のファイアウォールおよび、L3 スイッチにおいて利用中のルートを、7) 8) で変更するタイミングのみとなるため、作業時間およびサービスへの影響を軽減することができる。

3. MiF2.1 ネットワーク基盤更改時の満たすべき条件

U-Cloud は、マネージド型クラウドとして、技術サポートやシステム監視などの運用サービスを標準で提供しており、これらのサービスの継続的な利用と安定した運用を維持することが求められている。そのため基盤更改にあたっては、様々なシステムや提供しているサービスに極力影響を与えないよう検討して実施している。本章では、これらの要求事項とそれに対するネットワーク基盤更改時の基本方針について述べる。

3.1 基盤更改における基本方針

1 章で述べた通り、提供しているサービスが「成熟期」にあるため、メーカ保守サポートの終了を契機に、サービス提供の安定性、継続性を最重要目的とした基盤更改を行う方針とし、原則として現行機器の後継機種を選定してきた。しかし、サービスを提供してゆくなかで、トータルのコスト削減が図れる場合や利用顧客からの要望、外部環境の変化などにより、改造が適切と判断した場合には、アーキテクチャの見直しや異機種への変更を検討、実施している。

3.2 自動プロビジョニング機能およびサポートポータルに対する影響への考慮

U-Cloud には、クラウドサービスの運用担当者向けに提供している自動プロビジョニング機能と、利用顧客向けに提供しているサポートポータル機能がある。自動プロビジョニング機能は、新規テナント追加時や、ネットワーク構成変更時にネットワーク機器の設定変更を自動的に行う機能で、運用業務の効率化によるコスト削減や品質向上に寄与しており、またネットワークリソース管理のデータベース化など重要な機能を保有している。サポートポータル機能は利用顧客自身がサポートポータル Web 画面からファイアウォールやロードバランサの設定を変更できるようにする機能である。そのため、ファイアウォールやロードバランサの更改にあたっては、利用顧客に継続して機能を提供できるよう最低限の改修に留める。このように、EOL によるネットワーク機器の機種変更や、アーキテクチャの最適化による構成変更を行う際は、自動プロビジョニングシステムやサポートポータル機能といった連携対象システムの修正負担や、運用変更への負担など、サービスへの影響を極力与えないよう考慮する。

3.3 改善要求への対応

メーカ保守サポート終了によるネットワーク機器の変更やアーキテクチャの最適化を主たる目的としているため、大幅な機能追加やアーキテクチャの変更は行わないが、現行のネットワーク基盤で要望の出ている改善要求については、基本方針に反しない範囲でできるだけ実現することとしている。

4. ネットワークアーキテクチャの見直し

MiF2.1 ネットワーク基盤の設計構築では、3 章で述べた基本方針のもと、EOL 機器の後継機種を選定し更改対応を行ってきた。そのなかでもネットワーク基盤における課題やクラウド

サービスの基盤構築に従事している基盤管理者から挙げられた以下の改善要求に対して実現性を検討した。

- 1) 機器増設時における配線工事費用低減および基盤管理者の負担軽減
- 2) 帯域拡張の柔軟性担保

1) について、ネットワーク基盤を収容する現在のラック構成は、各リング L2 スイッチラックから各ノード機器ラックに対し、1本ずつケーブル配線を強いる構成となっており、データセンターなどの大規模なネットワーク基盤に適したファシリティ設計がされていない。そのような課題に対し、ネットワーク機器間の配線方法の検討、設備追加や撤去時の作業効率の改善、サービス変更や追加時のリードタイムの短縮を目的とした見直しを行った。

次に 2) について、MiF 基盤のサーバは、物理サーバ上に多数の仮想サーバやゲスト OS を稼働させる構成となっており、近年では物理サーバのスペック向上により、仮想サーバの集約率が上昇した結果、物理サーバのネットワークインターフェイスカード（以降、NIC）の通信量が増加傾向にある。現在でも十分な帯域を確保してはいるものの、この先のデータ通信量の増加を課題と捉え、さらなる拡張ができる構成を取り入れた。

本章では、これらの課題解決に対し改善した取り組みについて述べる。

4.1 ラック間配線の改善

ファシリティの課題の解決策として、現在、データセンターなどの大規模なネットワークでラック間の配線に最も広く使用されている ToR（トップオブラック）アーキテクチャに変更した。ToR とは、ネットワークトポロジー概念のひとつで、通常各ラックの中に 1 台～2 台程度の L2 スイッチを配置し、そこからラック内のサーバに配線する方法であり、アップリンクポート^{*5}は上位スイッチに接続される。通常はラックの最上部にスイッチを設置することが多いため、Top of Rack という名称になっている。

