

ドコモのサービスを支える 加入者データベース仮想化

ネットワーク開発部

にしだ しん つつみ たくや
西田 慎 筒見 拓也
たかやま かずき ふじもり ゆうじ
高山 一樹 藤森 祐司

ドコモのコアネットワークにおける各種サービスの提供は、サービス制御装置群により支えられている。中でも管理が重要なユーザ（加入者）情報の制御は呼制御部F-SCP／データベース機能部D-SCPと呼ばれる装置で行っている。このたび、D-SCPがEoLを迎えるにあたり、ドコモが近年積極的に進めているネットワーク仮想化をサービス制御装置群にも適用し、仮想化のメリットである信頼性と経済性の向上を達成した後継機装置（vDSCP）の導入を実現した。

1. まえがき

移动通信ネットワークにおいて、ユーザの加入者情報や位置情報を管理し、位置登録や発着信制御を行うHLR（Home Location Register）^{*1}/HSS（Home Subscriber Server）^{*2}機能などを提供する装置を、ドコモではサービス制御装置（SCP：Service Control Point）群と呼ぶ。その中でも、呼制御部をF-SCP（Front end SCP）^{*3}、加入者データベース機能部をD-SCP（Database SCP）^{*4}という装置で実現している [1] [2]。

このたび、商用で運用しているD-SCPのハードウェアがEoL（End of Life）^{*5}を迎えるに伴い、後

継装置の開発が必要となった。

ネットワーク仮想化 [3] に関しては、ドコモは2016年3月にvEPC（virtualized Evolved Packet Core）^{*6}を導入し、その後もコアネットワーク^{*7}装置におけるネットワーク仮想化の適用を進めている。コアネットワーク装置の仮想化適用は、2019年度末時点で約40%となっており、今後も適用を推進していく。

仮想化のメリットとしては、通信サービスの信頼性、およびネットワーク設備の経済性の向上に加え、通信混雑時のつながりやすさの向上、サービスの早期提供が挙げられる（図1①～④）。D-SCPの後継装置もネットワーク仮想化を適用する方針で開発した。

