LANCOM Techpaper Routing-Performance

Anwendungen in der Kommunikation und Unterhaltung basieren zunehmend auf IP-Netzwerken. Um die erforderlichen Bandbreiten zuverlässig bereitstellen zu können, müssen die in der Struktur verwendeten Netzwerkkomponenten ausführlich und intensiv getestet werden. LANCOM Systems stellt in diesem Techpaper die genutzten Messverfahren zur Ermittlung der Routing- und VPN-Performance von Central Site- und VPN-Gateways sowie die entsprechenden Ergebnisse vor.

Untersucht werden dabei verschiedene Aspekte, die zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Routers herangezogen werden. Dazu gehören die Übertragungsleistung bei Verbindungen zwischen dem LAN und dem Internet (WAN) sowie die internen Datenübertragungen im eigenen Netzwerk (LAN-LAN). Eine besondere Bedeutung kommt der Performance bei verschlüsselten Datenverbindungen über VPN zu, da viele Geschäftsprozesse auf gesicherten WAN-Verbindungen aufsetzen.

Testaufbau

Alle UDP-Performance-Werte wurden im LANCOM Testlabor gemessen. Für die Tests wurde ein IXIA-Testsystem eingesetzt. IXIA erlaubt durch den Einsatz so genannter Test-Suiten die Simulation verschiedener Anwendungen. Dabei kann z. B. der Datendurchsatz in automatisch aufgebauten VPN-Tunneln ermittelt werden oder die reine Routing-Performance zwischen LAN und WAN bei uni- oder bi-direktionaler Datenübertragung. IXIA ist ein führender Anbieter von Testsystemen für IP-basierte Infrastrukturen und Dienste. Die Testsysteme von IXIA werden weltweit von Netzwerkgeräteherstellern und anderen Unternehmen zur Sicherstellung der Funktionalität und Verlässlichkeit von komplexen IP-Netzwerken, -Geräten und -Anwendungen verwendet.

Für die Datenübertragung selbst werden entweder feste Frame-Größen verwendet oder Kombinationen verschiedener Frame-Größen, die einem natürlichen Datenfluss entsprechen. Diese Kombinationen werden auch als „Internet Mix“ oder kurz IMIX bezeichnet. Die Auswahl der IMIX-Muster hat eine große Bedeutung für die Testergebnisse, da von den verwendeten Frame-Größen

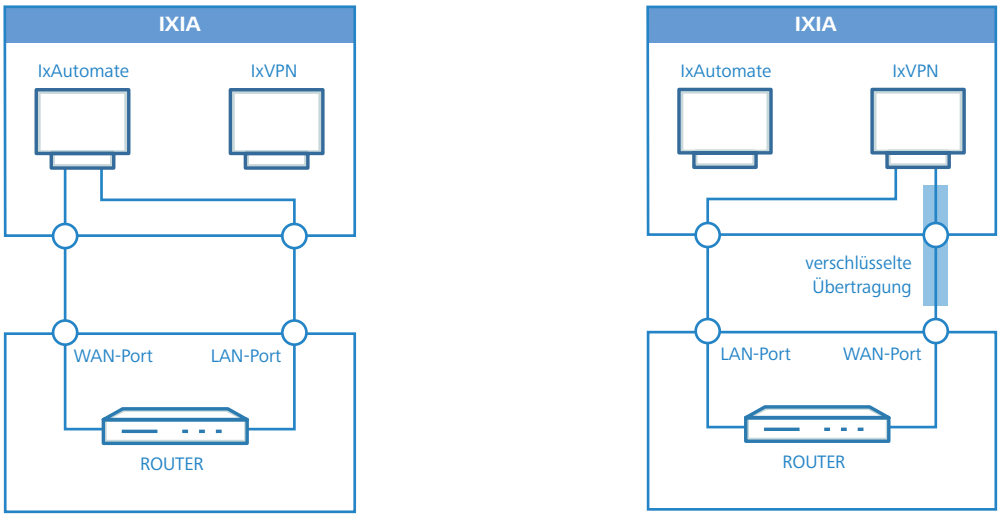

Abbildung 1: IXIA-Testsystem für Routing-Verbindungen und verschlüsselte VPN-Verbindungen zwischen LAN und WAN