U-Cloud のサーバ構成は、1 台のサーバから各リング L2 スイッチ（3 リング）に 2 本ずつのケーブル配線を要する。現状のラック構成の場合、敷設するケーブルの本数はサーバラック内で 6 本、サーバラックから各リング L2 スイッチ間のラック間配線で 6 本、各リング L2 スイッチラック内で 6 本の計 18 本に、導入するサーバの台数を乗じた数となる。ToR なら、ラック内に配置したスイッチから上位スイッチとのラック間の配線はサーバ台数に依らず一定となるため、ラック内のスイッチとサーバを配線するのみの接続となる。サーバラック内の配線のみとなった結果、サーバ 1 台あたりの配線を 18 本から 6 本に削減することができる。これによりケーブル量が減少し、配線スペースや配線コスト、メンテナンスコストを削減することができる。

4.2 リングアーキテクチャの変更

現在、U-Cloud で導入している物理サーバは一部の機器が EOL となっており、当該機器に関しては次期サーバとしてラックマウントサーバを導入する計画になっている。現在、販売されているデータセンター用のサーバやストレージには広帯域なインターフェイスが標準で装備されているため、本章 2) の課題に対する解決策として、広帯域なインターフェイスを使用し

た接続による帯域の増強が望まれていた。しかし、現在のリング L2 スイッチのハードウェアスペックではサポートしておらず実現が難しい。これらの解決策として、サーバラック内に広帯域なインターフェイス接続に対応したリーフスイッチを配置し、サーバやストレージの性能を最大限に使用して柔軟に帯域の増強ができるネットワークインフラへと基盤更改を実施した。同時に、現状のリングアーキテクチャから、データセンターなどの大規模ネットワークで主流となっているスパイン・リーフアーキテクチャへと改造を進めている。

5. リングアーキテクチャからスパイン・リーフ構成への改造

本章では、U-Cloud のネットワーク基盤におけるスパイン・リーフ構成について述べる。スパイン・リーフ構成とはスパインスイッチとリーフスイッチの 2 階層のメッシュ構成にて接続するものである。リーフスイッチにはサーバ、ストレージ、ネットワークの各ノード機器を接続し、スパインスイッチにはリーフスイッチだけを接続することでリーフスイッチ間のトラフィックを効率的に転送させる。スパイン・リーフ構成の場合、スパインスイッチに L3 の機能を持たせた 2 階層のモデルが主流だが、3 章で述べたネットワーク更改における基本方針に準拠し、L3 ネットワーク型のスパイン・リーフのネットワーク構成ではなく、現状と同様な L2 ネットワーク型のスパイン・リーフ構成としている (図 5)。

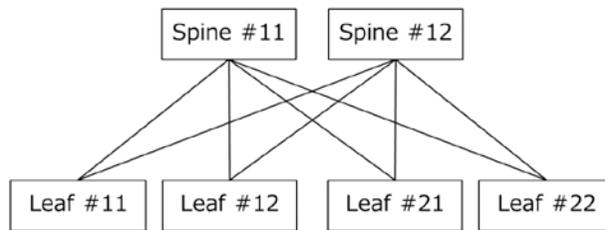


図 5 スパイン・リーフ構成

5.1 U-Cloud ネットワーク基盤のスパイン・リーフ構成

U-Cloud 環境は、2 章で述べた通りリングアーキテクチャのネットワークにて稼働中のため、クラウドサービス提供環境においてアーキテクチャの変更や基盤更改は利用顧客のサービスを停止せずに行うことが望ましい。そのため、現在はリング L2 スイッチにスパイン・リーフスイッチを接続した変則的な構造となっている。

スパイン・リーフ内および、スパインとリング L2 スイッチ間はメッシュ構成で接続し耐障害性を高めている。リーフスイッチは ToR スイッチとしての役割を担い、各ノードとの接続の際は帯域を柔軟に選択できるため、サーバやストレージの通信性能を最大限まで使用することができるようになった。各ノードの新規機器や EOL 対応に伴う後継機器の導入時は、全てリーフスイッチに接続することとし、リング L2 スイッチから旧機器を撤去することで、リングを小さくしながら最終的にはリング構造を廃止し、全てスパイン・リーフ構成とする計画で更改を進めている (図 6)。

