

本書中に記載されている情報は、2014年4月時点のものであり、ご利用時には変更されている場合もあります。

本書に記載されている内容の運用によって、いかなる損害が生じても、ソシム株式会社、および著者は責任を負いかねますので、あらかじめご了承ください。

- UNIVERGE、ユニファイドコミュニケーション、およびは、日本電気株式会社の登録商標です。
- IBMは米国におけるIBM Corporationの登録商標であり、それ以外のものは米国におけるIBM Corporationの商標です。
- HP、COMPAQ、その他の製品やサービス名、スローガン、ロゴは、HP、HPの取引業者、またはライセンサーの商標です。
- Java および Java に関連するすべての商標およびロゴは、米国ならびに他の国におけるSun Microsystems, Inc. の商標です。
- Microsoft、Windows、Windows NT、および Windows のロゴは、米国ならびに他の国におけるMicrosoft Corporationの商標です。
- UNIX は、The Open Group がライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標です。

本書に記載されているこのほかの社名、商品名、製品名、ブランド名などは、各社の商標、または登録商標です。

本文中に™、©、® は明記しておりません。

はじめに

近年、「IT リソース (IT 資源) を仮想化して利用する」という考え方が一般的になってきました。OS やメモリーを仮想化することは従来から行われてきましたが、最近ではサーバーやストレージ (ハードディスク) を仮想化して利用するのが当たり前になりつつあります。

しかし、こうした IT リソースの仮想化の流れのなかで、ネットワークの仮想化だけがやや遅れをとっていました。ネットワークの仮想化技術として「VLAN (仮想 LAN)」がありますが、VLAN など従来のネットワーク仮想化技術では、IT リソースの有効活用に限りがあるからです。

そこに登場したのが、「SDN/OpenFlow」です。

SDN/OpenFlow は、ネットワーク仮想化を発展・飛躍させる切り札的な存在です。一方で、ネットワークの仮想化技術を促進するだけでなく、従来のネットワークである「インターネット」や「LAN」などの技術の方向性を大きく転換させます。ある意味、ネットワークの考え方やしくみ自体が、SDN/OpenFlow によって今後変わってくる可能性さえ秘めているでしょう。

このように対象範囲が広く、影響が大きい点が IT 技術者以外にとって、SDN/OpenFlow の実体を見えにくくしているのかもしれませんが。

そのため本書は、SDN/Open Flow 技術を顧客に売り込みたい IT 企業のマネージャー層・営業層、SDN/Open Flow 技術の導入を考えているユーザー企業の情報システム部門の担当者、導入の決定に関与するマネージャー層や業務担当者などが、SDN/OpenFlow と SDN/OpenFlow を利用したネットワーク仮想化の全体像が掴むことを目的に執筆しました。

ネットワーク仮想化の前提知識である仮想化技術や従来のネットワーク技術から、SDN/OpenFlow 技術の基本やそれを支える技術、仮想化や SDN/OpenFlow の技術動向までを図を多用して解説しています (仮想化技術や従来のネットワーク技術の知識を十分お持ちの方は、その部分を流し読みあるいは読み飛ばしてください)。特に SDN/OpenFlow については、ネットワーク仮想技術の側面と新しいネットワークの方向性の側面という 2 つの観点から説明しているのも、この技術の持つ多面性を少しでも感じていただければと考えています。

本書が、SDN/OpenFlow 技術とネットワーク仮想化の理解の出発点として役立つれば幸いです。

2014 年 4 月 23 日

著 者

CONTENTS

はじめに	3
------------	---

第1章 ネットワークの仮想化とは

1 仮想化の意味 仮想化の概念①	8
2 仮想化でできること 仮想化の概念②	10
3 仮想化のメリット 仮想化の概念③	13
4 物理ネットワークと仮想ネットワーク 管理の手間を軽減する仮想化技術	16
5 OpenFlow 登場までの流れ ネットワーク技術の変遷①	18
6 原始的な LAN 機器のしくみ ネットワーク技術の変遷②	20
7 LAN 機器の代表 L2 スイッチ ネットワーク技術の変遷③	23
8 VLAN 機能付き LAN スイッチ ネットワーク技術の変遷④	25
9 LAN 間接続機器ルーター ネットワーク技術の変遷⑤	27
10 L2 スイッチを機能拡張した L3 スイッチ ネットワーク技術の変遷⑥	29
11 データ伝送とネットワーク制御 ネットワーク技術の変遷⑦	32
12 仮想サーバーとは 仮想ネットワークと仮想サーバー①	34
13 仮想ネットワークと仮想サーバーの組み合わせ 仮想ネットワークと仮想サーバー②	36
14 サーバーを仮想化する技術 仮想ネットワークと仮想サーバー③	38
15 仮想ストレージの利用 仮想ネットワークと仮想ストレージ①	40
16 仮想ストレージの技術 仮想ネットワークと仮想ストレージ②	43
17 仮想ネットワークの利用 仮想ネットワークの実際	45