©2020 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

^{*1} HLR：3GPP上で規定される加入者情報の管理機能、および処理機能を有する論理ノード。

^{*2} HSS：3GPP上で規定される加入者情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

^{*3} F-SCP：加入者系サービス制御を行うユニット。F-SCPは呼制御を担当する。

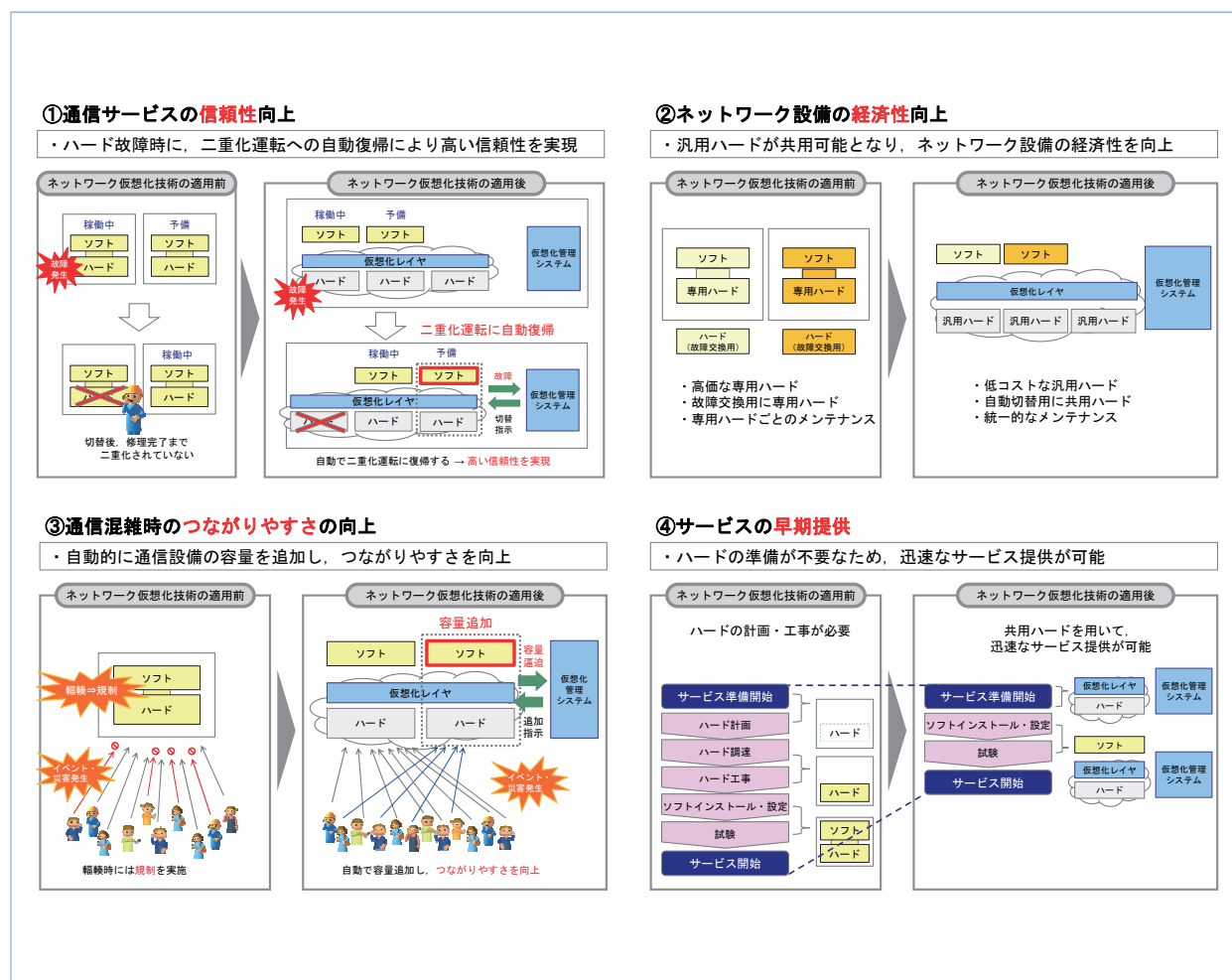


図1 ネットワーク仮想化のメリット

本稿では、D-SCPの後継装置であるvDSCP (virtualized D-SCP)^{*8}導入における装置構成や機能分担の見直し、および、同装置に適用したネットワーク仮想化によるメリット、特に信頼性・経済性の向上を実現した仕組みについて解説する。

2. D-SCP仮想化適用の課題

搭載するハードウェアに依存しないという仮想化の特性上、ハードウェア上に加入者情報をもたないステートレスな機能のほうが仮想化対応を行いやす

い。ドコモでは、F-SCP/D-SCPで加入者情報の制御を実現しているが、F-SCPが加入者情報に括りつかないステートレスな機能であるのに対し、D-SCPは加入者情報の制御をステートフルな機能で実現しており、ハードウェア上に状態を保持している。そのため、故障発生時、運用するD-SCPを切り替えるだけでなく、保持している加入者情報についても引継ぎを行う必要がある(図2)。

加入者情報は移動通信ネットワークにおいて非常に重要であるため、迅速な復旧が必要である。しかし、仮想化を適用したD-SCPに障害が発生した場合、

*4 D-SCP：加入者系サービス制御を行うユニット。D-SCPはデータベース機能を担当する。
*5 EoL：製品・サービスの販売終了やソフトウェアのサポート終了、更新・修正の提供終了を意味する用語。
*6 vEPC：LTEおよび他のアクセス技術向けに3GPPで規定された、IPベースのコアネットワークであるEPCをVMとして機能

するように提供された通信ソフトウェア。
*7 コアネットワーク：交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。
*8 vDSCP：仮想化基盤上で動作するD-SCP。本稿ではVNFとしてのvSSCP/vDSCPを総称する場合にも本名称を用いる。

