

LANCOM™ Techpaper

Routing Performance

Einleitung

Die 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 Messverfahren zur Ermittlung der Routing- und VPN-Performance von Central Site und VPN Gateways und die resultierenden Ergebnisse vor.

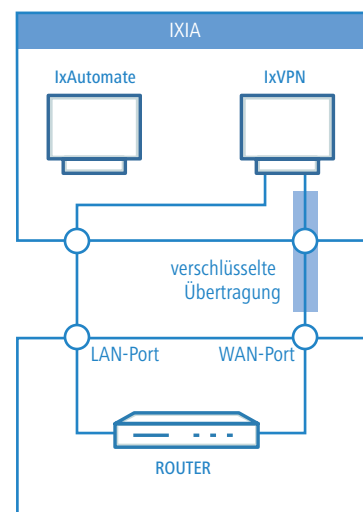
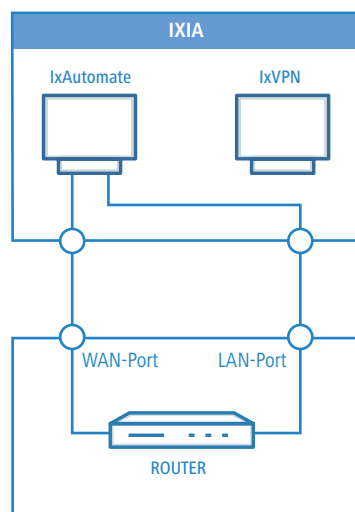
Untersucht werden dabei verschiedene Aspekte, die zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Routers herangezogen werden. Dazu gehören die Übertragungsleistung bei Verbindungen zwischen dem LAN und dem Internet (WAN) sowie die internen Datenübertragungen im eigenen Netzwerk (LAN-LAN). Eine besondere 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 Framegrößen verwendet oder Kombinationen verschiedener Framegrößen, 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 Paketgrößen die Performance einer Verbindung stark beeinflusst wird. Mit einer geeigneten Auswahl der Ports an dem getesteten Router können sowohl Verbindungen zwischen LAN und WAN wie auch reine LAN-LAN-Verbindungen getestet werden.



IXIA Testsystem für Routing-Verbindungen* und verschlüsselte VPN-Verbindungen zwischen LAN und WAN

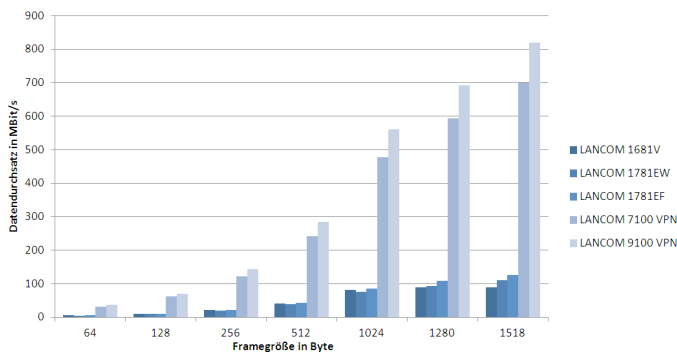
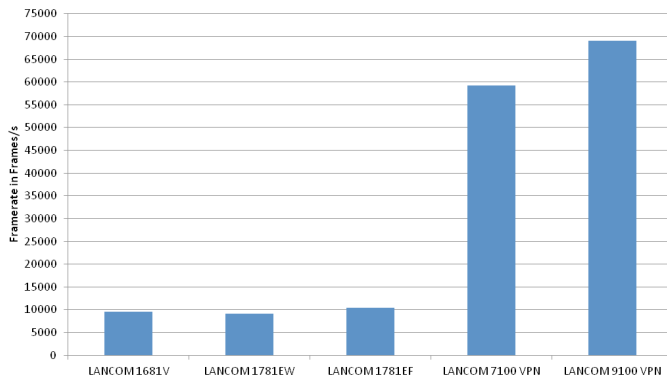
*Bei VDSL2-Messungen wird ein DSLAM zwischen IXIA und Router eingesetzt.

