

TTP1 - Protokoll

Andreas Krohn, Benjamin Vetter, Benjamin Jochheim

20. November 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Projektschritt 2: Vergleichende Betrachtung des B.A.T.M.A.N.- und OLSR-Protokolls	2
1.1	Welche Informationen tauschen die Nachbarn bei den jeweiligen Protokollen aus (Neighbor-Nachrichten)?	2
1.2	Wie ermitteln/bewerten sie die Qualität der Links	3
1.3	Wie bilden sich die lokalen Mesh-Konfigurationen?	3
1.4	Ist das B.A.T.M.A.N.-Protokoll wirklich immer Loop-frei? Wie könnten sich ggf. Loops bilden?	4
2	Projektschritt 3: Vergleichende Analyse der Übertragungsqualität	4
2.1	1. Paketverluste (Loss)	6
2.2	2. Paketlaufzeiten / -verzögerungen (Delay)	6
2.3	3. Laufzeitschwankungen (Jitter) der Pakete	6
2.3.1	Grobe Einschätzung des Jitters für B.A.T.M.A.N. mittels Ping	6
2.3.2	Grobe Einschätzung des Jitters für OLSR mittels Ping	7
2.3.3	Bestimmung des Jitters für B.A.T.M.A.N. mittels Iperf	8
2.3.4	Bestimmung des Jitters für OLSR mittels Iperf	9
2.3.5	Vergleich der Messungen bzgl. des Jitters für B.A.T.M.A.N. und OLSR	10
2.4	Zusammenfassung	10

1 Projektschritt 2: Vergleichende Betrachtung des B.A.T.M.A.N.- und OLSR-Protokolls

1.1 Welche Informationen tauschen die Nachbarn bei den jeweiligen Protokollen aus (Neighbor-Nachrichten)?

B.A.T.M.A.N.

B.A.T.M.A.N.-Nodes tauschen proaktiv sog. Originator-Nachrichten (OGMs) aus. Eine OGM umfasst folgende Felder:

Version Versionsnummer.

Is-direct-link flag Kennzeichnet, ob der Knoten ein direkter Nachbar ist oder nicht.

Unidirectional flag Kennzeichnet, ob der Knoten bidirektional ist oder nicht.

TTL der Time-To-Live Wert der OGM.

GWFlags Kennzeichnet ob der Originator als Gateway ins Internet fungiert. Ein Originator kann sich selbst als Internet-Gateway annoncieren. Die Annonce beinhaltet die Link-Geschwindigkeit.

GWPort Beinhaltet eine Portnummer für einen Tunnel falls sich der Originator als Internet-Gateway annonciert.

Sequenznummer Eine Sequenznummer der OGM (0 bis $2^{16}-1$). Anhand der Sequenznummer können andere Knoten entscheiden ob eine OGM „neu“ ist.

Originator-Adresse Die IP-Adresse des B.A.T.M.A.N. Interfaces des OGM-Initiators.

Einer OGM können sich Host Network Announcements (HNAs) anschließen. HNAs annoncieren ein Gateway zu einem Netzwerk oder Host. Eine HNA umfasst folgende Felder:

Netmask Kennzeichnet die Größe des annoncierten Netzes

Network address Die Adresse des annoncierten Netzes

OLSR

OLSR verfügt über ein generelles Messageformat. Nachrichten können konkateniert werden. Eine einzelne Nachricht besteht aus:

Packet Length Paketlänge.

Packet Sequence Number Die Sequenznummer. Erhöht sich bei jeder neuen Nachricht um 1.

Message Type Die Message Type teilt mit um was für eine Nachricht es sich handelt, bzw. was das MESSAGE-Feld enthält.

Vtime Die Validity Time teilt mit wie lange die Informationen des Pakets von einem Knoten als aktuell betrachtet werden sollen, sofern keine neuere Nachricht zu einem Update führt.

Message Size Größe der Nachricht in Byte. Gezählt wird vom Feld Message Type an bis zum nächsten Message Type Feld (nächste konkatenierte Nachricht).

Originator Address Die Adresse des Knotens, der die Nachricht ursprünglich generiert hat.

Time To Live Die maximale Anzahl an Hops. Der Wert wird dekrementiert bevor die Nachricht weitergeleitet wird.

Hop Count Die Anzahl an Hops, die die Nachricht zurückgelegt hat.

Message Sequence Number Der Originator einer Nachricht erzeugt eine eindeutige ID für jede Nachricht.