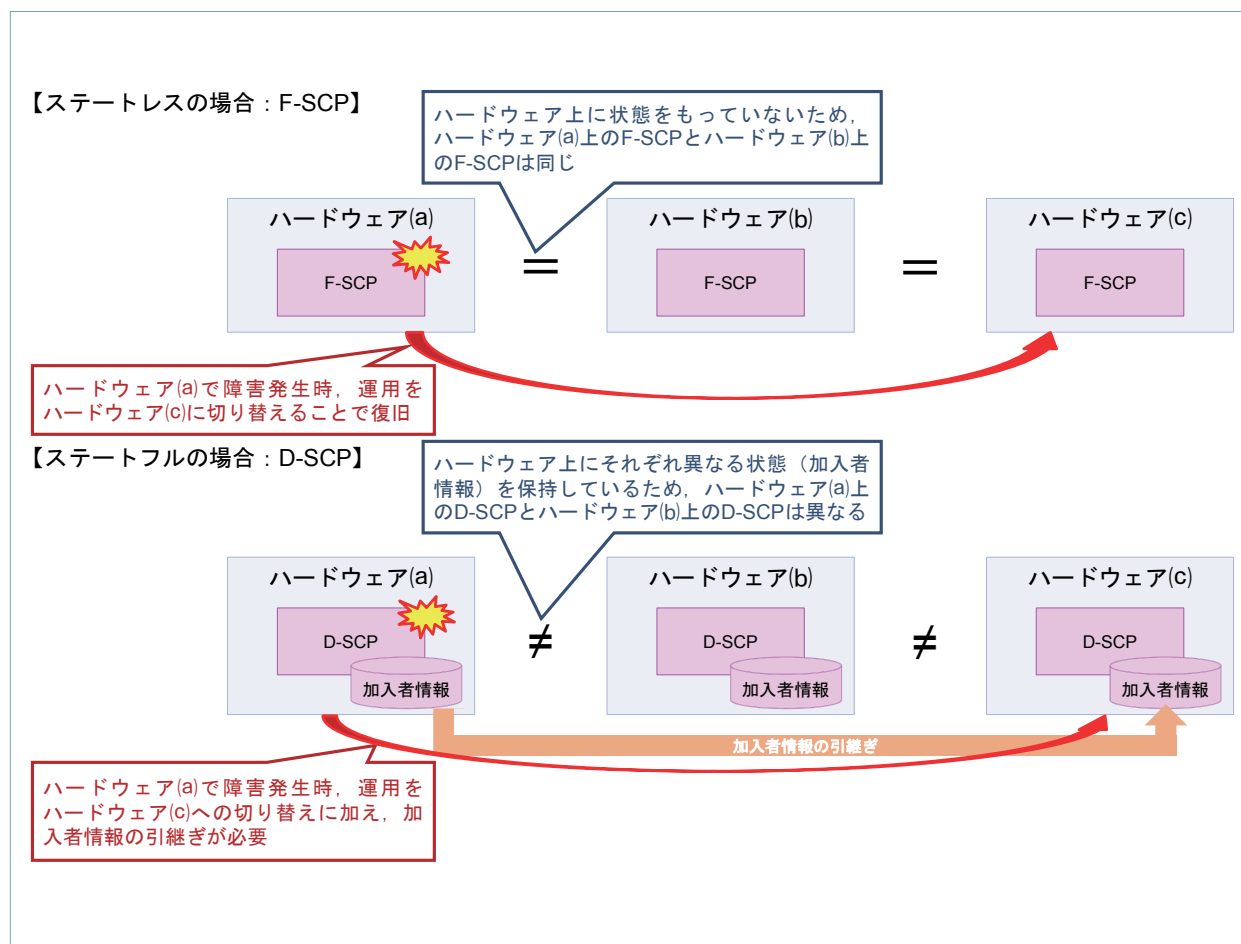


図2 ハードウェア障害発生時の動作概要

膨大な量の加入者情報の同期処理が必要となり、復旧までに時間がかかるという課題が存在する。

今回ドコモでは、一部機能を専用装置にて実現することにより上記課題を解決した。

3. 装置構成

D-SCPおよび仮想化更改後の加入者データベースであるvDSCPのハードウェア構成を図3に示す。vDSCPはSM（Storage/System Manager）^{*9}とDB（DataBase）^{*10}の2つのVM（Virtual Machine）^{*11}で実現している。

- ①vDSCPにおけるSM-VMは、D-SCPのシステム保守運用および装置管理に関するデータを保持するFS（File Server）^{*12}機能の一部（システム保守機能や再開制御）に相当する。SM-VMにより構成されるVNF（Virtual Network Function）^{*13}をvSSCP（virtual SM for SCP）^{*14}と呼び、vSSCPはシステムおよびストレージの管理を行う。
- ②vDSCPにおけるDB-VMは、D-SCPのDBP（Data Base Processor）^{*15}機能に加え、FS機能の一部（システム保守機能やバックアップセンタ（以下、BC）切替制御）を有する。DB-VMにより構成