LANCOM™ Techpaper

Routing Performance

Gerät (LCOS 8.60)	WAN-LAN-Übertragung							Framerate [Frames/s]
	Datendurchsatz in MBit/s bei Framegröße [Byte]							
	64	128	256	512	1024	1280	1518	
LANCOM 1681V*	5,248	10,684	20,975	40,554	80,662	89,385	89,399	9537
LANCOM 1781EW	4,472	9,300	19,033	38,078	75,206	92,807	110,384	9105
LANCOM 1781EF	5,216	10,566	21,298	43,243	86,228	107,708	126,775	10420
LANCOM 7100 VPN	31,281	61,244	122,841	242,654	478,505	593,142	700,831	59167
LANCOM 9100 VPN	36,488	70,562	143,177	284,444	560,175	692,641	818,770	68995

*VDSL2-Verbindung mit 90 Mbit/s Downstream (Profil 30a)



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).

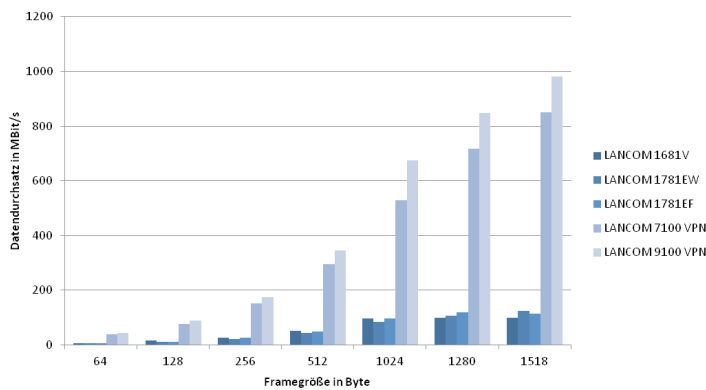
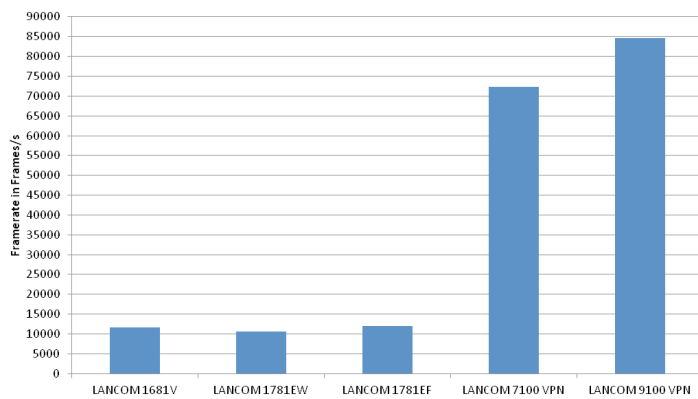
Bei der Messung wird zunächst die Framerate ermittelt, die als Performance-Indikator der getesteten Hardware angesehen werden kann. Beim normalen Routing ist die Framerate für unterschiedliche Framegrößen fast konstant, da beim Routing der Frames nur die Header untersucht werden – dieser Vorgang ist 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 Framegröße (oder sogar einem Größenmix, siehe IMIX auf Seite 6) kann deshalb bereits näherungsweise durch Multiplikation mit der Framerate errechnet werden. Bei konstanter Framerate ist der Datendurchsatz dann direkt abhängig von der Framegröße. 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 (z. B. VDSL2 abhängig vom genutzten Profil).

LANCOM™ Techpaper

Routing Performance

Gerät (LCOS 8.60)	LAN-LAN-Übertragung							Framerate [Frames/s]
	Datendurchsatz in MBit/s bei Framegröße [Byte]							
	64	128	256	512	1024	1280	1518	
LANCOM 1681V	6,809	13,516	26,778	52,702	96,878	98,197	98,476	11708
LANCOM 1781EW	5,589	10,989	22,655	43,716	84,782	105,785	125,330	10625
LANCOM 1781EF	6,333	12,678	25,827	49,825	96,277	119,247	141,236	12078
LANCOM 7100 VPN	38,369	76,464	151,300	294,253	582,480	718,294	849,944	72366
LANCOM 9100 VPN	45,070	90,395	175,824	345,013	675,462	848,806	980,620	84640



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 – 18 Byte Ethernet-Header – 20 Byte IP-Header) bzw. nach Abzug des UDP-Headers (8 Byte) eine UDP-Nutzlast von 466 Byte.

