

WIRESHARK Newsletter Februar 2019

Dieser Wireshark Newsletter von Leutert NetServices informiert Sie regelmässig über Neuerungen im Zusammenhang mit dem Open Source Analyzer Wireshark und weiteren Netzwerkanalyse-Produkten.

Virtualisierungs- und Wireless-Technik sind aktuell die Bereiche mit den grössten Veränderungen. Beide Themen haben enormen Einfluss auf die **Netzwerkanalyse**.

Das Thema **Analyse im virtuellen Umfeld** haben wir in unserem Event im Sept. 2016 behandelt und inzwischen auch in unsere Kurse integriert. Die Slides zum Event sind weiterhin verfügbar unter: <https://www.netsniffing.ch/de/wireshark-infos/events>

Dieser Newsletter fokussiert auf die Thematik **Analyse im WLAN Umfeld**. Auch hier hat sich in jüngster Zeit viel verändert. Zahlreiche Hersteller bieten heute die Möglichkeit, direkt auf den WLAN Access-Points (bzw. Router) Daten aufzuzeichnen und mit Wireshark zu analysieren, was die Suche nach WLAN Problemen stark erleichtert. Es bleiben jedoch Situationen (wie z.B. Roaming Probleme) wo eine **gleichzeitige Aufzeichnung in mehreren WLAN Zellen** unumgänglich ist.

Schlagzeilen:

- Sehr eingeschränkte WLAN Aufzeichnung unter **Windows OS**
- End-of-Availability der **AirPcap** USB-WLAN-Adapter
- Wi-Fi Monitor Mode im **MAC OS**
- Erklärung wichtiger WLAN Begriffe, Physical Rate und MCS Index Tabelle
- **WaveXpert**, neue WLAN Hardware für die Aufzeichnung bis 802.11ac Wave 2
- Durchsatzmessungen von verschiedenen **802.11ac** Produkten
- Durchsatzmessungen mit **iPerf3**
- Kurshinweise

End-of-Availability der AirPcap USB Adapter

Wie unter WLAN Spezialisten bekannt, können unter [Windows Betriebssystemen](#) die in den Notebook eingebauten WLAN Chipsets (wegen fehlender Treiber) nur sehr eingeschränkt für die Aufzeichnung verwendet werden.

Einschränkungen für WLAN Analyse unter Windows:

- **Promiscuous Mode** nicht unterstützt (d.h. nur eigene Pakete und Broadcast sind sichtbar)
- Frames werden im **Ethernet Format** angezeigt (nicht im Original WLAN Format)
- Keine **WLAN Management & Control Frames** (sind unverzichtbar für die WLAN Analyse)
- Keine **Radiotap Informationen** (Signal Strength, Data Rate, Noise Level Angaben fehlen)

Für detaillierte WLAN Aufzeichnungen ist unter Windows spezielle Hardware notwendig.

Die ursprünglich von der Firma [CACE](#) entwickelten und später von der Firma [RIVERBED](#) vertriebenen **AirPcap USB Adapter** ermöglichten WLAN Aufzeichnungen ohne die obigen Einschränkungen. Mit Hilfe von mehreren Adaptern war auch die Aufzeichnung des Roaming-Prozesses möglich.

Diese Adapter unterstützen jedoch nur bis Standard [802.11n](#), was im heutigen Umfeld mit [802.11ac](#) nicht mehr genügt.

Herstellung und Vertrieb wurden auf Ende 2017 eingestellt und die Adapter sind nicht mehr verfügbar.



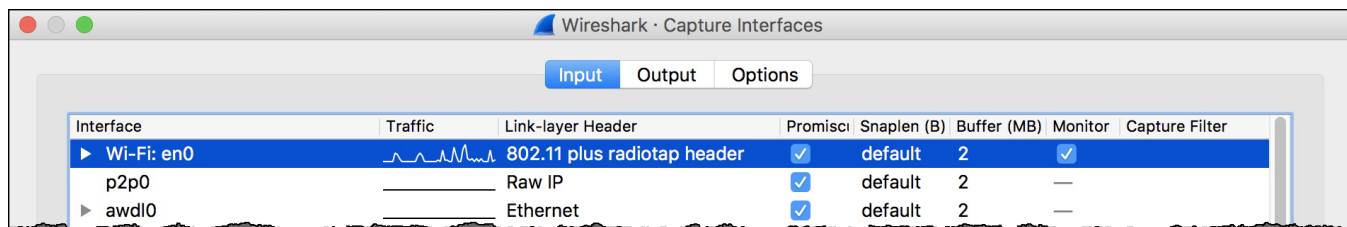
WLAN Aufzeichnung unter MAC OS, Unix, Linux etc.

Viele UNIX, LINUX basierende Systeme ermöglichen hingegen die Aufzeichnung von WLAN Paketen mit den eingebauten WLAN Adaptern und unterstützen den **Monitor Mode**.