*9 SM：RAID、ストレージレタの容量を管理する機能。

*10 DB：本稿におけるDBは、呼制御、バックアップ制御、BC切替、リロケーション制御を行う機能を指す。

*11 VM：仮想マシン。

*12 FS：システムの保守運用、装置管理に関するデータを保持し、RAIDへバックアップを行う機能。

*13 VNF：仮想化基盤上で動作するアプリケーションの構成要素。

*14 vSSCP：vDSCPのシステム管理、およびストレージ管理を行う装置。

*15 DBP：加入者情報のデータベース機能。

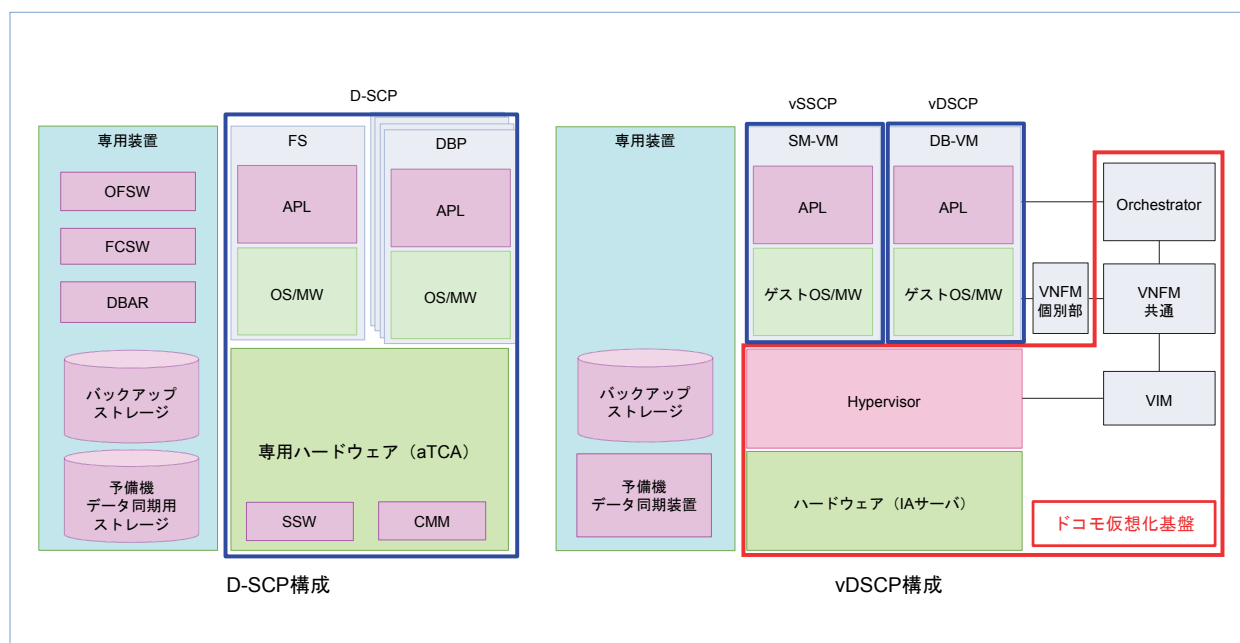


図3 D-SCPとvDSCPのハードウェア構成

されるVNFを狭義のvDSCPと呼び、vDSCPは
呼制御やバックアップ制御、BC切替制御を行
う。

専用ハードウェアや専用装置の一部については、
ソフトウェア化によるアプリケーションとしての実
装や、vL3SW（virtual Layer3 SWitch）^{*16}などの仮
想化ネットワーク側に機能の移行を行った。これに
より、専用ハードウェアの内部スイッチSSW（Shelf
SWitch）^{*17}と専用装置のFCSW（Fibre Channel
SWitch）^{*18}、DBAR（Data Base Access Router）^{*19}
を仮想化し、専用ハードウェアのCMM（Chassis
Management Module）^{*20}、専用装置のOFSW（Open
Flow SWitch）^{*21}の廃止を実現した。

その結果、専用ハードウェアの運用が不要となり、
IAサーバ^{*22}やvL3SWなど汎用製品の他仮想化装置
との共用化や一括調達が可能となり、設備調達費用
および保守費用の効率化が図られたため、ネット
ワーク設備の経済性が向上した。

4. vSSCP（SM-VM）と vDSCP（DB-VM）の機能分担

監視機能部であるSM-VMをデータベース部であ
るDB-VMに従属させない事で、必要に応じSM-VM、
DB-VMの数を柔軟に変更可能な構成をとることが
可能となり、SM-VM障害時もサービス影響を抑止
できる。また、SM-VMは、DB-VM内部構成の違い
を意識せずシステム管理を行うことで、将来的な新
規DB-VM種別追加に対するSM-VM開発影響を極小
化できる。以上から、耐障害性、拡張性双方の観点
で優位性があるため、SM-VMとDB-VMを独立した
VNF（＝ユニット）であるvSSCPとvDSCPとして
分離して機能配備させる方式を採用している。

5. 専用装置の適用

D-SCPの専用装置（バックアップストレージ、予
備機データ同期用ストレージ（HS3^{*23}））で提供し

^{*16} vL3SW：サービスネットワーク装置とのL3接続を行う仮想ス
イッチ。

^{*17} SSW：通信事業者向け次世代通信機器の業界規格であるaTCA
における、FSとDBP間を接続する内部スイッチブレード。

^{*18} FCSW：バックアップストレージとDBPを接続するスイッチ。

^{*19} DBAR：外部対向装置との接続に使用するルータ。

^{*20} CMM：aTCAにおけるシャーシ内管理を行う。

^{*21} OFSW：F-SCPがデータにアクセスする際、該当の加入者デー
タが収容されたDBPへ振り分ける機能をもつスイッチ。

ていた機能は、取り扱うデータの必要容量、および使用用途を考慮し、vDSCPでも仮想化基盤側機能を利用せず、専用装置（バックアップストレージ、予備機データ同期装置^{*24}）を設置する。

5.1 バックアップストレージ

仮想化基盤で提供する仮想ストレージでは、1つのボリュームを複数VMでマウントするマルチアタッチ機能に現状対応していない。そのため、これまで仮想化したコアネットワーク装置では、稼働系／予備系のVM間でデータの共有を行うために、データ同期を行うDRBD（Distributed Replicated Block Device）^{*25}というアプリケーションをVNF上に実装し、稼働系と予備系それぞれがマウントしたボ

リューム間のデータ同期を行う方式を採用している。DRBDを利用している場合、障害発生後などに稼働系用、予備系用ボリューム間で全面同期が必要となるケースがある。この場合、処理完了まで多大な時間が必要となり、その期間片系運用状態となってしまう（図4(a)）。vDSCPでは大容量、かつ重要な加入者情報を取り扱うため、DRBDを採用するのはリスクがある。そこで、vDSCPでは専用のストレージ装置を採用した。