第2章 ネットワーク仮想化を巡る技術動向

1 VLAN とは ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ①	50
2 VLAN の利点 ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ②	52
3 スイッチ上での VLAN の構成 ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ③	54
4 スイッチを超えた VLAN の構成 ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ④	57
5 VLAN 間の接続 ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ⑤	59
6 IP パケットと Ethernet フレーム ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ⑥	61
7 VLAN の課題 ネットワーク構成仮想化の代表 VLAN ⑦	63
8 VPN の利用とその目的 通信回線の仮想化の代表 VPN ①	65
9 VPN の構築 通信回線の仮想化の代表 VPN ②	68
10 VPN の技術 通信回線の仮想化の代表 VPN ③	70
11 IPsec の技術 通信回線の仮想化の代表 VPN ④	72
12 IPsec の方式 通信回線の仮想化の代表 VPN ⑤	74

13	データのカプセル化 通信回線の仮想化の代表 VPN ⑥	76
14	ルーターを仮想化する VRF ネットワーク機器の仮想化①	78
15	仮想化によるネットワーク機器の冗長化 ネットワーク機器の仮想化②	80
16	クラウドにおけるネットワーク仮想化 ネットワーク仮想化とクラウド①	82
17	クラウドのサービス ネットワーク仮想化とクラウド②	84
18	クラウドの利用形態 ネットワーク仮想化とクラウド③	86

第3章 SDN (ソフトウェアによるネットワーク制御技術体系)

1	SDN とは ソフトウェアによるネットワークの一元的制御・管理	90
2	VLAN ネットワーク制御の課題克服 SDN が生まれてきた背景①	92
3	SDN / OpenFlow 技術の基本コンセプト SDN が生まれてきた背景②	97
4	システム全体の一元的管理 SDN が可能にする次世代ネットワーク①	101
5	システム全体の仮想化 SDN が可能にする次世代ネットワーク②	103
6	SDN とネットワーク仮想化の関係 VLAN と SDN はどう違うのか	105
7	OpenFlow から SDN へ SDN と OpenFlow の関係①	107
8	OpenFlow と SDN の技術 SDN と OpenFlow の関係②	110
9	SDN の標準化、商用化 ONF と OpenDaylight の役割	114

第4章 OpenFlow

1	OpenFlow とは ネットワークを構成する新しい標準	118
2	OpenFlow におけるデータ転送機能 コントロールプレーン・データプレーン・アプリケーション	121
3	コントローラー - スイッチ間のやり取り フローテーブル・メッセージ・シーケンス	123
4	フローテーブル OpenFlow によるネットワーク制御①	125
5	OpenFlow メッセージの役割 OpenFlow のネットワーク制御②	134
6	通信手順 (シーケンス) の役割 OpenFlow のネットワーク制御③	138
7	フローエントリー優先度の制御 OpenFlow のネットワーク制御④	142
8	OpenFlow コントローラーの独自機能 OpenFlow のネットワーク制御⑤	149
9	エントリー以外のデータ転送処理 OpenFlow ネットワークと既存ネットワークとの比較①	152
10	データ流量による制御 OpenFlow ネットワークと既存ネットワークとの比較②	154
11	レイヤーを問わないデータ転送の制御 OpenFlow ネットワークと既存ネットワークの比較③	156
12	仮想ネットワークの個数制限 OpenFlow ネットワークと既存ネットワークの比較④	158
13	オーバーレイ方式の基本 ホップ・バイ・ホップ方式とオーバーレイ方式①	160
14	オーバーレイ方式の原理 ホップ・バイ・ホップ方式とオーバーレイ方式②	162