LANCOM Systems

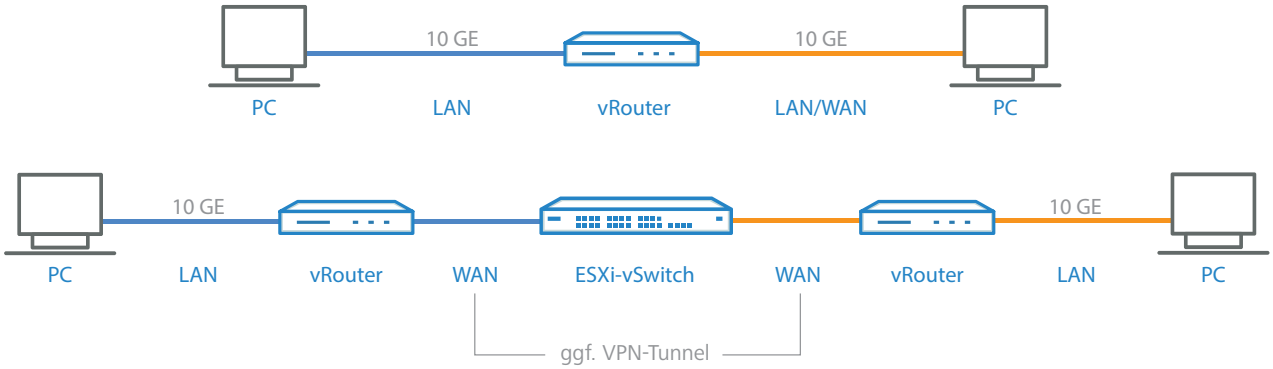

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Szenarien des vRouter-Testaufbaus

die Performance einer Verbindung stark beeinflusst wird. Mit einer geeigneten Auswahl der Ports an dem getesteten Router können sowohl WAN-LAN- als auch reine LAN-LAN-Verbindungen getestet werden.

Bei den vRouter-Messungen kommen zwei Szenarien zum Einsatz. Zum einen die Übertragung von einem PC im LAN über den vRouter ins LAN bzw. WAN. Zum anderen werden zwei vRouter in das Szenario aufgenommen, die über WAN verbunden sind und zwischen sich einen VPN-Tunnel aufbauen, über den die Daten verschlüsselt übertragen werden.

Die genutzte Geräte-Firmware ist LCOS 10.12 beziehungsweise LCOS 8.70 CC für die LANCOM CC-VPN-Router. Bei den vRouter-Messungen kommt LCOS 10.12 zum Einsatz.

Routing-Performance (UDP)

Bei der Routing-Performance wird untersucht, welcher maximale Datendurchsatz erzielt werden kann, bei dem der Router gerade noch keine Pakete verwerfen muss. Für die Messung werden UDP-Pakete in verschiedenen Größen verwendet, damit das Verhalten bei unterschiedlichen Anwendungen dargestellt wird. Die Grenzwerte sind 64 Byte als kleinster und 1518 Byte als größter Frame auf dem Ethernet. Der Test von verschiedenen Router-Modellen zeigt den Einfluss der jeweiligen Hardware-Plattform (Prozessor bzw. Interfaces).

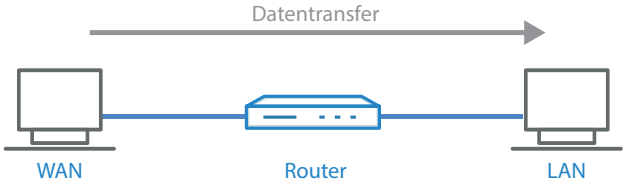

Abbildung 3: Schematische Darstellung des Testaufbaus

Bei der Messung wird zunächst die Framerate ermittelt, die als Performance-Indikator der getesteten Hardware angesehen werden kann. Beim normalen Routing ist die Framerate für unterschiedliche Frame-Größen fast konstant, da beim Routing der Frames nur die Header untersucht werden – dieser Vorgang ist nahezu unabhängig von der Größe der gerouteten Frames. Aus diesem Grund wird in den Tabellen nur die durchschnittliche Framerate angegeben.

Der Durchsatz bei einer bestimmten Frame-Größe (oder sogar einem Größenmix, siehe IMIX auf Seite 4) kann deshalb bereits näherungsweise durch Multiplikation mit der Framerate errechnet werden. Bei konstanter Framerate ist der Datendurchsatz dann direkt abhängig von der Frame-Größe. Je größer die Frames, desto größere Datenvolumen können übertragen werden. Die Anzahl der maximal übertragenen Frames pro Sekunde wird durch die Leistungsfähigkeit des Interfaces bzw. des Übertragungsmediums begrenzt.