専用ストレージを仮想化基盤収容NWに接続し、DB-VM稼働／予備両系から仮想化基盤収容NW経由で同一パーティションをマウントする、D-SCPと同等の方式で構築する。稼働系で障害が発生した場合は、予備系で同じ領域を引き継ぐ。また旧稼働系

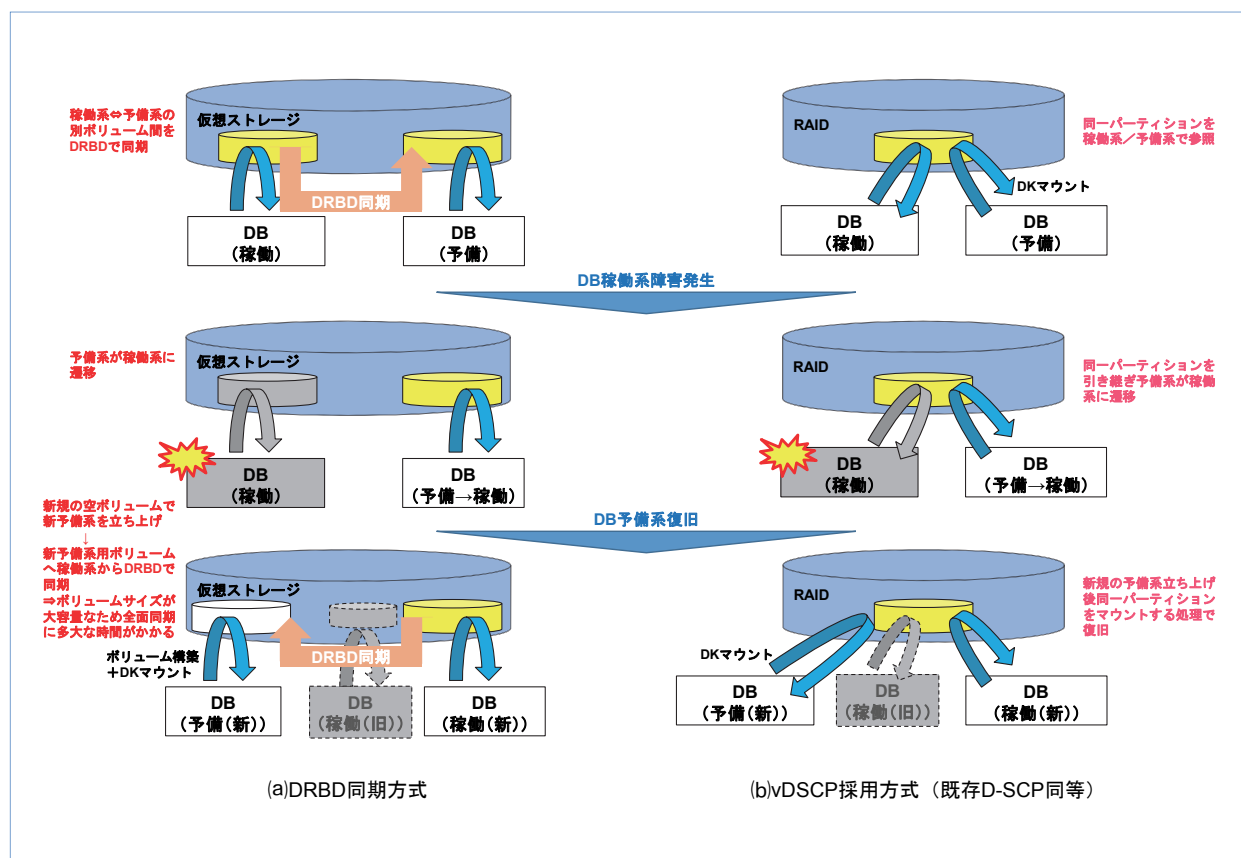


図4 DRBD同期方式とvDSCP採用方式の動作の比較

^{*22} IAサーバ：Intel社製のマイクロプロセッサ、およびIntel互換プロセッサを搭載したサーバ。内部構造はパソコンとほぼ同様であり、他社製プロセッサベースのサーバと比べて安価であることが特長。

^{*23} HS3：ユニット内のバックアップデータを保存し、BCとのレプリケーションに使用される外部記憶装置。D-SCPとのレプ

リケーションにより、複数ユニットのバックアップデータを保存する。

^{*24} 予備機データ同期装置：遠隔に配置されたストレージ装置同士でのデータレプリケーションを行うための装置。

を障害から復旧させる際には、現稼働系にマウントされたパーティションをマウントすることで、同期時間が無くなるため、瞬時に立上げが可能となり、片系運用期間を極小化できる（図4(b)）。