Möglichkeiten für WLAN Analyse z.B. unter MAC OS:

- **Promiscuous Mode** unterstützt (d.h. alle Pakete in der Zelle sichtbar)
- Frames werden im **original WLAN Format** angezeigt
- **Monitor Mode** d.h. **WLAN Management & Control Frames** sind sichtbar
- Inkl. **Radiotap Informationen** (Signal Strength, Data Rate, Noise Level etc.)
- Nur Pakete in der **assoziierten Wi-Fi Zelle** werden aufgezeichnet

Monitor Mode für
Wi-Fi im MAC OS



No.	Time	Source	Destination	Speed	Channel	RSSI	Protocol	Length	Info
229	6.977347	Apple_6b:5e:fb	Broadcast	1	6	-41dBm	802.11	271	Beacon frame, SN=2375, FN=0, Flags=..
230	6.993044		Apple_18:54:08 ...	24	6	-41dBm	802.11	39	Acknowledgement, Flags=.....C
231	7.079759	Apple_6b:5e:fb	Broadcast	1	6	-42dBm	802.11	271	Beacon frame, SN=2376, FN=0, Flags=..
232	7.182152	Apple_6b:5e:fb	Broadcast	1	6	-41dBm	802.11	271	Beacon frame, SN=2377, FN=0, Flags=..
233	7.182906	Apple_18:54:08	Broadcast	2	6	-40dBm	802.11	159	Data, SN=2378, FN=0, Flags=.pm...F.C
234	7.183710	Apple_18:54:08	Broadcast	2	6	-40dBm	802.11	159	Data, SN=2379, FN=0, Flags=.pm...F.C

WLAN Management- Control- & Data-Frames im MAC OS Monitor Mode

Erklärung wichtiger Begriffe

Für das Verständnis nachfolgender Ausführungen sind folgende Begriffe von Bedeutung:

- **Physical Rate** → Auch **Brutto-Bandbreite** genannt. Ist die Taktfrequenz des Übertragungsmediums, z.B. 1'000'000'000 bit/s bei Gigabit Ethernet. **Der nutzbare Durchsatz ist kleiner**, da ein Teil der Bandbreite für Interframe Gap, Preamble sowie Frame-, IP- und TCP/UDP- Header verwendet wird. WLAN verwendet zusätzlich viele **Management- und Control-Frames**.
- **TCP/UDP Payload** → Auch **Netto-Bandbreite** genannt. Die tatsächlich nutzbare Durchsatzgeschwindigkeit durch eine Anwendung. Bei Ethernet maximal ca. 95% , bei WLAN maximal ca. 60% der Physical Rate. **Die iPerf Messresultate zeigen den TCP/UDP Payload!**
- **TCP Session oder Stream** → Bezeichnung für eine einzelne TCP Verbindung zwischen zwei Endgeräten. TCP unterstützt auch mehrere parallele Sessions oder Streams und kann dadurch u.U. den Durchsatz erhöhen. Der Durchsatz einer TCP Session wird durch Parameter gesteuert.
- **Channel Bonding** → Verwenden mehrerer 20MHz breiten Frequenz-Kanäle zur Erhöhung des Durchsatzes. 802.11n unterstützt max. **2 Kanäle**; 802.11ac Wave 2 max. **8 Kanäle**.
- **Wi-Fi Spatial Streams (MIMO)** → Unabhängige und separat codierte Datensignale für die gleichzeitige Übertragung **im selben Kanal**. Jeder Stream braucht eine **eigene Antenne**.
- **4 x 4 : 4** → Abgekürzte Bezeichnung für die Sende- und Empfangseigenschaften von Wi-Fi Geräten. Die Werte entsprechen der Anzahl **Transmitter, Receiver und Spatial Streams: TX x RX : Streams**. Wegen Strombedarf haben mobile Clients oft kleinere Werte, z.B. 2 x 2 : 2
- **Modulation & Coding Scheme (MCS) Index** → Nummerierungssystem zur Unterscheidung der verwendeten Übertragungsoptionen wie Modulationstyp, Physical Rate usw.
- **Client und Access Point MCS** → Unterstützen Mobile Client und Access Point unterschiedliche MCS Werte, wird der **geringere der beiden Werte** verwendet (Erklärung zu Chart auf Seite 16)

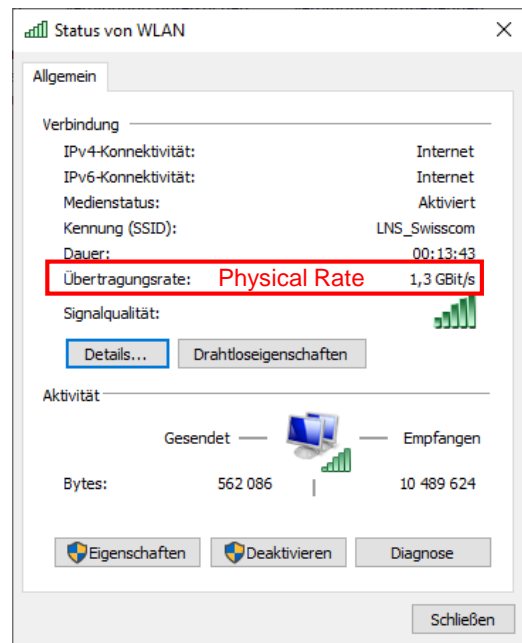
Modulation & Coding Scheme (MCS) Index

Während in den ersten WLAN Standards 802.11 a/b/g die **Datenraten fix definiert** waren, ist die Situation mit 802.11n/ac wesentlich komplizierter geworden.

Mit dem n & ac Standard wurden zahlreiche neue **Optionen** zur Durchsatzerhöhung eingeführt:

- **Channel Bonding** zur gleichzeitigen Nutzung mehrerer 20MHz-breiten Frequenz-Kanäle
- **Multiple-Input Multiple-Output (MIMO)** nutzt mehrere parallele Spatial Streams
- **Short Guard Interval (SGI)** 400ns statt 800ns Pausen zwischen den Übertragungssymbolen

Einige dieser Optionen wie z.B. die Anzahl genutzter Kanäle, lassen sich manuell konfigurieren, andere wie z.B. SGI werden je nach Verbindungsqualität selbstständig ein- oder ausgeschaltet.