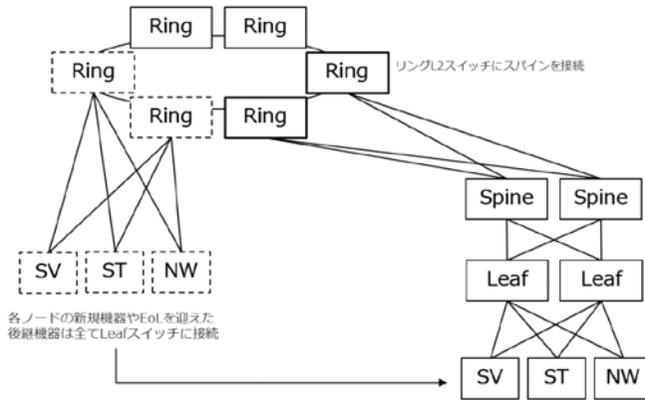
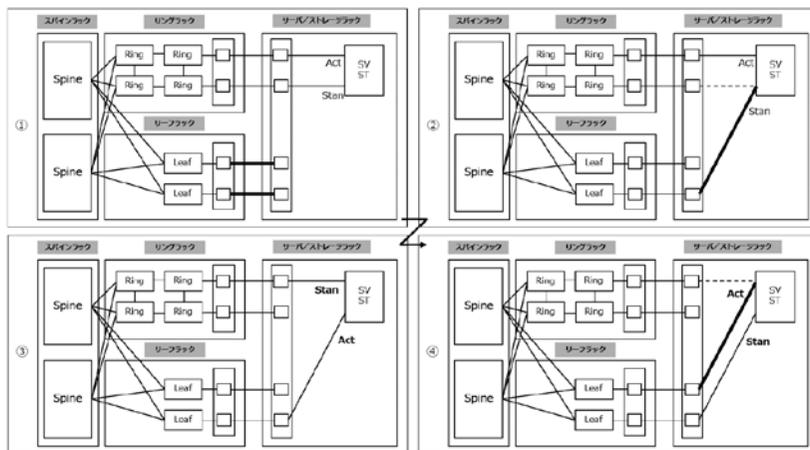


図6 リングL2スイッチとの接続構成

5.2 リングL2スイッチからスパイン・リーフへの切り替え

各ノード機器よりも先にリングL2スイッチがEOLを迎えるケースがある。その場合、各ノード機器が設置されているラックにリーフスイッチを配置し、各ノード機器はそのリーフスイッチに接続替えする構成が望ましいが、リーフ構成では多くのスイッチを用いるため、リングL2スイッチのEOL対応に限っては、サーバを一旦他ラックのポート使用率が低いリーフスイッチへ接続することで実施している。スパイン・リーフへの切り替えは、サーバNICのチーミングを切り替えながら行うことで、利用顧客に影響を与えずに完了できる。図7で切り替え手順を例示する。



- ① リーフラック～サーバ (SV)/ストレージ (ST) ラック間の配線を行う
- ② サーバ (SV)/ストレージ (ST) のスタンバイ側のケーブルをリーフに繋ぎ変える
- ③ NIC チーミングでアクティブ/スタンバイを切り替える
- ④ サーバ (SV)/ストレージ (ST) のアクティブ側のケーブルをリーフに繋ぎ変え NIC チーミングでアクティブ/スタンバイを切り戻す

図7 切り替えイメージ

6. 更なる取り組み

クラウドサービス事業者にはクラウドサービスを安全に利用させるための情報セキュリティ対策が不可欠であり、U-Cloudにおいても、多岐にわたるセキュリティ強化対策を実施している。本章では、そのなかでも外部環境への対応として、不正アクセス対策および転送データの暗号化対策について述べる。

6.1 SSL-VPN 認証のセキュリティ強化

U-Cloud では、共有インターネットを経由した SSL-VPN 接続によるリモート保守用サービスを提供している。SSL-VPN は、専用のソフトを使用せず Web ブラウザさえあればリモートアクセスができるため、利便性、簡易性の面で優れている一方、ID/パスワードが分かれば第三者がどこからでも容易に不正アクセスできてしまう。その対策として、VPN 装置が生成する OTP (One Time Password) を Email で送信する二段階認証サービスの機能を採用している。通常の ID/パスワードによる認証とワンタイムパスワードを組み合わせることで、通常のログイン情報が漏洩してもワンタイムパスワードがセキュリティの歯止めとして機能し、他からの不正アクセスを防ぐことができる。