5.2 予備機データ同期装置

vDSCPはD-SCPと同様、通常時に稼働するマスタユニット1ユニットに対し、2ユニットのBCを別局舎に配置し、マスタユニットがサービス継続困難な障害が発生した場合にBCに切り替えるBC切替機能をもつ。この機能を実現するために異なる局舎間でバックアップストレージに格納した加入者情報のバックアップデータを同期（レプリケーション）する必要があるが、仮想化基盤の仮想ストレージでは他局舎ボリューム間の同期機能を提供していない。このため、vDSCPではバックアップストレージと同様に、専用の予備機データ同期装置を導入することとした。当該装置には転送時データ圧縮機能をもつ機器を採用し、専用装置を導入せずVMのアプリ

ケーションで実現する方式とした場合と比べて、VMの呼処理性能に影響を与えず、かつ効率的に局舎間同期を行える。

vDSCPのマスタ／BC構成と予備機データ同期装置を用いたバックアップファイルの流れを図5に示す。

6. 導入メリット

6.1 障害時の影響ユーザ数の極小化

加入者情報を管理するvDSCPにおいて、障害発生時のユーザ影響をできる限り減らすことが最重要課題である。今後、信頼性を必要とするIoTデバイスなどが社会インフラや生活環境へ浸透していくに伴い、vDSCPの社会的重要性がさらに高まると予想し、ユーザ影響を極小化する方針を検討した。

従来のD-SCPは加入者情報を収容するデータベース装置であり、ハードウェア上にデータベース機能を有するDBPを1つの単位とし、DBPの数で1ユニッ

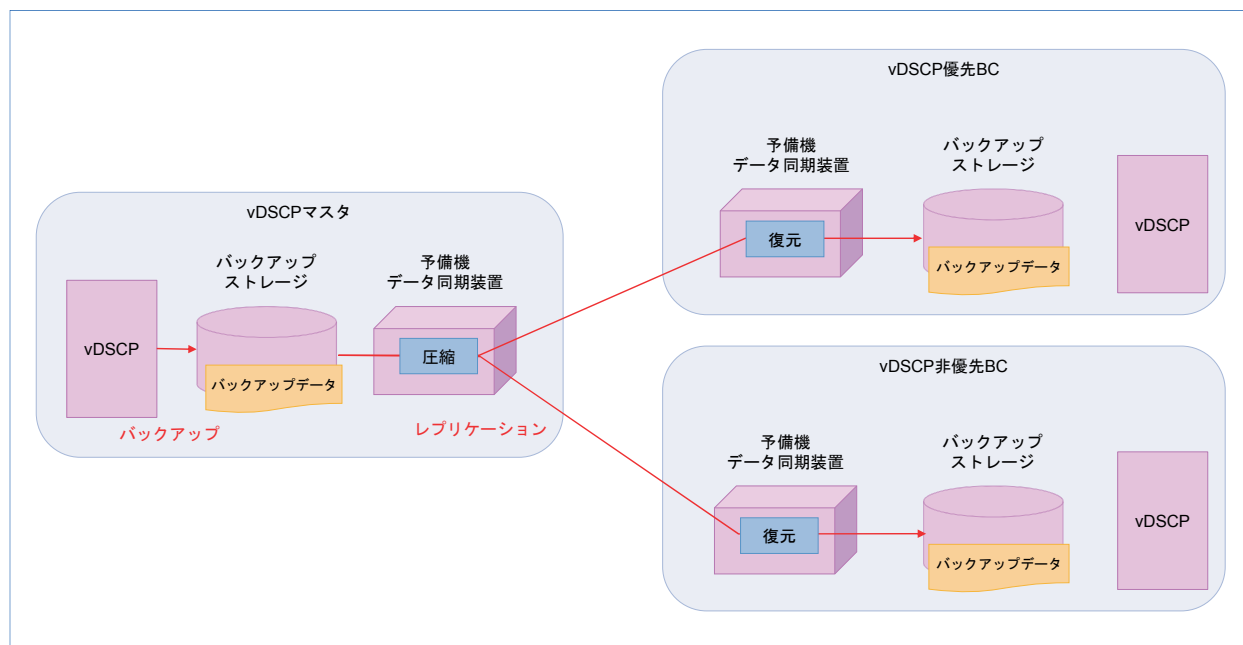


図5 vDSCPマスタ／BC構成とバックアップファイルの流れ

*25 DRBD：複数のLinuxサーバ間でディスクパーティションのミラーリングするミドルウェア。DRBDはLINBIT Information Technologies GmbHのオーストラリア、米国およびその他の国々における商標または登録商標。

ト当りの収容ユーザ数が規定される。また、FS機能は複数のDBPを管理・制御する。D-SCPでは、1つのFSと複数のDBPをまとめてD-SCP 1ユニットとする構成であった。

vDSCPでは、DB-VMにFS機能を移行させた上で、DB-VMとSM-VMを独立したVNF（=ユニット）として扱う方式を採用したため、1DBP相当のユーザデータを、単独のVNFとして扱い、かつそのVNFを1ユニットとして定義可能となる（図6）。