Beim Routing werden zwei verschiedene 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.

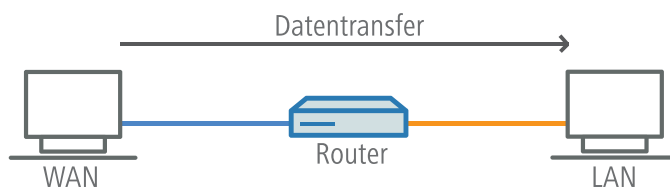
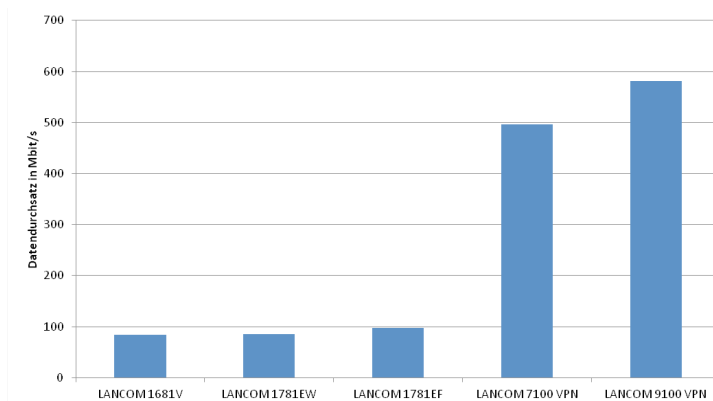
Bei den Messergebnissen ist zu erkennen, dass die Geräte mit 100 MBit-Interface in dieser Messung durch ihr Interface in der Geschwindigkeit begrenzt werden. Der Durchsatz der Gigabit-Modelle steigt mit der Frame-Größe fast linear an und erreicht in der Spitze beim LANCOM 9100 VPN mehr als 980 MBit/s.

LANCOM™ Techpaper

Routing Performance

WAN-LAN-Übertragung	
Gerät (LCOS 8.60)	Datendurchsatz in MBit/s bei 5 gleichzeitigen TCP-Sessions
LANCOM 1681V*	84,4
LANCOM 1781EW	85,5
LANCOM 1781EF	97,0
LANCOM 7100 VPN	496,0
LANCOM 9100 VPN	580,9

*VDSL2-Messung mit 90 Mbit/s Downstream (Profil 30a)



Schematische Darstellung des Testaufbaus

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, hierbei agiert der Computer auf der Seite des WAN als Server, von dem die Datenpakete über den Router an den Computer im LAN übertragen werden, was der Download-Richtung entspricht. Bei der VDSL2-Messung wird der Testaufbau um einen DSLAM ergänzt, welcher eine VDSL2-Verbindung mit 90MBit/s Downstream (Profil 30a) bereitstellt.

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

- Intel Core i7 CPU
- Intel PRO/1000 NIC
- Ubuntu 11.04 / Kernel 2.6.38

Zur Messung wurde die Software iperf 2.05 eingesetzt. Der Parameter TCP-Window-Size wurde auf 256k festgelegt und die Messung wurde mit fünf simultanen Sessions durchgeführt.

LANCOM™ Techpaper

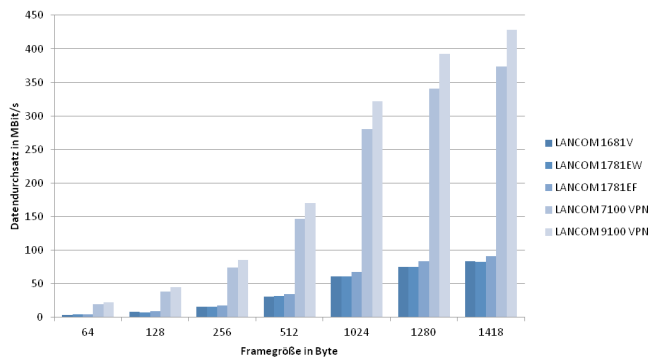
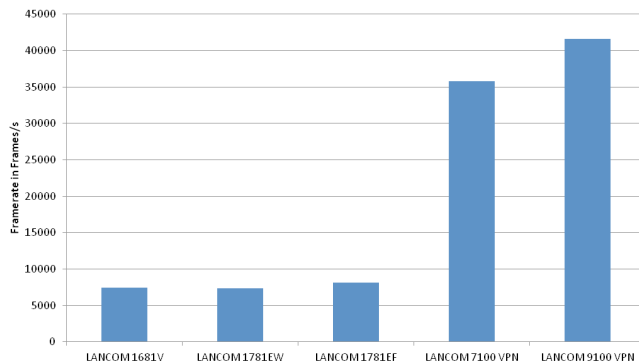
Routing Performance