15	VXLAN の技術 ホップ・バイ・ホップ方式とオーバーレイ方式③	165
16	オーバーレイ方式の特徴 ホップ・バイ・ホップ方式とオーバーレイ方式④	168
17	OpenFlow とオーバーレイ方式の導入 ホップ・バイ・ホップ方式とオーバーレイ方式⑤	171

第5章 OpenFlow を支える技術・製品

1	OpenFlow コントローラーの概要 OpenFlow コントローラーの実装・製品	176
2	オープンソースの OpenFlow フレームワーク製品 OpenFlow コントローラーの実際①	179
3	商用化された OpenFlow コントローラーソフトウェア製品 OpenFlow コントローラーの実際②	185
4	OpenFlow コントローラー装置製品 OpenFlow コントローラーの実際③	187
5	オーバーレイ方式のコントローラー製品 OpenFlow コントローラーの実際④	189
6	OpenFlow スイッチの概要 2種類の方式がある OpenFlow スイッチ	191
7	ハードウェア OpenFlow スイッチ製品 OpenFlow スイッチの実際①	193
8	ソフトウェア OpenFlow スイッチ製品 OpenFlow スイッチの実際②	196
9	OpenFlow 関連製品 クラウド構築・管理・制御ソフトウェア	199

第6章 ネットワーク仮想化を支える技術

1	ネットワーク冗長化と TRILL ネットワーク・リソースの効率利用に向けた技術	204
2	FCoE SAN の運用管理・コストを効率化する技術	210
3	GRE と NVGRE オーバーレイ方式 SDN に利用される技術	213
4	Cisco ONE onePK シスコが提供する API と開発ツールキット	215
5	NFV SDN / OpenFlow を補完する技術・コンセプト	217

第7章 ネットワーク仮想化のこれから

1	OpenFlow の標準化 技術の発展と製品の普及に不可欠	220
2	SDN の導入事例 データセンターなどにおける導入が中心	222
3	SDN/OpenFlow のメリットとデメリット 既存ネットワーク・仮想ネットワークとの比較	228
4	SDN/OpenFlow 普及のポイント 技術的なポイントと技術以外のポイント	232

索引	236
----	-----

第 1 章

ネットワークの仮想化とは

ネットワークの仮想化を理解するには、仮想化がどういうものかを知ることが必要です。本章では、仮想化の概念、ストレージやコンピュータといった他のリソースの仮想化、そしてネットワークの仮想化の概要までを解説します。

仮想化の意味

1

仮想化の概念①

仮想化とは、さまざまなコンピューターリソースを抽象化することで、利便性を高める技術です。仮想化には「サーバーの仮想化」や「ストレージの仮想化」などいろいろなものがあり、本書で取り扱う「ネットワークの仮想化」もその1つです。ここではまず、仮想化の概念自体を簡単に紹介しましょう。

IT（情報技術）において、「仮想化」とは一般に、「コンピューターリソースの抽象化」をいいます。

ここでいう抽象化とは、リソースに含まれるさまざまな事柄を隠蔽し、把握・制御の幅を制限することを指します。こうすることで、リソースを汎用的に取り扱えるようになり、ユーザーの利便性を向上させることができます。

もともとITシステムでは、多くの場面で抽象化が行われます。制御（機能）やデータを抽象化（論理化）することで、ユーザーが簡単に利用できるからです。たとえば、ユーザーがコンピューター上でファイル操作する際、その対象は、ディスクやメモリー内に蓄積されたデジタルデータそのものではなく、ファイルという抽象化されたものを操作します（特殊な領域ではデジタルデータそのものを扱うこともあります）。

同様に、ITの世界における仮想化では、物理的なコンピューターリソースの上に、論理的なITリソースを構築し、物理的な世界に含まれるさまざまな構成物を隠蔽することで、対象の把握と制御を容易にしています。

このように、ITの世界では、あらゆる事象を抽象化することで、データや制御の汎用性、ひいてはユーザーの利便性を上げているのです。

仮想化のメリット

仮想化されるリソースには、「サーバー」「ストレージ」「ネットワーク」「アプリケーション」「メモリー」「ファイル」などがあります。

このうちITシステムの効率化にとって重要なものがサーバー、ストレージ、ネットワークです。

物理的な存在で言うと、サーバーはサーバーマシン（サーバーコンピューター）、ストレージではハードディスクなどの記憶装置、ネットワークではLANやWANあるいは通信回線、ネットワーク機器といったものまで含めて仮想化の対象となります。