D-SCPでは、前述のユニット構成単位レベルでの障害（装置故障、NW障害）が発生した場合、ユニットごとにBC切替を行っている。

一方vDSCPでは、IAサーバ上にDBP相当のVMを分散配備させたことにより、VM単位での障害の場合は、VM個別でのBC切替を実現できるようになった。これにより、障害時のユーザ影響を極小化することが可能となった（図7）。

また、ユニット単位でのDBの増減が可能なことから、需要数の増加に対し設備構築も柔軟に対応することで費用低減が可能となる。

6.2 障害に対する復旧の迅速化

(1)D-SCPにおける障害時の動作

D-SCPでは、データベースが収容されているプロセッサ（DBP）の稼働系（act）、待機系（sby）の二重故障が発生した場合、同一装置内の他のDBPへユーザを再配置させる、リロケーションと呼ばれる機能が存在する。これは、故障時にデータベースの情報を再配置する機能であり、装置の信頼性向上を目的に行っている。また、リロケーションを行ってもサービス復旧不可となるような障害が発生した場合は、前述の通りD-SCPのBCに切り替えを行い、障害が発生した装置の代替ユニットとして稼働させる。このように、D-SCPでは、二段階の耐障害機能により、ユーザ影響を最小限にしている。

リロケーションおよびBC切替動作中は、データベースへのアクセスを必要とする関連処理に影響が生じるため、信頼性向上のためには、当該動作に要する時間および影響ユーザ数を最小化することが重要となる。