MESSAGE Nachricht vom Typ **Message Type**

Anhand des Message Type Feldes wird festgelegt, welcher Nachrichtentyp im MESSAGE-Block enthalten ist. RFC3626 spezifiziert die Nachrichtentypen HELLO, TC, MID und HNA.

HELLO HELLO-Nachrichten erfüllen den Zweck der Veröffentlichung der lokalen Routinginformationen, dem Erkennen von Nachbarn und der Auswahl der Multipoint Relays. Daher werden HELLO-Nachrichten stets periodisch verschickt. Eine HELLO-Nachricht besteht aus einer Liste von bekannten Nachbaradressen und Informationen (Status des Nachbarn) über diese Nachbarn, sowie der eigenen Bereitschaft Pakete weiterzuleiten (Willingness).

TC TC-Nachrichten dienen dazu die gewonnenen Informationen über die Topologie zu verteilen. TC-Nachrichten werden von MPRs erstellt und beinhalten mindestens die Knoten von denen sie als MPR ausgewählt wurden.

MID Knoten, die über mehrere OLSR Interfaces verfügen verschicken MID-Nachrichten um den anderen Knoten ihre Interfacekonfiguration mitzuteilen.

HNA Knoten, die über Routinginformationen bzgl. der Außenwelt des MANETs betreffen, verschicken analog zu B.A.T.M.A.N. Host Network Announcement Nachrichten (HNAs).

1.2 Wie ermitteln/bewerten sie die Qualität der Links

B.A.T.M.A.N.

Erhält ein Knoten schneller und zuverlässiger OGMs von einem Nachbarn kann er diesen Knoten als Best-Next-Hop auswählen um Nachrichten an weiter entfernte Knoten zu verschicken. Hierzu unterhält jeder Knoten ein Sliding-Window bzgl. der Sequenznummern von OGMs jedes Nachbarn. Erhält ein Knoten eine OGM von einem Nachbarn betrachtet er die Sequenznummer der OGM. Wenn die Sequenznummer im Fenster vorhanden ist, speichert der Knoten diese Information. Hingegen wird das Fenster verschoben, wenn die Sequenznummer außerhalb des Fensters liegt. Je mehr Sequenznummern innerhalb des Fensters liegen, desto besser bewertet der Knoten die Link-Qualität. Der Link, der die meisten Sequenznummern in seinem Fenster aufweisen kann, gilt als aktueller Best-Next-Hop.

OLSR

von AK zu bearbeiten

...RFC lesen.. Link Set über HELLO Messages aufbauen. Eigener Originator in empfangener Message enthalten -> Symmetrischer Link. Timeouts -> Asymmetrisch, dann Tot. Symmetrie eines Links ist ein Indiz für Qualität.. bla.. Signal Noise Ratio -> l.link_quality P.57f

Der verwendete OLSR-Daemon nutzte Link Quality Extensions (ETX-metrik). Das RFC-gemäße OLSR versucht nur die HOP-Distanz zu minimieren. Die Link-Qualität wird nach RFC nicht berücksichtigt. Das kann bedeuten das ein unzuverlässiger Link zu einem Ziel bevorzugt wird, wenn er eine geringere HOP-Distanz bietet.

Der um Link Quality Extensions erweiterte OLSR-Daemon wertet die erwarteten und tatsächlich empfangenen HELLO Pakete seiner direkten Nachbarn aus und kann dadurch die Link-Qualität bestimmen.

<http://www.olsr.org/docs/README-Link-Quality.html>

1.3 Wie bilden sich die lokalen Mesh-Konfigurationen?

B.A.T.M.A.N.

B.A.T.M.A.N. ist ein proaktives Routing-Protokoll. Das Protokoll hat das Ziel für jeden Knoten den jeweils besten Next-Hop zu finden, so dass keine vollständigen Routen verwaltet werden müssen, sondern nur der nächste Hop zum Ziel. Jeder Knoten broadcastet Originator-Nachrichten (OGMs) periodisch um seine Nachbarn über seine Existenz zu informieren. Ein Jitter verhindert dabei Kollisionen. Seine Nachbarn re-broadcasten die OGMs und informieren ihrerseits ihre Nachbarn über die Existenz des eigentlichen Absenders der OGM. Jeder Knoten re-broadcastet die OGM seines aktuell als Best-Next-Hop identifizierten Knotens, sofern der Knoten die OGM anhand der Sequenznummer als "neu" einstuft und die TTL noch nicht abgelaufen ist. Bei jedem Re-broadcasting wird der TTL-Wert um 1 verringert. Daher wird das Netz mit OGMs geflutet. Eine Verbindung mit einem spezifischen Nachbarn gilt als bidirektional wenn ein Knoten seine eigenen OGMs von diesem Nachbarn empfängt.