6.2 SSL/TLS (TLS1.3) によるデータ暗号化の強化

U-Cloud では、SSL による暗号通信でデータの暗号化、復号化を行うために、SSL アクセラレータのサービスを提供している。現在では、常時 HTTPS 通信化という流れで、U-Cloud のサービス利用顧客においても、SSL/TLS を利用する Web 通信の割合が増えており、非常に重要なプロトコルとなっている。U-Cloud では、サーバの暗号化通信に関わるセキュリティ基準として、政府のセキュリティ基準となる CRYPTOREC に沿って作成された情報処理推進機構 (IPA) の SSL/TLS 暗号設定ガイドライン^[2]を基に方針を選定している。2020 年 7 月に更新された同ガイドライン^[3]では、「高セキュリティ型」「推奨セキュリティ型」「セキュリティ例外型」の 3 段階の設定基準が記載されている。そこには、安全性の低いプロトコルバージョンである TLS1.0 と TLS1.1 は、推奨セキュリティ型への移行完了まで暫定運用を想定した「セキュリティ例外型」で、継続利用せざるを得ない場合のみ利用可能で一般的には利用不可となっている。TLS1.2 と TLS1.3 は、「高セキュリティ型」と「推奨セキュリティ型」で必須またはオプションで利用可能とすることを推奨している。U-Cloud においても、このような要求に対し SSL アクセラレータの EOL を契機に、TLS1.3 に対応している装置を導入し、従来から対応している TLS1.2 だけでなく、TLS1.3 の暗号化通信も有効化し、かつバージョンが新しいものから順に接続できるよう優先度を高くして対策している。

また、プロトコルのバージョンだけでなく暗号スイートについても見直しが行われ、TLS1.2 に対しても PFS (Perfect Forward Secrecy) を有する鍵交換方式 (ECDHE, DHE) を含む暗号スイートのみの使用が強く推奨されている。最新の TLS1.3 では、既定で PFS を有する鍵交換方式のみが採用されており、今後、鍵交換方式が満たすべき標準になると考える。現在、広く普及しサーバ証明書で鍵長をコントロール可能な RSA 方式での鍵交換については、PFS を有していないという理由で「推奨セキュリティ型」の設定基準から除外されている。今後の予定としては、これら各種標準の指針に準拠し、RSA 交換鍵方式を廃止するなどの推奨される暗号方式のみに限定するといった取り組みを進めてゆく。

7. おわりに

MiF2.1 ネットワーク基盤の更改にあたり、サービス利用者に対し安定したサービスを継続的に提供するための高可用性構造や、安心してご利用いただくためのセキュリティ対策など、クラウドサービス継続に資するアーキテクチャの改善や採用している機能について紹介した。

U-Cloud では、複数のデータセンターにてサービスを展開しており、本稿に記した内容は、一拠点のデータセンターにて基盤更改を行った内容である。今後、他のデータセンターに対しても、これらの取り組みを取り入れ、サービス利用者がより一層安全に、安心してご利用いただけるクラウドサービスを目指し発展させてゆく。

最後に、本稿執筆にあたりご協力、ご指導いただいた全ての皆様に深く感謝し、御礼申し上げます。

-
- * 1 U-Cloud, MiF は BIPROGY 株式会社の登録商標である。
 - * 2 ワンアーム型とはネットワークトラフィック経路上に物理的に機器を配置せず、サービスリングなどのスイッチにぶら下げる構成をとり、ルーティングや VLAN 構成でトラフィックを通す経路を選択させる構成を指す。
 - * 3 シャーシ型機器とはイーサネットやファイアウォール、ロードバランサなどネットワークインターフェイスやネットワークサービスを提供するモジュールをシャーシ内に統合的に収容できる機種のことを指す。
 - * 4 リンクアグリゲーションとは複数のネットワークインターフェイスで論理的に一つの仮想インターフェイスを構成する技術である。
 - * 5 アップリンクポートとはトポロジー内における他の高速デバイスにデバイスを接続することや、小規模なネットワークを大規模なネットワークに接続するなど、階層構造の上位に位置するデバイスに接続するために使用されるポートを指す。

- 参考文献**
- [1] 浅井 保行, 「ネットワーク基盤のアーキテクチャ」, ユニシス技報, 日本ユニシス, Vol.38 No.2 通巻 137 号, 2018 年 10 月
 - [2] SSL/TLS 暗号設定ガイドライン, 独立行政法人情報処理推進機構, 2018 年 5 月
<https://www.cryptrec.go.jp/report/archives/cryptrec-gl-3001-2.0.pdf>
 - [3] TLS 暗号設定ガイドライン, 独立行政法人情報処理推進機構, 2020 年 7 月
<https://www.ipa.go.jp/security/crypto/guideline/gmcbt80000005ufv-att/ipa-cryptrec-gl-3001-3.0.1.pdf>

※ 上記参考文献に含まれる URL のリンク先は 2024 年 1 月 29 日時点での存在を確認

執筆者紹介 金子 卓也 (Takuya Kaneko)

2001 年(株)ネットマークスに入社。ネットワーク保守, フィールドエンジニアの業務を担当。2014 年にユニアデックス(株)に転籍入社し, 以降ネットワーク設計, 構築業務を経て, 2018 年から U-Cloud のネットワーク基盤設計に従事。