Als Klassifizierung für die neuen **n/ac Wi-Fi Optionen** wurde der **MCS Index** eingeführt (Tabelle auf Seite 6).

Die Statusanzeigen der verschiedenen Betriebssysteme zeigen meistens wenig Details über die Art der WLAN Verbindung.

Der Client links ist verbunden mit der **Physical Rate** von **1.3 GBit/s**.

Aus der Tabelle (auf Seite 6) ergeben sich folgende Details:

Der Client ist verbunden mit:

- AC Wave1, MCS Index 9
- 3 Spatial Streams
- 80 MHz Kanalbreite (4 Channels Bonded)
- 256 QAM mit Verwendung von SGI (400ns)

→ **Der TCP Payload liegt bei max. ca. 800 Mbit/s** (Chart Seite 16)

802.11n/ac Detailed Physical Rate Table (mit MCS Index)

802.11n/ac Rate Table (Mbps)				Channel Width							
Spatial Streams	802.11n MCS Index	802.11ac MCS Index	Modulation	20 MHz (1 Ch.)		40 MHz (2 Ch.)		80 MHz (4 Ch.)		160 MHz (8 Ch.)	
				Guard Interval 800ns	Guard Interval 400ns	Guard Interval 800ns	Guard Interval 400ns	Guard Interval 800ns	Guard Interval 400ns	Guard Interval 800ns	Guard Interval 400ns
1	0	0	BPSK	6,5	7,2	13,5	15	29,3	32,5	58,5	65
	1	1	QPSK	13	14,4	27	30	58,5	65	117	130
	2	2	QPSK	19,5	21,7	40,5	45	87,8	97,5	175	195
	3	3	16-QAM	26	28,9	54	60	117	130	234	260
	4	4	16-QAM	39	43,3	81	90	175,5	195	351	390
	5	5	64-QAM	52	57,8	108	120	234	260	468	520
	6	6	64-QAM	58,5	65	121,5	135	263,3	292,5	526,5	585
	7	7	64-QAM	65	72,2	135	150	292,5	325	585	650
	--	8	256-QAM	78	86,7	162	180	351	390	702	780
--	9	256-QAM	n.a.	n.a.	180	200	390	433,3	780	866,7	
2	8	0	BPSK	13	14,4	27	30	58,5	65	117	130
	9	1	QPSK	26	28,9	54	60	117	130	234	260
	10	2	QPSK	39	43,4	81	90	175,5	195	351	390
	11	3	16-QAM	52	57,8	108	120	234	260	468	520
	12	4	16-QAM	78	86,7	162	180	351	390	702	780
	13	5	64-QAM	104	115,6	216	240	468	520	936	1040
	14	6	64-QAM	117	130	243	270	526,5	585	1053	1170
	15	7	64-QAM	130	144,4	270	300	585	650	1170	1300
	--	8	256-QAM	156	173,3	324	360	702	780	1404	1560
--	9	256-QAM	n.a.	n.a.	360	400	780	866,7	1560	1733,3	
3	16	0	BPSK	19,5	21,7	40,5	45	87,8	97,5	175,5	195
	17	1	QPSK	39	43,3	81	90	175,5	195	351	390
	18	2	QPSK	58,5	65	121,5	135	263,3	292,5	526	585
	19	3	16-QAM	78	86,7	162	180	351	390	702	780
	20	4	16-QAM	117	130	243	270	526,5	585	1053	1170
	21	5	64-QAM	156	173,3	324	360	702	780	1404	1560
	22	6	64-QAM	175,5	195	364,5	405	n.a.	n.a.	1579,5	1755
	23	7	64-QAM	195	216,7	405	450	877,5	975	1755	1950
	--	8	256-QAM	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340
--	9	256-QAM	260	288,9	540	600	1170	1300	n.a.	n.a.	
4	24	0	BPSK	26	28,9	54	60	117	130	234	260
	25	1	QPSK	52	57,8	108	120	234	260	468	520
	26	2	QPSK	78	86,7	162	180	351	390	702	780
	27	3	16-QAM	104	115,6	216	240	468	520	936	1040
	28	4	16-QAM	156	173,3	324	360	702	780	1404	1560
	29	5	64-QAM	208	231,1	432	480	936	1040	1872	2080
	30	6	64-QAM	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340
	31	7	64-QAM	260	288,9	540	600	1170	1300	2340	2600
	--	8	256-QAM	312	346,7	648	720	1404	1560	2808	3120
--	9	256-QAM	n.a.	n.a.	720	800	1560	1733,3	3120	3466,7	

Coloring:

802.11n

802.11ac Wave 1

802.11ac Wave 2

Only 4 streams shown on table. Wave 2 supports up to 8 streams and MU-MIMO

Übersicht WiFi 802.11 Standards



2.4 GHz

Phys. Rate	Modulation	Description
1 2	Barker/DBPSK Barker/DBPSK	802.11 DSSS ,Long Preamble'
5.5 11	CCK/DQPSK CCK/DQPSK	802.11b High Rate (HR) with ,Short Preamble'
6, 9 12, 18 24, 36 48, 54	OFDM/BPSK OFDM/QPSK OFDM/16-QAM OFDM/64-QAM	802.11g Extended Rate PHY (ERP)
From 6.5 up to 600	OFDM/16-QAM OFDM/64-QAM	802.11n High Throughput (HT) Extensions