OLSR

Das OLSR (Optimized Link State Routing) Protokoll ist ebenso wie B.A.T.M.A.N. ein proaktives Routingprotokoll. OLSR wird in dem RFC3626 (aus dem Jahr 2003) beschrieben.

Bei OLSR ist allen Routern die Netztopologie vollständig bekannt. Ein Router benötigt daher im Vergleich zu B.A.T.M.A.N. bei größeren Netzen wesentlich mehr Speicherplatz. Die im Praktikum eingesetzte OLSR Software (von olsr.org) ist nicht RFC-Konform sondern wurde um einige dinge erweitert:

Linkqualität , die Linkqualität wird zur berechnung der Route herangezogen.

ETX , Expected Transmission Count (eine Maßnahme zur feststellung der Linkqualität asymmetrischer Links)

Fish Eye Algorithmus , Routen zu weiter entfernten Knoten werden seltener neu berechnet, dadurch bessere Skalierbarkeit

1.4 Ist das B.A.T.M.A.N.-Protokoll wirklich immer Loop-frei? Wie könnten sich ggf. Loops bilden?

von BJ zu bearbeiten

Sind mehrere Nodes sowohl per BATMAN als auch per klassischem Ethernet verbunden, kann eine Loop entstehen. Die BATMAN-spezifischen Paketheader werden im Ethernet nicht weitergeleitet, damit die Mechanismen zur Loopverhinderung ausgehebelt.... Allerdings ist folgendes Szenario denkbar: Bei schwankender Linkqualität könnte ein Paket mehrfach an einem Host ankommen. In dem Bild

möchte Host Z ein Paket an E senden. Dazu wählt er seinen nächsten Hop A aus. Die beiden Verbindungen zum zielhost sind jedoch von schlechter qualität. In dem moment in dem das Paket ankommt ist die Verbindung AE zusammengebrochen. Daher sendet A das Paket an D. D sendet an C. In dem moment in dem C das Paket erhält bricht die Verbindung zu E zusammen, so daß C das Paket wieder an A sendet.

Bei unseren Versuchen konnten wir solche Loops nicht erzeugen.

2 Projektschritt 3: Vergleichende Analyse der Übertragungsqualität

Unsere Access Points (APs) hatten die Nummern 12 und 14, im weiteren als AP-12 und AP-14 bezeichnet. Um vergleichbare, reproduzierbare und praxisrelevante Ergebnisse zu erhalten haben wir die Messungen zum größten Teil von Ende zu Ende durchgeführt, denn in der Praxis ist auch eher die Verbindungsqualität an den Endpunkten von Interesse. Dazu haben wir bspw. die Ping- und Iperf-Messungen auf unseren Notebooks durchgeführt, die jeweils mit einem AP verbunden wurden. Das 1. Notebook (Notebook-1) wurde mit dem AP-12 verbunden, das 2. Notebook (Notebook-2) wurde mit dem AP-14 verbunden. Da die Untersuchungen für eine sensitive Echtzeitapplikation durchgeführt werden sollten, haben wir Messungen mit Iperf primär für UDP-Datenströme durchgeführt.

Um den Einfluss der Hop-Anzahl bemessen zu können haben wir die Messungen außerdem für zwei verschiedene Szenarien durchgeführt:

1-Hop die kommunizierenden Endpunkte sind über ihre unterschiedlichen Access Points direkt miteinander verbunden

Multi-Hop die kommunizierenden Endpunkte sind über ihre unterschiedlichen Access Points und weitere, zusätzliche Hops (APs) miteinander verbunden

Wir haben uns dafür entschieden das zweite Szenario als „Multi-Hop“ zu bezeichnen, da das B.A.T.M.A.N.-Protokoll nicht die genaue Netztopologie kennt, sondern nur den jeweils besten Next-Hop. Dadurch ist nicht möglich die Anzahl an Hops genau zu bemessen oder festzulegen.

Um die Szenarien anschaulicher zu beschreiben lassen sich die Statistiken der Routing-Daemons abfragen. Für B.A.T.M.A.N. wurde hierzu folgender Befehl benutzt:

```
$ batmand -c -d 1
```

Für B.A.T.M.A.N. sieht unser 1-Hop-Szenario bspw. wie folgt aus (AP-12):

```
Originator (#/255)    Nexthop [outgoingIF]:    Potential nexthops
10.0.0.14    (251)  10.0.0.14 [eth2]:    10.0.0.14 (251)
10.0.0.24    ( 25)  10.0.0.14 [eth2]:    10.0.0.24 ( 0)
10.0.0.53    ( 34)  10.0.0.53 [eth2]:    10.0.0.53 ( 34)
10.0.0.13    (  8)  10.0.0.53 [eth2]:    10.0.0.53 (  8)
```

Unser Best-Next-Hop um zu AP-14 zu gelangen ist AP-14 selbst, d.h. bei einer Kommunikation von AP-12 zu AP-14 liegt kein weiterer HOP dazwischen.