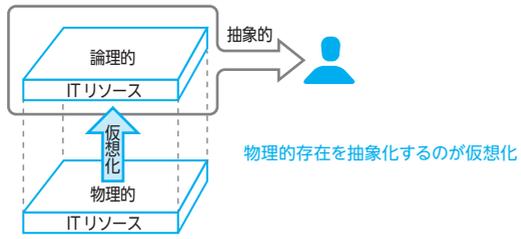
では、仮想化によってどのようなメリットが生じるのでしょうか。

サーバー、ストレージ、ネットワークの仮想化では、それぞれ以下のようなことが可能になります。

- サーバーの仮想化：1 台の物理的なサーバー（サーバーマシン）上における複数の論理的なサーバーの構築、あるいは複数のサーバーを1つの論理的なサーバーとして構築
- ストレージ（ハードディスク）の仮想化：複数の物理的なディスク装置を統合した単一の論理的なディスクの構築
- 通信回線（通信経路）の仮想化：単一の物理的な通信回線の上における複数のユーザーそれぞれに対応した（複数の）専用の通信回線の構築

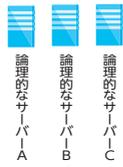
つまり仮想化には、コンピューターリソースを柔軟に集約・分割することで、リソースの有効活用や構成変更が可能になるというメリットがあるのです。

●仮想化とは



●仮想化の例

複数の仮想的なサーバー



1台の物理的なサーバーマシン



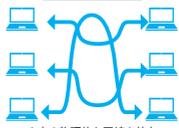
サーバーの仮想化

1台の仮想的なストレージ装置



複数の物理的なストレージ装置

複数の仮想的な通信回線



物理的な通信回線

2

仮想化の概念②

仮想化を行うことで、リソースの分割・共有と統合・単一化が可能になります。具体的なリソース別に、これらのしくみを見ていきましょう。

リソースの分割・共有

単一の物理的リソースを論理的に分割して、それぞれを独立して使用できるようにします（単一のリソースを共有します）。たとえば次のようなものです。

● サーバーの仮想化による分割・共有

1台のサーバー（コンピューター）を論理的に分割して、複数の異なるサーバー（仮想的なサーバー）を構築します。こうすることで、1台の物理的なサーバーを複数の異なるサーバー（実際に使用する点からは、複数のサーバーを使用するグループ）として共有できます。

● ストレージの仮想化による分割・共有

1台の物理的なハードディスクを論理的に分割し、複数のハードディスクとして認識させます。1台のハードディスクを複数のシステムやユーザーで共有できます。

● ネットワーク構成の仮想化による分割・共有

1つの物理的に構成されたネットワークに対して、複数の論理的なネットワークを構築します。これにより、単一の物理的なネットワークを複数のネットワーク（使用の観点からは、複数のネットワークのユーザーグループ）として共有できます。