CCK = Complementary Code Keying
 DBPSK = Differential Binary Phase-Shift Keying
 DQPSK = Differential Quadrature Phase-Shift Keying
 OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 BPSK = Binary Phase-Shift Keying
 QPSK = Quadrature Phase-Shift Keying
 QAM = Quadrature Amplitude Modulation



5 GHz

Phys. Rate	Modulation	Description
6, 9 12, 18 24, 36 48, 54	OFDM/BPSK OFDM/QPSK OFDM/16-QAM OFDM/64-QAM	802.11a
From 6.5 up to 600	OFDM/16-QAM OFDM/64-QAM	802.11n HT Extensions
From 86 up to 6930	OFDM/16-QAM OFDM/64-QAM OFDM/256-QAM	802.11ac Very High Throughput (VHT)

New Wi-Fi Alliance WLAN Naming:

Wi-Fi 1	802.11
Wi-Fi 2	802.11 a/b
Wi-Fi 3	802.11 g
Wi-Fi 4	802.11 n
Wi-Fi 5	802.11 ac
Wi-Fi 6	802.11 ax

802.11n/ac Physical Rate Table (with up to 8 Streams)



802.11n

802.11n/ac Physical Rate Table (Mbit/s)								
Number of Streams	Modulation	Antennas Tx x Rx	Spatial Streams	Channel Width (MHz)				Band Support
				20	40	80	160	
One Stream	64-QAM	1 x 1	1	72	150	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz
Two Streams	64-QAM	2 x 2	2	144	300	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz
Three Streams	64-QAM	3 x 3	3	216	450	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz
Four Streams	64-QAM	4 x 4	4	288	600	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz

802.11ac
Wave 1



802.11ac
Wave 2

One Stream	256-QAM	1 x 1	1	86	200	433	866	5 GHz
Two Streams	256-QAM	2 x 2	2	173	400	866	1733	5 GHz
Three Streams	256-QAM	3 x 3	3	289	600	1300	2600	5 GHz
Four Streams	256-QAM	4 x 4	4	385	800	1733	3466	5 GHz
Five Streams	256-QAM	5 x 5	5	n.a.	1000	2166	4333	5 GHz
Six Streams	256-QAM	6 x 6	6	577	1200	n.a.	5200	5 GHz
Seven Streams	256-QAM	7 x 7	7	n.a.	1400	3033	6066	5 GHz
Eight Streams	256-QAM	8 x 8	8	770	1600	3466	6933	5 GHz

802.11ac Wave 2 also supports Multi-User MIMO (MU-MIMO)

Neue WLAN Hardware für die Aufzeichnung von 802.11ac

Der **WaveXpert** von **Softing IT Networks** ist in seinen Funktionen aktuell einzigartig und ermöglicht die Aufzeichnung in bis zu vier WLAN Zellen gleichzeitig:

WaveXpert 1 mit vier **Dual Band** 802.11ac **Wave1** Modulen

- 2,4GHz, 3x3, 3 Streams, bis max. 40MHz und 450MBit/s
- 5GHz, 3x3, 3 Streams, bis max. 80MHz und 1'300MBit/s

WaveXpert 2 mit vier **Single Band** 802.11ac **Wave2** Modulen

- 5GHz, 4x4, 4 Streams, bis max. 160MHz und 1'733MBit/s

- USB-C Thunderbolt™3 Port für **Daten und Stromversorgung**
- Trace Files im **pcapng** Format, inkl. **Radiotap Header**
- Rückwärts kompatibel: unterstützt 802.11a/b/g/n/ac
- Verwendet customized Linux, bootable ab USB Stick

Erfordert:

- Notebook für Bedienung (GUI) und Datenspeicherung
- USB-C Thunderbolt™3 (vorhanden in vielen neuen Notebooks)
- Empfohlen: WLAN Kurs von Leutert NetServices 😊

Bezugsquelle:

- In der Schweiz: exklusiv durch Leutert NetServices
- Einführungspreis (WaveXpert 1 oder 2): CHF 2'250 (ohne MwSt.)
- Mehr Infos <https://www.netsniffing.ch/de/produkte/wavexpert>



Multi-Channel WLAN Sniffer

Gemeinsam entwickelt von:

Softing IT Networks GmbH
85540 Haar, Germany und
GHMT AG
66450 Bexbach, Germany

Neue WLAN Hardware für die Aufzeichnung bis 802.11ac



802.11n

802.11n/ac Physical Rate Table (Mbps)									
Number of Streams	Modulation	Antennas		Spatial Streams	Maximum Rate (Mbps)				Band Support
		Tx	Rx		1 Ch.	2 Ch.	4 Ch.	8 Ch.	
One Stream	64-QAM	1	1	1	72	150	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz
Two Streams	64-QAM	2	2	2	144	300	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz
Three Streams	64-QAM	3	3	3	216	450*	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz
Four Streams	64-QAM	4	4	4	288	600	n.a.	n.a.	2.4 & 5 GHz



802.11ac
Wave 1

One Stream	256-QAM	1	1	1	86	200	433	n.a.	5 GHz
Two Streams	256-QAM	2	2	2	173	400	866	n.a.	5 GHz
Three Streams	256-QAM	3	3	3	289	600	1300*	n.a.	5 GHz

* **Wave Xpert 1** supports up to 4 channels (80 MHz) per WLAN module



802.11ac
Wave 2

One Stream	256-QAM	1	1	1	86	200	433	866	5 GHz
Two Streams	256-QAM	2	2	2	173	400	866	1733**	5 GHz
Three Streams	256-QAM	3	3	3	289	600	1300	2600	5 GHz
Four Streams	256-QAM	4	4	4	385	800	1733**	3470	5 GHz
Eight Streams	256-QAM	8	8	8	770	1600	3470	6930	5 GHz