D-SCPでは、BCをホットスタンバイ（常時稼働）

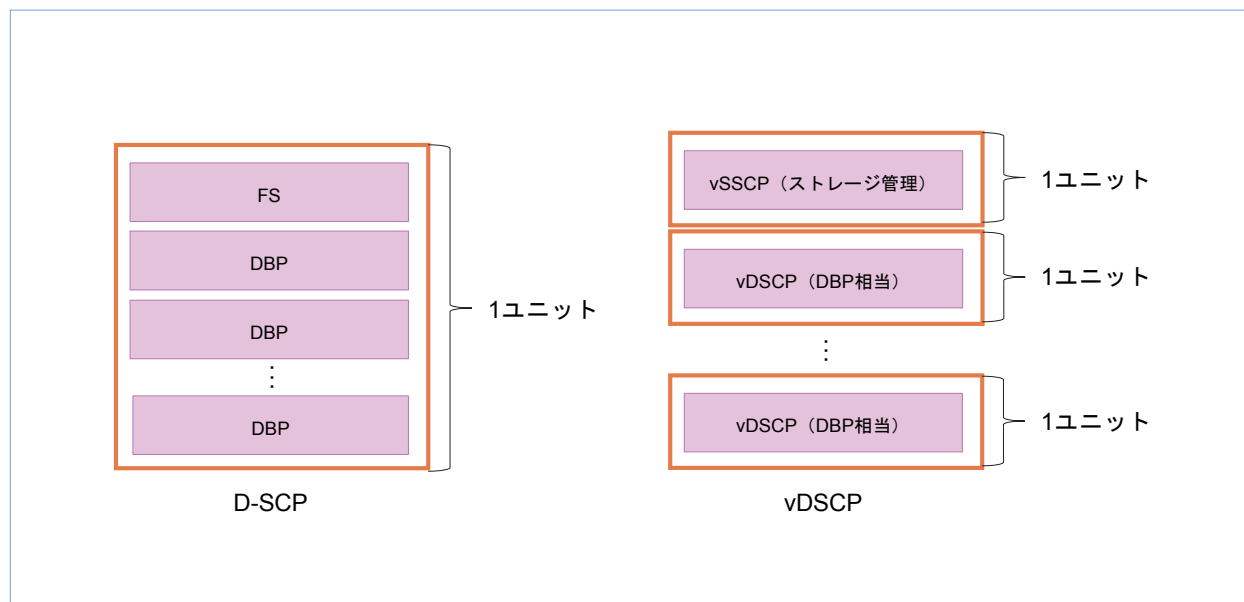


図6 D-SCPとvDSCPのユニット構成比較

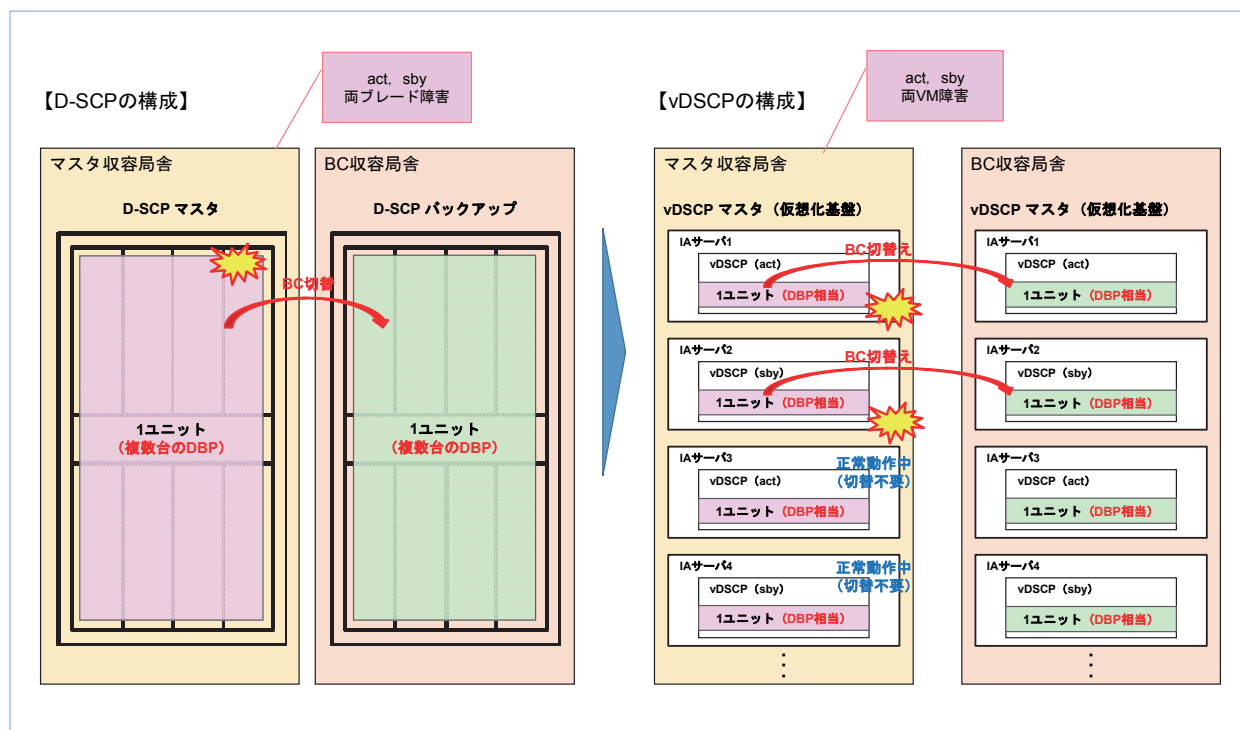


図7 BC切替発生時の耐障害リアクション概要

状態で待機させる方式を採用しているため、BC切替に要する時間は、リロケーションによる切替時間よりも大幅に短い、複数のDBPから成るユニット単位でBC切替を行うため、リロケーションよりも影響ユーザ数は大きかった。

(2)vDSCPの効果

一方vDSCPでは、前述の通り、ユーザ収容構成単位を見直すことで、BC切替による影響ユーザ数を、D-SCPのリロケーション時の影響ユーザ数であるDBP単位と同等に抑えることが可能となった。そのため、vDSCPでは、復旧時間や代替手順の有無の観点から評価を行い、予備ハードウェアへの退避による対障害機能として、D-SCPの特長であるBC切替時間の短さを活かしつつ、切替ユーザ数単位をDB-VM（DBP相当）へ縮小したBC切替機能を採用した。これにより、D-SCPと同等の復旧時間で、影響ユーザ数をD-SCPから大幅に抑制することがで

きるようになった。

また仮想化基盤システムでは、VMもしくはは仮想化基盤上のハードウェアに障害が発生した場合に、予備で確保している別ハードウェア上にVM復旧を行うヒーリングと呼ばれる機能がある。仮想化前は人が現地に赴き、故障したハードウェアを交換する必要があったが、仮想化のヒーリング機能により、短時間で復旧できるようになった。片系運用から両系運用に復旧するまでの時間が短縮されることにより、両系障害が起こる確率の低減、稼働率の向上につながり、信頼性向上を実現した。

7. あとがき

本稿では、データベース機能部に仮想化適用したvDSCPの装置構成および機能分担、適用における信頼性、および経済性の向上を図った点について解

説した。

サービス制御装置群のマイグレーションに関しては、各種装置のEoL時期を見据え、段階的に実施することを計画している。最初にEoLを迎えるD-SCPはユーザ情報を管理する重要な装置であることから、品質低下を招かぬよう、仮想化装置vDSCPの導入開発と、D-SCPからvDSCPへの加入者データ移行機能の開発時期を分離することで、万全を期した。

今後はサービス制御装置群の他装置についても、ネットワーク仮想化適用の検討を進めていく。

文 献

- [1] 大塚, ほか: “ドコモの多彩なサービスを支えるサービス制御装置の高度化,” 本誌, Vol.20, No.4, pp.37-42, Jan. 2013.
- [2] 嘉義, ほか: “信頼性の高いサービス提供に向けたサービス制御装置「F-SCP」の開発,” 本誌, Vol.23, No.1, pp.33-38, Apr. 2015.
- [3] NTTドコモ報道発表資料: “世界初, 複数ベンダーのEPCソフトウェアを動作可能なネットワーク仮想化技術を開発 —2016年3月から商用ネットワークでの運用を開始—,” Feb. 2016.
https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2016/02/19_00.html