リソースの統合・単一化

複数の物理的リソースを論理的に統合して、あたかも単一のリソースであるようにすることも可能です。たとえば次のようなものです。

● サーバーの仮想化による統合・単一化

複数の物理的なサーバーを論理的に統合して、単一のサーバーとして稼働させます。

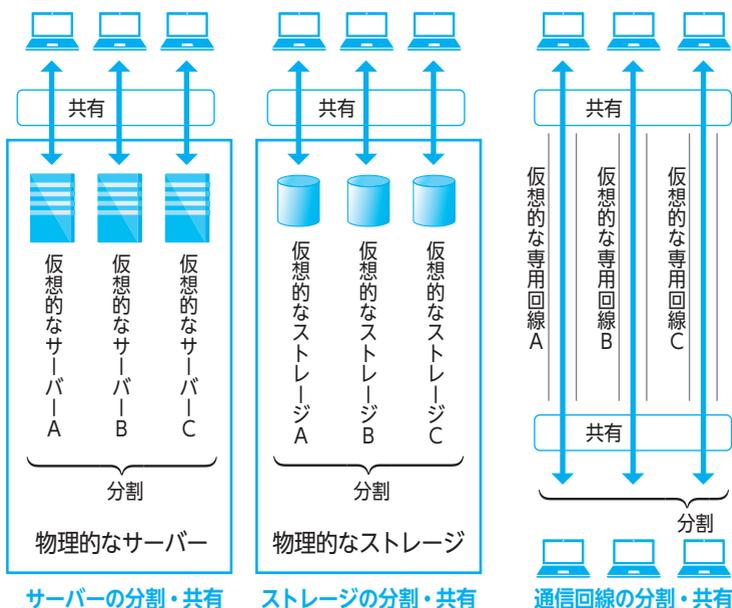
● ハードディスク（ストレージ）の仮想化による統合・単一化

複数の物理的なハードディスクを論理的に統合して、単一のハードディスクとして操作できるようにします。

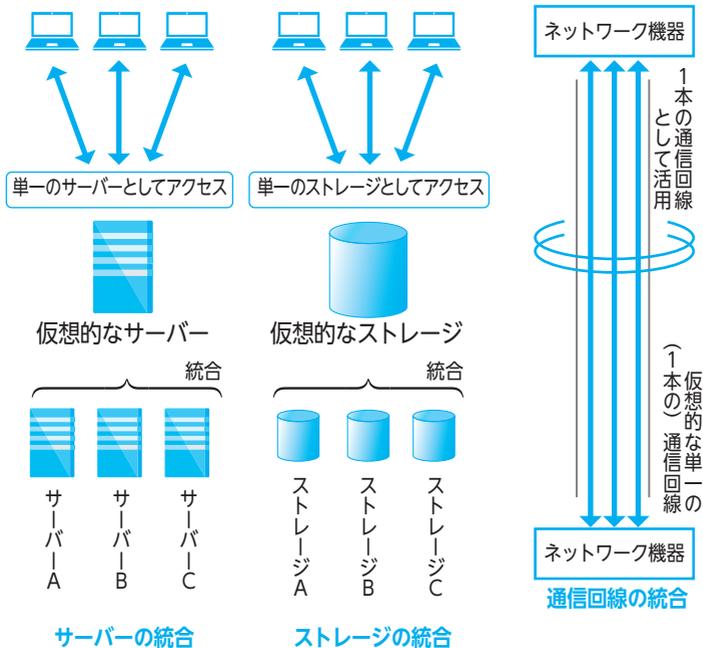
● 通信回線の仮想化による統合・単一化

複数の物理的な通信回線（通信ケーブル）を論理的に統合して、単一の通信回線として稼働するようにします（リンクアグリゲーションと呼びます）。

● 仮想化とリソースの分割



●仮想化とリソースの統合



Column ▶ 物理的存在としてのリソース

本書では、ストレージやサーバー（コンピューター）、ネットワークといったリソースは抽象的に呼ばれていますが、その実態は、ストレージであればハードディスクドライブ、SSD など、サーバーマシンであれば、ブレードサーバーや部署用の PC クラスのファイルサーバーなどです。仮想化の考え方を理解するにあたっては、個々のリソースの性能などまで知る必要はありませんが、実際に使用する際には性能差は当然あるので、運用や選定に当たってはそれぞれの性能も意識する必要があります。

仮想化のメリット

3

仮想化の概念③

仮想化を行うことでさまざまなメリットが生じます。ここではそれらのうち、主なものについて紹介します。

仮想化を活用することで、システム構築において大きなメリットがもたらされます。主なメリットとして次のようなものを挙げることができます。

リソースの効率的な活用

仮想化により、リソースを分割・共有することで、リソースを効率的に活用できます。あるリソースが100%活用されていない場合、そのリソースを仮想化して論理的に複数に分割すれば、他のユーザーなどとの共有が可能となり、リソースを無駄にすることなくフルに有効活用できます。

リソースの能力の向上

仮想化により複数のリソースを統合することにより、リソースの能力・性能を向上させシステムの能力をレベルアップできます。たとえば、容量に限りがあるハードディスクを複数個まとめて仮想化することで、より大きな容量のハードディスクが得られます。

リソースの可用性の向上

複数の物理的なリソースを論理的に統合すると、どれか1つの物理的なリソースに障害が生じた場合に、残りのリソースが使えるので、システムを停止させることなく稼働を続けさせることができます。このように、システムなどを連続して動作させる性能を可用性 (Availability) といいます。仮想化によって可用性を向上させることができるようになります。