** **Wave Xpert 2** supports up to 8 channels (160 MHz) per WLAN module

Neue WLAN Hardware für die Aufzeichnung bis 802.11ac

Konfigurationsmenüs

WaveXpert Einstellungen:
Kanalnummern und Bandbreite

WaveXpert - Version 3.0.3 - 64

External power

Adapter	Channel	Bandwidth	Select
(wi) wlan1	Channel 36 (5.1 GHz)	HT20 HT40+ HT40- HT80 HT20	<input checked="" type="checkbox"/>
(wi) wlan2	Channel 40 (5.2 GHz)	HT20	<input checked="" type="checkbox"/>
(wi) wlan3	Channel 44 (5.22 GHz)	HT20	<input checked="" type="checkbox"/>
(wi) wlan4	Channel 48 (5.24 GHz)	HT20	<input checked="" type="checkbox"/>

Start Wireshark menu

Run Wireshark capture

Run long term capture

WiFi scan

Tools

optimize! softing GHMT[®]

Help

Wireshark - Capture Interfaces

Input Output Options

Interface	Traffic	Link-layer Header	Promisc	Snaplen (B)	Buffer (MB)	Monitor Mode	Capture Filter
▶ internal: wlan0		Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	<input type="checkbox"/>	
wlan1		802.11 plus radiotap header	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	<input type="checkbox"/>	
wlan2		802.11 plus radiotap header	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	<input type="checkbox"/>	
wlan3		802.11 plus radiotap header	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	<input type="checkbox"/>	
wlan4		802.11 plus radiotap header	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	<input type="checkbox"/>	
internal: eth0		Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/>	default	2	<input type="checkbox"/>	

Enable promiscuous mode on all interfaces

Manage Interfaces...

Capture filter for selected interfaces:

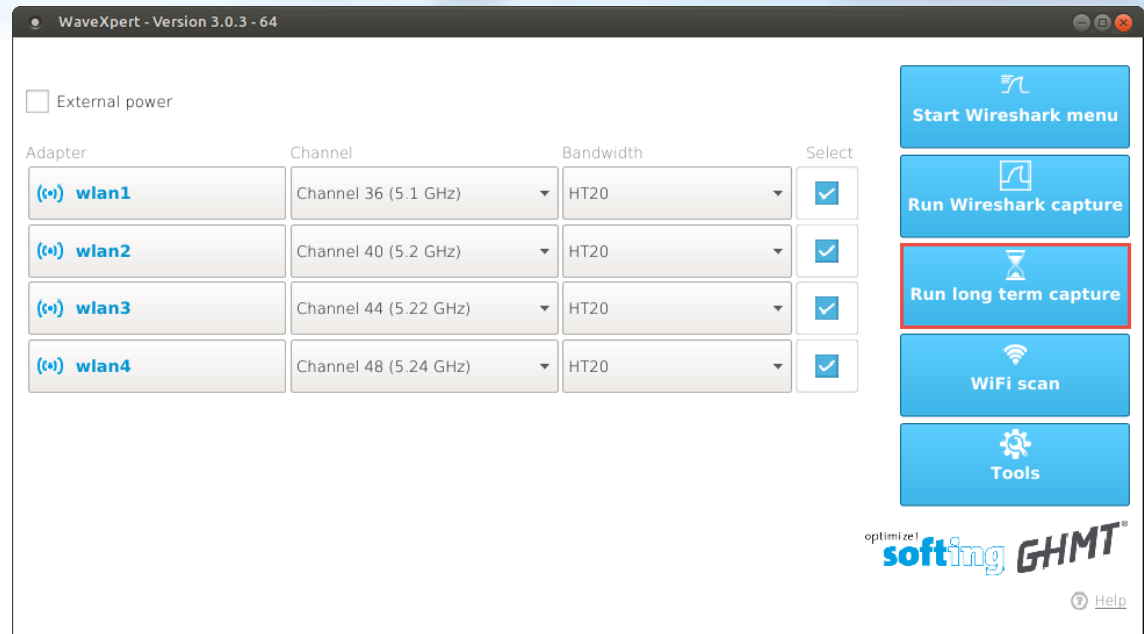
Compile BPFs

Help Close Start

Einstellungen:
Wireshark Optionen

Neue WLAN Hardware für die Aufzeichnung bis 802.11ac

WaveXpert Konfigurationsmenüs



Funktion **Long Term Capture**:



- Option zum kontinuierlichen Aufzeichnen von Paketen über längere Zeit
- Verwendet **Dumpcap** Funktion und speichert Pakete direkt in Files (ohne Wireshark)
- Generiert alle **5 Min.** automatisch ein neues File mit Zeitstempel
- Files verwenden das neue **pcapng** Format
- Reduziert Paketgrösse auf **500 Bytes** (Snap-length)