Gerät (LCOS 8.60)	IPSec Routing (Decryption)							Framerate [Frames/s]
	Datendurchsatz in MBit/s bei Framegröße [Byte]							
	64	128	256	512	1024	1280	1418	
LANCOM 1681V	3,37	7,75	15,44	30,72	61,06	75,36	83,36	7453,60
LANCOM 1781EW	3,97	7,44	15,63	31,80	60,60	74,58	82,32	7397,81
LANCOM 1781EF	3,88	8,94	17,87	34,89	66,99	83,21	91,37	8176,91
LANCOM 7100 VPN	19,51	38,33	73,94	146,38	280,69	340,56	373,68	35737,63
LANCOM 9100 VPN	22,41	45,01	85,80	170,28	322,18	392,37	428,48	41573,41

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 + 18 Byte Ethernet + 20 Byte IP + 8 Byte ESP + 16 Byte Initialisierungs-Vektor (IV) + 1 Byte Padding + 1 Byte Padding-Länge + 12 Byte Authentication).

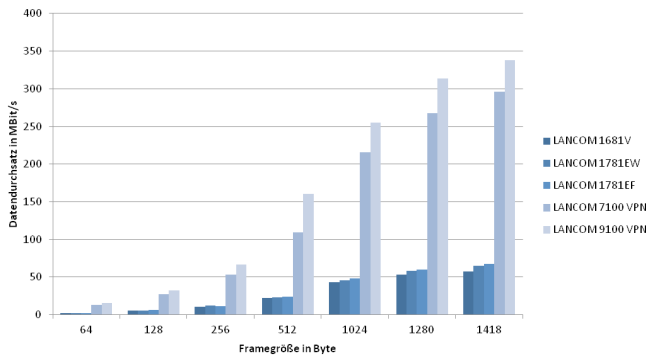
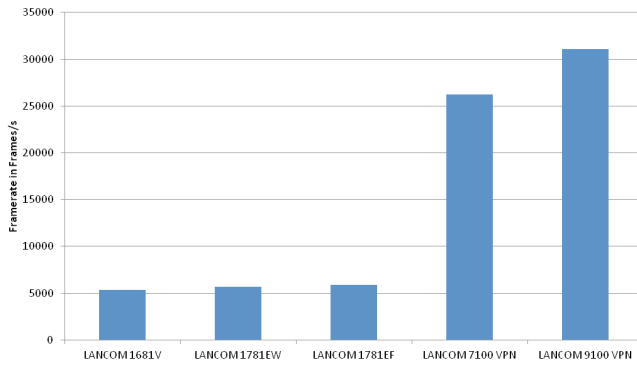


LANCOM™ Techpaper

Routing Performance

Gerät (LCOS 8.60)	IPSec Routing (Encryption)							Framerate [Frames/s]
	Datendurchsatz in MBit/s bei Framegröße [Byte]							
	64	128	256	512	1024	1280	1418	
LANCOM 1681V	2,33	5,75	10,89	22,26	43,48	53,05	57,57	5308,12
LANCOM 1781EW	2,38	5,52	11,88	23,46	45,73	58,00	64,56	5663,57
LANCOM 1781EF	2,38	6,46	11,76	24,27	48,15	60,36	67,25	5894,49
LANCOM 7100 VPN	13,29	27,23	53,66	109,00	215,60	267,53	296,33	26201,42
LANCOM 9100 VPN	15,71	32,53	66,33	130,61	254,92	313,36	337,99	31117,82