リソースの柔軟な再構築

仮想化により構築したリソースは、論理的に構成を変えるだけで、状況に応じて柔軟にリソースの再構築を行えます。たとえば、ネットワークの構成を変えたいときに、

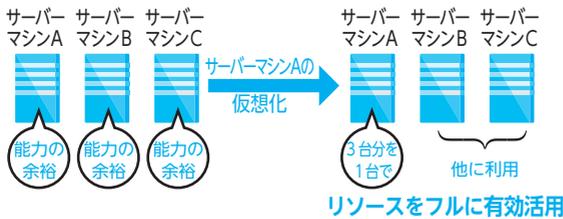
物理的な配線をやり直さないでも、設定を変更するだけで再構築が可能になるので、運用にかかる手間が大幅に低減されます。

リソースの管理、制御の効率化

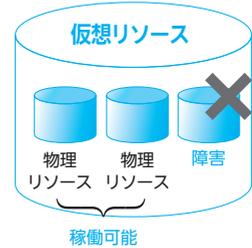
再構築と同様に、リソースの削減や追加（拡張）も簡単に、柔軟に行えます。このため、リソースの管理、制御の労力やコストを軽減できます。

仮想化は、対象となるリソースを使用するユーザーや別のシステムに対して、そのリソースを、識別可能な、独立した単一のものとして認識させるものです。この「認識させる」ということが重要です。実際に物理的にネットワークを切断したり、ハードディスクを接合させたりするわけではないことに注意してください。同様に、通信回線を伝播する信号の周波数をユーザーごとに変えたり、ハードディスク装置を物理的に分割するような作業も仮想化ではありません。

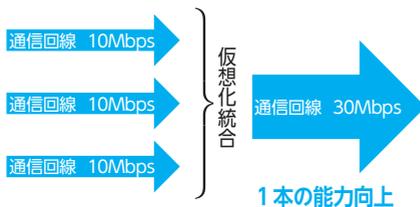
● リソースの効率的な運用



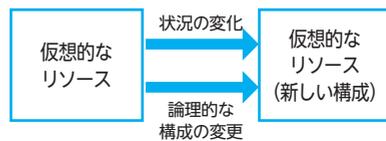
● リソースの可用性の向上



● リソースの能力の向上

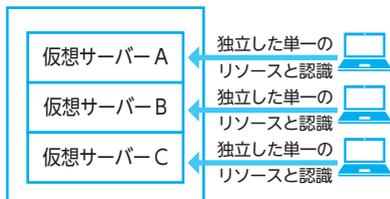


● リソースの柔軟な再構築



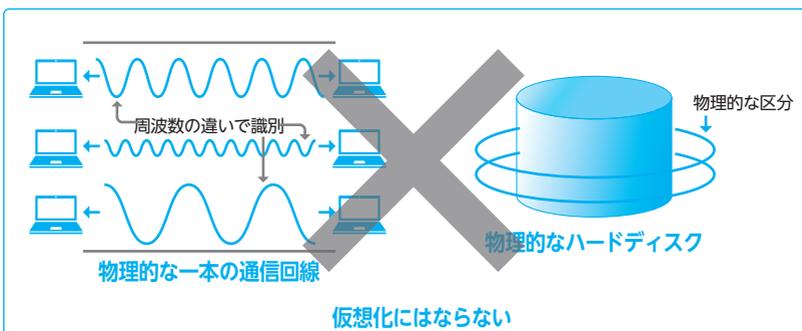
●仮想化リソースとして認識される例

物理的なサーバマシン



仮想化した個々のリソースは独立して認識される

●仮想化ではない例



Column ▶ 共用ではあるが仮想化ではない例

上図にある「仮想化ではない例」の通信回線の具体的な例としては、通信の世界でよく使われる「多重化」があります。これは、1つの信号線にいくつもの信号を重ねて流すしくみで、周波数で分ける方法や時間で分ける方法などがあります。身近な例としては ADSL が従来の電話線に周波数の違うデータ用の信号を流したり、無線 LAN で使用されている直交周波数分割多重変調 (OFDM) などがあります。しかし、こうした単純な多重化はネットワークの帯域を広げたり、複数のユーザーが利用できるようにはなりますが、任意に、あるいは動的に条件を変更できるなどの機能はないので、仮想化とはいえません。