Neue WLAN Hardware für die Aufzeichnung bis 802.11ac

No.	Time	Source	Destination	Protocol	RSSI	Chan	TX	Bandwidth	MCS index	Info
141	1.791	Apple_24:89:84 ...	Trendnet_a1:a2:3...	802.11	-93 dBm	48	24			Request-to-send, Flags=.....
142	1.791		Apple_24:89:84 (...	802.11	-62 dBm	48	24			Clear-to-send, Flags=.....
143	1.792	Apple_24:89:84	Trendnet_a1:a2:34	LLC	-84 dBm	48	180	40 MHz	12	I, N(R)=16, N(S)=0; DSAP SNA G
144	1.792	48:00:18:cc:8e:...	d8:eb:23:e7:44:a9	LLC	-84 dBm	48	180	40 MHz	12	I, N(R)=16, N(S)=0; DSAP PROWA
145	1.792	Trendnet_a1:a2:...	Apple_24:89:84 (...	802.11	-66 dBm	48	24			802.11 Block Ack, Flags=.....
146	1.891	Trendnet_a1:a2:...	Broadcast	802.11	-46 dBm	48	6			Beacon frame, SN=897, FN=0, Fl
147	1.937	Trendnet_a1:a2:...	Apple_24:89:84 (...	802.11	-66 dBm	48	24			Request-to-send, Flags=.....
148	1.937		Trendnet_a1:a2:3...	802.11	-92 dBm	48	24			Clear-to-send, Flags=.....
149	1.938	Trendnet_a1:a2:...	Apple_24:89:84	STP	-50 dBm	48	135	40 MHz	18	Conf. Root = 49152/3958/00:88:
150	1.938	Apple_24:89:84 ...	Trendnet_a1:a2:3...	802.11	-92 dBm	48	12			802.11 Block Ack, Flags=.....
151	1.938	Apple_24:89:84 ...	Trendnet_a1:a2:3...	802.11	-91 dBm	48	24			Request-to-send, Flags=.....
152	1.938		Apple_24:89:84 (...	802.11	-62 dBm	48	24			Clear-to-send, Flags=.....
153	1.938	Apple_24:89:84	Trendnet_a1:a2:34	LLC	-83 dBm	48	180	40 MHz	12	I, N(R)=16, N(S)=0; DSAP PROWA
154	1.938	Trendnet_a1:a2:...	Apple_24:89:84 (...	802.11	-65 dBm	48	24			802.11 Block Ack, Flags=.....
155	1.994	Trendnet_a1:a2:...	Broadcast	802.11	-47 dBm	48	6			Beacon frame, SN=898, FN=0, Fl
156	1.938	84:0e:66:d7:a8:...	28:5d:06:61:31:77	802.11	-88 dBm	40	24			Fragmented IEEE 802.11 frame
157	2.049	SamsungE_dc:d7:...	fe:ec:da:b5:5a:6...	802.11	-89 dBm	40	24			802.11 Block Ack, Flags=.....
158	2.119			802.11	-87 dBm	40	24			QoS Data + CF-Acknowledgment[M
159	2.049	SamsungE_dc:d7:...	fe:ec:da:b5:5a:6...	802.11	-91 dBm	36	24			802.11 Block Ack, Flags=.....
160	2.048	fe:ec:da:b5:5a:...	Broadcast	802.11	-83 dBm	44	6			Beacon frame, SN=1354, FN=0, F
161	2.048	Cisco_f6:7a:d1	Spanning-tree-(f...	LLC	-83 dBm	44	6			I, N(R)=48, N(S)=10; DSAP 0x9e
162	2.048	SamsungE_dc:d7:...	fe:ec:da:b5:5a:6f	802.11	-70 dBm	44	12			Null function (No data), SN=26
163	2.048		SamsungE_dc:d7:7...	802.11	-83 dBm	44	12			Acknowledgement, Flags=.....

▶ Frame 141: 76 bytes on wire (608 bits), 76 bytes captured (608 bits) on interface 3
 ▶ Radiotap Header v0, Length 60
 ▶ 802.11 radio information
 ▶ IEEE 802.11 Request-to-send, Flags:

PHY type (wlan_radio.phy) Packets: 37508 · Displayed: 37508 (100.0%) Profile: WLAN3.4

WaveXpert Aufzeichnung gleichzeitig in den Kanälen 36, 40, 44, 48 mit Angaben der Signalstärke, TX Rate usw.
 Nur die Daten werden auf breiten Kanälen übertragen, Mgmt. & Controlframes immer im 20MHz breiten Basiskanal

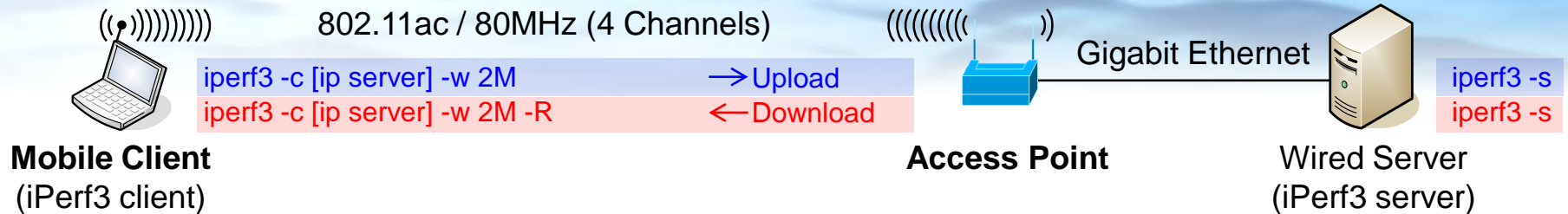
Durchsatzmessungen mit 802.11ac Produkten

Details zur Messkonfiguration

- Gewählt wurden aktuelle Client- und Access-Point-Produkte die den ac Standard unterstützen
- Gemessen wurde die Kombination von drei verschiedenen Clients zu vier Access-Points
- Das Ziel war, die maximal **nutzbare Durchsatzrate** (netto in Mbits/s) zu messen
- Die Messungen fanden in störungsfreier Umgebung statt, mit jeweils nur **einem Client pro Kanal**
- Die Clients befanden sich in **unmittelbarer Nähe** zum Access-Point (ca. 1-2 m)
- Geringe **Positionsänderungen** des Clients können bereits Einfluss auf den Durchsatz haben
- Gemessen wurde mit der neusten Version des OpenSource Tools **iPerf3** und dem **TCP** Protokoll
- Es wurde **nur eine** TCP Session verwendet; die verwendeten iPerf3 Parameter sind angegeben
- **Upload** (Client zu AP) und **Download** (AP zu Client) wurden getrennt gemessen (Half-Duplex)

→ Die Messungen haben keinen wissenschaftlichen Anspruch. Sie sollen nur als Richtwerte dienen, welche **maximal nutzbaren Durchsatzraten** mit aktuellen Produkten erreicht werden können.