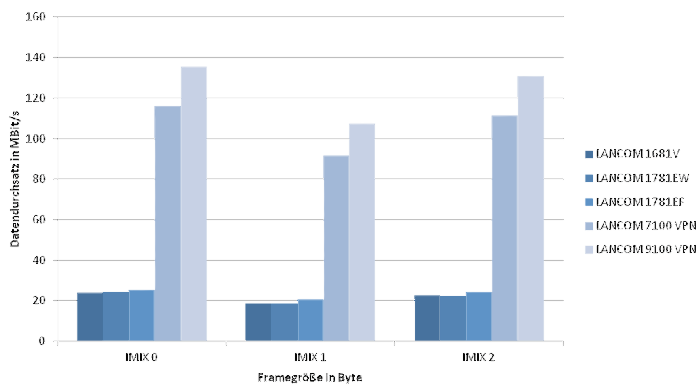
- Der Vorgang der Verschlüsselung (Encryption) bzw. Entschlüsselung (Decryption) benötigten Rechenzeit im Router. Dieser Vorgang verläuft in zwei Stufen, die bei der Verschlüsselung sequentiell ablaufen müssen. Bei der Entschlüsselung hingegen können diese Stufen parallel durchgeführt werden, was bei Modellen mit VPN- Hardware-Beschleuniger zu einem deutlichen Performance-Vorsprung gegenüber der 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 1000 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).



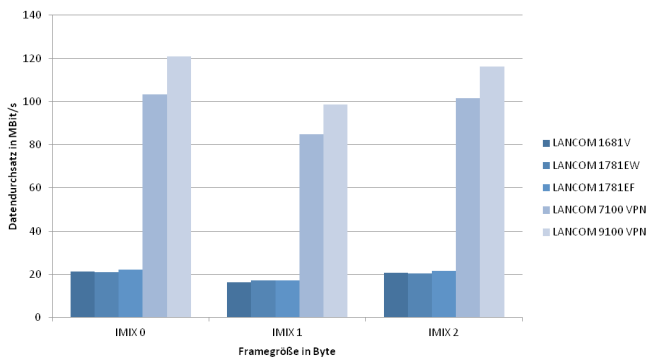
LANCOM™ Techpaper

Routing Performance

Datendurchsatz bei IPSec-Routing (Decryption) in MBit/s (LCOS 8.60)			
Gerät/IMIX-Muster	IMIX 0	IMIX 1	IMIX 2
LANCOM 1681V	24,10	18,65	22,54
LANCOM 1781EW	24,40	18,54	22,45
LANCOM 1781EF	25,38	20,49	24,40
LANCOM 7100 VPN	116,13	91,72	111,27
LANCOM 9100 VPN	135,66	107,33	130,78



Datendurchsatz bei IPSec Routing (Encryption) in MBit/s (LCOS 8.60)			
Gerät/IMIX-Muster	IMIX 0	IMIX 1	IMIX 2
LANCOM 1681V	21,21	16,43	20,43
LANCOM 1781EW	21,08	17,20	20,30
LANCOM 1781EF	22,20	17,20	21,43
LANCOM 7100 VPN	103,21	84,83	101,49
LANCOM 9100 VPN	120,96	98,59	116,16



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:

- IMIX0: 45% 64 Byte, 20% 128 Byte, 5% 256 Byte, 3% 512 Byte, 2% 1024 Byte, 1% 1280 Byte, 24% 1364 Byte.
- IMIX1: 7x 64 Byte, 4x 570 Byte, 1x 1418 Byte.
- IMIX2: 58% 90 Byte, 2% 92 Byte, 24% 594 Byte, 16% 1418 Byte.

Für die Beurteilung der VPN-Durchsatzwerte sollte das IMIX-Muster die Frame-Größe 1418 Byte enthalten – bei einem angenommenen Overhead von 100 Byte ist das die maximale Frame-Größe, die verschlüsselt noch auf dem Ethernet übertragen werden kann (bei 1518 Byte als maximale Frame-Größe IEEE 802.3).

Für die Messungen wurde eine AES-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) schneller erfolgt als die Verschlüsselung (Encryption).