Die Messung der Routing-Performance bezieht sich auf die Größe der Ethernet-Frames, also die „Size-on-Wire". Zum Vergleich von Paketgrößen für bestimmte Anwendungen müssen daher die entsprechenden Header abgezogen werden. Bei einem Frame von 512 Byte ergibt sich z. B. eine UDP-Datagrammgröße von 474 Byte (512 Byte - 14 Byte Ethernet-Header - 20 Byte IP-Header - 4 Byte FCS Trailer) bzw. nach Abzug des UDP-Headers (8 Byte) eine UDP-Nutzlast von 466 Byte.

Beim Routing werden zwei Anwendungen untersucht:

- Beim WAN-LAN Routing werden Daten aus dem WAN empfangen und an eine Gegenstelle im LAN weitergegeben.

- Beim LAN-LAN Routing werden die Daten nur innerhalb des lokalen Netzwerks von einem LAN-Port zum anderen LAN-Port weitergegeben.

Bei den Ergebnissen ist zu erkennen, dass der Durchsatz mit der Frame-Größe fast linear ansteigt bis das Limit der Gigabit-Schnittstelle erreicht ist.

Routing-Performance (TCP)

UDP-Messungen zeigen sehr gut, welche Performance maximal erzielt werden kann. Da ein großer Teil des Datentransfers allerdings über TCP abgewickelt wird, ist es auch wichtig, ein entsprechendes Szenario zu untersuchen.

Die TCP-Messung erfolgt mit iperf, welches den TCP-Datendurchsatz zwischen zwei Computern misst. Diese werden über einen LANCOM Router verbunden. Wobei der Computer auf der WAN-Seite als Server agiert, von dem die Datenpakete über den Router an den Computer im LAN übertragen werden, was der Download-Richtung entspricht.

Die TCP-Messungen mit iperf wurden ohne NAT ausgeführt, da iperf keine direkte Messung mit NAT erlaubt. Die dabei ermittelten Messwerte korrelieren bei LCOS sehr gut mit den Werten, die an einem echten WAN-Anschluss mit NAT in der Praxis nachvollzogen werden können. Dies hat einerseits mit der Traffic-Struktur von iperf im Vergleich zu einem HTTP-Download zu tun, und andererseits mit der LCOS 10.12 Firewall, die im NAT-Betrieb nur eine etwas geringere Performance als im Betrieb ohne NAT erzielt.

Die beiden für die Messung genutzten Computer haben eine identische Hardware- und Software-Ausstattung:

- Intel Core i7 CPU
- Intel PRO/1000 NIC
- Ubuntu 12.04 / Kernel 3.8.0

Zur Messung wurde die Software iperf 2.05 eingesetzt.

Der Parameter TCP-Window-Size wurde auf 256 kB festgelegt und die Messung wurde mit fünf simultanen Sessions durchgeführt.

Für die vRouter-Messungen wurde folgende Hardware verwendet:

- PCs mit Core i7-6700, Intel X540 10GE-Interfaces
- ESXi-Server Dell PowerEdge R330 mit Xeon E3-1230v5, 3,4 GHz, Intel X710 10GE-Interfaces als Uplink an den ESXi-vSwitches
- vRouter: VMXNET3 mit virtuellen Interfaces

Bei den vRouter-Tests wird iPerf ohne Window-Parameter verwendet.

IPSec-Routing-Performance

Anders als bei der reinen Routing-Performance werden die Frames beim VPN- bzw. IPSec-Routing nicht unverändert von einem Interface zum anderen weitergegeben. Bei der Verschlüsselung der Daten für den VPN-Tunnel wird der ursprüngliche Frame gekapselt und mit zusätzlichen Informationen versehen. Für die Betrachtung der IPSec-Routing Performance hat das zwei wichtige Auswirkungen:

- Die verschlüsselten Frames sind größer als die nicht verschlüsselten Frames. Bei den Messergebnissen muss daher angegeben werden, auf welchem Interface eine bestimmte Frame-Größe betrachtet wird bzw. ob es sich um verschlüsselte oder unverschlüsselte Frames handelt. Die hier vorgestellten Werte beziehen sich immer auf die unverschlüsselte Größe der Frames. Ein IP-Paket von 46 Byte wird unverschlüsselt z. B. in einem Frame von 64 Byte transportiert. Bei einer AES-Verschlüsselung wächst der Frame z. B. auf 122 Byte an (46 Byte IP-Paket + 14 Byte Ethernet + 4 Byte FCS + 20 Byte IP + 8 Byte ESP + 16 Byte Initialisierungs-Vektor (IV) + 0 Byte Padding (0-15 Byte) + 1 Byte Padding-Länge + 1 Byte Next Header + 12 Byte Authentication).
- Der Vorgang der Verschlüsselung (Encryption) bzw. Entschlüsselung (Decryption) benötigt Rechenzeit im Router. Dieser Vorgang verläuft in zwei Stufen, die bei der Verschlüsselung sequentiell ablaufen müssen. Bei der Entschlüsselung hingegen können diese Stufen parallel durchgeführt werden, was bei Modellen mit VPN-Hardware-Beschleuniger zu einem deutlichen Performance-Vorsprung im Vergleich zur Verschlüsselung führt. Die

Messergebnisse zeigen daher einen signifikanten Unterschied zwischen Decryption- und Encryption-Richtung. Alle Werte für das IPSec-Routing sind hier für jeweils einen VPN-Tunnel angegeben. Beim Aufbau von bis zu 1.000 Tunneln zeigt sich im Laborbetrieb eine nahezu konstante Framerate über die Anzahl der aktiven Tunnel. Im realen Einsatz wird jedoch die Framerate mit der Anzahl der Tunnel abnehmen auf Grund der Vorgänge, die für jeden Tunnel separat ausgeführt werden müssen (z. B. durch das Erneuern der verwendeten Schlüssel).

IPSec-Routing mit verschiedenen IMIXen (Decryption und Encryption)

Als Alternative zu den Messungen mit festen Frame-Größen wurden Messreihen mit verschiedenen IMIX-Mustern durchgeführt. Die IMIX-Muster simulieren einen „realen" Datenverkehr, der sich aus unterschiedlichen Frame-Größen zusammensetzt. Für die Zusammenstellung der genutzten Frame-Größen gibt es keine verbindliche Richtlinie, daher wurden für die Messung neben der Voreinstellung des IXIA-Testsystems (IMIX 0) zwei weitere gängige Muster verwendet (IMIX 1 und IMIX 2). Die einzelnen Muster verwenden die folgenden Frame-Zusammenstellungen:

- IMIX 0: 45% 64 Byte, 20% 128 Byte, 5% 256 Byte, 3% 512 Byte, 2% 1024 Byte, 1% 1280 Byte, 24% 1364 Byte.
- IMIX 1: 7x 64 Byte, 4x 570 Byte, 1x 1418 Byte.
- IMIX 2: 58% 90 Byte, 2% 92 Byte, 24% 594 Byte, 16% 1418 Byte.

Bei einem angenommenen Overhead von 100 Byte ist 1418 Byte die maximale Frame-Größe, die verschlüsselt auf dem Ethernet übertragen werden kann (bei einer maximalen Frame-Größe für IEEE 802.3 von 1518 Byte).

Für die Messungen wurde eine AES128-SHA-Verschlüsselung verwendet, die Tunnel wurden in LAN-WAN-Richtung aufgebaut. Auch bei diesen Messungen ist wieder zu erkennen, dass die Entschlüsselung der Daten (Decryption) meist schneller erfolgt als die Verschlüsselung (Encryption).

Tabelle 1:

WAN-LAN-Routing – Datendurchsatz [MBit/s] bei FrameGröße [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

LANCOM	LCOS	64	128	256	512	1024	1280	1518	Framerate
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	8,6	17,8	35,4	70,1	137,1	169,9	200,2	16904,86
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	47,4	96,5	189,3	367,8	744,2	861,4	984,4	89305,86
7100+ VPN	10.12	67,2	136,2	269,5	534,4	979,0	984,6	987,0	117610,29
9100+ VPN	10.12	87,9	174,9	346,9	684,5	980,8	984,6	987,0	139445,29
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	5,23	10,58	21,33	42,81	85,35	106,35	125,37	10362,20
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	51,28	101,91	199,69	401,25	785,28	943,95	987,00	94795,00

Tabelle 2:

LAN-LAN-Routing – Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

LANCOM	LCOS	64	128	256	512	1024	1280	1518	Framerate
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	9,0	17,8	35,9	70,6	139,1	172,3	202,6	17152,00
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	55,0	110,0	202,9	423,1	838,0	981,6	984,4	99477,86
7100+ VPN	10.12	78,2	155,0	307,7	602,4	980,8	984,6	987,0	128371,86
9100+ VPN	10.12	106,3	215,5	421,1	828,5	980,8	984,6	987,0	160442,29
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	6,71	13,54	27,22	53,16	101,65	126,31	149,06	12803,99
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	65,44	130,61	252,96	493,26	958,80	984,62	987,00	113396,28

Tabelle 3:

WAN-LAN Routing – Datendurchsatz [MBit/s]

LANCOM	LCOS	Durchsatz bei 5 TCP-Sessions
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	130,6
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	774,7
7100+ VPN	10.12	940,0
9100+ VPN	10.12	940,0
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	91,7
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	750,8

Tabelle 4:

IPSec-Routing (Decryption) – Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

LANCOM	LCOS	64	128	256	512	1024	1280	1418	Framerate
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	5,3	10,6	21,1	42,2	82,7	102,7	112,4	10189,71
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	21,0	41,5	81,0	168,4	313,1	395,8	416,3	39385,14
7100+ VPN	10.12	32,6	64,3	125,1	243,4	462,2	562,1	613,9	58827,14
9100+ VPN	10.12	44,9	90,0	172,4	336,1	617,2	754,9	824,4	80507,00
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	4,11	9,05	17,51	34,87	67,32	83,63	91,38	8339,90
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	31,59	61,63	119,06	233,04	436,16	529,49	580,13	47331,05

Tabelle 5:

IPSec-Routing (Encryption) – Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

LANCOM	LCOS	64	128	256	512	1024	1280	1418	Framerate
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	5,7	13,1	26,2	47,5	99,6	123,2	136,4	12091,86
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	27,4	54,0	110,2	215,9	429,8	509,7	560,2	52045,57
7100+ VPN	10.12	40,1	83,7	163,3	305,9	595,5	711,0	753,7	74729,86
9100+ VPN	10.12	57,3	116,5	222,6	436,1	779,3	932,8	946,0	101499,57
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	2,98	6,24	11,51	23,75	46,59	58,50	64,97	5777,64
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	20,81	43,07	85,48	166,89	325,18	400,44	436,50	40354,54

Tabelle 6:

IPSec-Routing (Decryption) – Datendurchsatz [MBit/s]

LANCOM	LCOS	IMIX 0	IMIX 1	IMIX 2
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	29,3	22,4	28,3
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	133,7	104,4	125,9
7100+ VPN	10.12	195,1	154,1	186,4
9100+ VPN	10.12	269,2	210,7	257,6
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	26,35	20,48	24,40
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	192,20	151,21	180,54

Tabelle 7:

IPSec-Routing (Encryption) – Datendurchsatz [MBit/s]

LANCOM	LCOS	IMIX 0	IMIX 1	IMIX 2
1631E 1781-4G 1781A 1781A-4G 1781AW	10.12	39,0	29,3	37,0
1780EW-4G 1780EW-4G+ 1781VAW 1783VAW 1781EF+ 1781EW+ 1781VA 1783VA 1781VA-4G 1783VA-4G 1784VA	10.12	179,5	137,5	169,7
7100+ VPN	10.12	252,6	202,9	242,8
9100+ VPN	10.12	352,1	248,7	340,3
1781A (CC) 1781EF (CC)	8.70 CC	21,08	17,19	21,40
9100+ VPN (CC)	8.70 CC	159,75	129,51	155,49

Tabelle 8:

Ein vRouter – Datendurchsatz [MBit/s], siehe Abb. 2 oben

Methode	LCOS	Durchsatz bei 5 TCP-Sessions
LAN - WAN (IPoE) Routing	10.12	9375
LAN - LAN Routing	10.12	9372

Tabelle 9:

Zwei vRouter ggf. mit VPN-Tunnel – Datendurchsatz [MBit/s], siehe Abb. 2 unten

Methode	LCOS	Durchsatz bei 5 TCP-Sessions
LAN - WAN (IPoE) - LAN Routing	10.12	7832
LAN - WAN (IPSec AES256 SHA256) - LAN Routing	10.12	864
LAN - WAN (IPSec AES256 GCM) - LAN Routing	10.12	2569

LANCOM, LANCOM Systems und LCOS sind eingetragene Marken. Alle anderen verwendeten Namen und Bezeichnungen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein. Änderungen vorbehalten. Keine Gewähr für technische Ungenauigkeiten und/oder Auslassungen. 10/2017