WLAN Test Anordnung und Komponenten



Tested Mobile Clients



ThinkPad-T540p

Windows 10 Pro 1709 64-bit
 WLAN: Intel(R) Wireless AC 7260
 Driver: Intel, 01.10.2017, 18.33.9.3
 2 Streams (2x2:2) Phys. Rate 866 Mbit/s



Apple MacBook Pro (Model 14.2)

13.30", Retina, Intel Core i5, 8GB, SSD
 WLAN: AirPort Extreme / BCM 43xx 1.0
 3 Streams (3x3:3) Phys. Rate 1'300 Mbit/s



TP-LINK USB 3.0 WLAN Adapter

Model: Archer T9UH EU/V1
 Driver: TP-LINK TECHNOLOGIES CO
 10.12.2015, Version 1030.3.831.2015
 3 Streams (4x4:3) Phys. Rate 1'300 Mbit/s

Tested Access Points



CISCO AIR-AP3802i (Controller based)
 Supports up to 160 MHz (8 Channels)
 3 Streams (4x4:3) Phys. Rate 1'300 Mbit/s



FRITZ!Box 7590
 FRITZ!OS: Version 06.83
 4 Streams (4x4:4) Phys. Rate 1'733 Mbit/s










Swisscom Internet-Box 2
 Firmware: 08.01.08/08.01.00/01110
 4 Streams (4x4:4) Phys. Rate 1'733 Mbit/s



UPC Connect-Box
 HW: 5.01 SW: CH7465LG-NCIP-4.50.18.23-4-GA-NOSH
 3 Streams (3x3:3) Phys. Rate 1'300 Mbit/s

Durchsatzmessungen mit 802.11ac Produkten

Access Points					
Mobile Clients		CISCO AP3802i 3 Streams (4x4) Max. Phys. Rate 1'300 Mbit/s	Fritz!Box 7590 4 Streams (4x4) Max. Phys. Rate 1'733 Mbit/s	Swisscom IB 2 4 Streams (4x4) Max. Phys. Rate 1'733 Mbit/s	UPC Connect Box 3 Streams (3x3) Max. Phys. Rate 1'300 Mbit/s
	Upload	↑ Avg. 1 Min. 450 Peak rate 468	↑ Avg. 1 Min. 380 Peak rate 390	↑ Avg. 1 Min. 260 Peak rate 312	↑ Avg. 1 Min. 295 Peak rate 318
	Download	↓ Avg. 1 Min. 466 Peak rate 520	↓ Avg. 1 Min. 260 Peak rate 270	↓ Avg. 1 Min. 470 Peak rate 530	↓ Avg. 1 Min. 420 Peak rate 430
	Upload	↑ Avg. 1 Min. 750 Peak rate 830	↑ Avg. 1 Min. 790 Peak rate 840	↑ Avg. 1 Min. 933 Peak rate 950	↑ Avg. 1 Min. 550 Peak rate 610
	Download	↓ Avg. 1 Min. 770 Peak rate 840	↓ Avg. 1 Min. 920 Peak rate 956	↓ Avg. 1 Min. 865 Peak rate 880	↓ Avg. 1 Min. 710 Peak rate 720
	Upload	↑ Avg. 1 Min. 654 Peak rate 703	↑ Avg. 1 Min. 850 Peak rate 910	↑ Avg. 1 Min. 655 Peak rate 750	↑ Avg. 1 Min. 503 Peak rate 588
	Download	↓ Avg. 1 Min. 581 Peak rate 619	↓ Avg. 1 Min. 660 Peak rate 670	↓ Avg. 1 Min. 745 Peak rate 833	↓ Avg. 1 Min. 680 Peak rate 740

Durchsatzmessungen mit 802.11ac Produkten

Partner und Sponsoren

Die WLAN Durchsatzmessungen wurden in Zusammenarbeit und mit Unterstützung folgender Firmen durchgeführt:



Experten für Performance Messungen, Software & Security in den Bereichen Internet, WLAN, GSM usw. <https://www.cnlab.ch/speedtest/>

Besten Dank auch an die Sponsoren für die Zurverfügungstellung folgender Geräte:



Swisscom Internet-Box 2



FRITZ!Box 7590



UPC Connect-Box

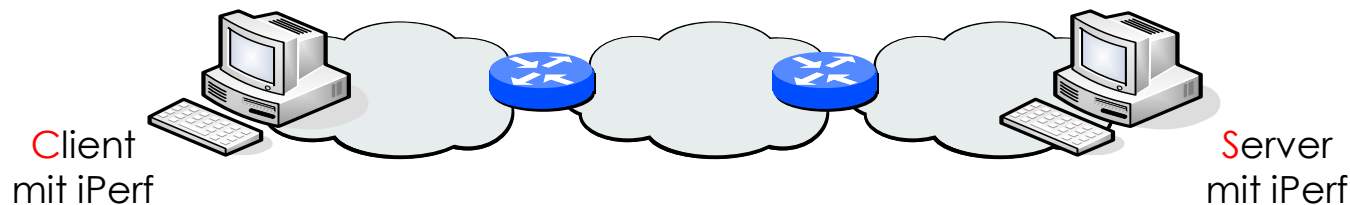


CISCO AIR-AP3802i

Durchsatzmessungen mit iPerf

iPerf Vorstellung

- iPerf ist ein weltweit eingesetztes, anerkanntes Open Source Tool für Bandbreitenmessungen
- Verfügbar seit über 15 Jahren und kostenlos erhältlich für die meisten Betriebssysteme
- Ermöglicht das Konfigurieren von **TCP-Parametern** wie z.B. TCP Window- und Segment-Size
- **Achtung: Gemäss Erfahrungen von **cnlab Experten** greifen die TCP-Parameter bei verschiedenen Betriebssystem unterschiedlich. Mit Wireshark überprüfen!**
- Misst Paketverluste und Latenz-Schwankungen (Jitter)
- Generiert Übertragungsdaten ohne Zugriff auf die Speichermedien (ist dadurch schneller)
- Das iPerf Programm wird auf zwei (oder mehr) Stationen installiert
- Die Funktion, ob **Client oder Server**, wird durch die **Befehlseingabe** definiert (siehe Beispiel unten)



```
c:\>iperf -c 192.168.0.200 -w 2M
```

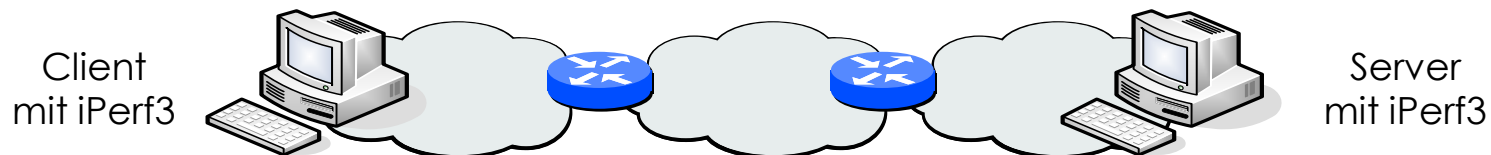
```
c:\>iperf -s -w 2M
```

- iPerf verwendet **per default TCP** als Transportprotokoll, UDP kann konfiguriert werden.
- Bei Version iPerf2 **müssen** die TCP Parameter noch auf **beiden Seiten** eingegeben werden!

Durchsatzmessungen mit iPerf3

Neue Funktionen von iPerf3

- iPerf3 ist eine komplette Neuentwicklung und ist **nicht kompatibel** mit älteren iPerf Versionen
- **Neu müssen die TCP Parameter für Server und Client nur noch auf dem Client definiert werden!**
- Der Client übermittelt diese Parameter vor der Messung über eine TCP Session an den Server



```
C:\>iperf3 -c 192.168.0.200 -w 2M
```

```
C:\>iperf3 -s
```

- Dadurch ist es neu möglich, den Durchsatz **von/zu öffentlichen Servern im Internet** zu messen
- Eine Liste ist verfügbar unter <https://iperf.fr/iperf-servers.php> (einige auch mit IPv6 Protokoll)

```
C:\>iperf3 -c bouygues.iperf.fr -w 2M -R
```

```
Connecting to host bouygues.iperf.fr, port 5201
```

```
Reverse mode, remote host bouygues.iperf.fr is sending
```

```
[ 4] local 192.168.0.218 port 58485 connected to 89.84.1.222 port 5201
```

[ID]	Interval	Transfer	Bandwidth
[4]	0.00-1.00 sec	25.3 MBytes	212 Mbites/sec
[4]	1.00-2.00 sec	22.5 MBytes	189 Mbites/sec
[4]	2.00-3.00 sec	22.5 MBytes	188 Mbites/sec

```
-w 2M TCP window size: 2 MByte  
-R reverse direction (download)
```

- **iPerf3 Transfer & Bandwidth Werte zeigen den TCP Payload, d.h. ohne die DLC/IP/TCP Header!**

Unsere Wireshark & Protokoll Kurse

- **WLAN Netzwerkanalyse mit Wireshark, WaveXpert und WiSpy** (Garantierte Durchführung)
29./30 April 2019, HSR Hochschule für Technik Rapperswil → [Zur Anmeldung bei HSR](#)
- **VoIP Analyse mit Wireshark**
25. März 2019, HSR Hochschule für Technik Rapperswil → [Zur Anmeldung bei HSR](#)
- **TCP/IP Analyse mit Wireshark**
3. - 5. Juni 2019, HSR Hochschule für Technik Rapperswil → [Zur Anmeldung bei HSR](#)

Unser Spezialität sind **Firmenkurse** oder **Tech-Sessions** nach ihren Wünschen zu den Themen:

- Einführung Netzwerkanalyse, Wireshark Tips&Tricks, TCP/IP, WLAN, VoIP und IPv6

Die komplette Liste aller unserer öffentlichen Kurse in der Schweiz, Österreich und Deutschland finden Sie auf unserer Webseite <https://www.netsniffing.ch/de/wireshark-kurse/oeffentliche-kurse>

Unser Newsletter Archiv finden sie unter: <https://www.netsniffing.ch/de/wireshark-infos/newsletter>

Es würde uns freuen, Sie in einem unserer Kurse begrüßen zu können.

Mit freundlichen Grüßen Rolf Leutert