Für B.A.T.M.A.N. sieht unser Multi-Hop-Szenario bspw. wie folgt aus (AP-12):

```
Originator (#/255)    Nexthop [outgoingIF]:    Potential nexthops
10.0.0.14    ( 32)  10.0.0.53 [eth2]:    10.0.0.53 ( 32)
10.0.0.24    ( 29)  10.0.0.53 [eth2]:    10.0.0.53 ( 29)
10.0.0.53    ( 44)  10.0.0.53 [eth2]:    10.0.0.53 ( 44)
10.0.0.13    ( 42)  10.0.0.53 [eth2]:    10.0.0.53 ( 42)
```

Unser Best-Next-Hop um zu AP-14 zu gelangen ist AP-53, d.h. bei einer Kommunikation von AP-12 zu AP-14 liegt mindestens 1 weiterer Hop dazwischen.

Um den OLSR-Routing-Daemon nach seinen Routing-Entscheidungen zu befragen haben wir das OLSR-HttpInfo-Modul benutzt.

Abbildung 1 zeigt die Routing-Informationen für OLSR bzgl. des 1-Hop-Szenarios (AP-12).

OLSR routes in kernel					
Destination	Gateway	Metric	ETX	Interface	Type
10.0.0.14	10.0.0.14	1	2.13	eth2	HOST
10.0.0.13	10.0.0.13	1	1.20	eth2	HOST
10.0.0.41	10.0.0.41	1	1.22	eth2	HOST
10.0.0.34	10.0.0.34	1	1.36	eth2	HOST
10.0.0.54	10.0.0.54	1	3.04	eth2	HOST
10.0.0.53	10.0.0.53	1	1.96	eth2	HOST
10.0.0.82	10.0.0.82	1	1.11	eth2	HOST
10.0.0.81	10.0.0.81	1	1.31	eth2	HOST
192.168.81.0	10.0.0.81	1	eth2	HNA	
192.168.82.0	10.0.0.82	1	eth2	HNA	
192.168.41.0	10.0.0.41	1	eth2	HNA	
192.168.34.0	10.0.0.34	1	eth2	HNA	
192.168.53.0	10.0.0.53	1	eth2	HNA	
192.168.54.0	10.0.0.54	1	eth2	HNA	
192.168.13.0	10.0.0.13	1	eth2	HNA	
192.168.14.0	10.0.0.14	1	eth2	HNA	

Abbildung 1: 1-Hop OLSR

Unsere Route zu AP-14 weist die Metrik 1 auf und der Gateway zu AP-14 ist AP-14 selbst, d.h. bei einer Kommunikation von AP-12 zu AP-14 liegt kein weiterer Hop dazwischen.

Figure 2 zeigt die Routing-Informationen für OLSR bzgl. des Multi-Hop-Szenarios (AP-12).

Unsere Route zu AP-14 weist die Metrik 2 auf und der Gateway zu AP-14 ist AP-13, d.h. bei einer Kommunikation von AP-12 zu AP-14 liegt ein weiterer Hop (AP-13) dazwischen.

Hinweis bzgl. der Szenarien

Da die APs ständig ihre Routing-Entscheidungen ändern können, haben wir vor und während der Messungen immer überprüft ob das gerade zu untersuchende Szenario überhaupt (noch) vorhanden ist.

OLSR routes in kernel					
Destination	Gateway	Metric	ETX	Interface	Type
10.0.0.14	10.0.0.13	2	3.30	eth2	HOST
10.0.0.13	10.0.0.13	1	1.69	eth2	HOST
10.0.0.41	10.0.0.41	1	2.05	eth2	HOST
10.0.0.34	10.0.0.13	2	3.75	eth2	HOST
10.0.0.54	10.0.0.54	1	2.17	eth2	HOST
10.0.0.53	10.0.0.53	1	2.69	eth2	HOST
10.0.0.82	10.0.0.82	1	2.29	eth2	HOST
10.0.0.81	10.0.0.13	2	3.19	eth2	HOST
192.168.81.0	10.0.0.13	2	eth2	HNA	
192.168.82.0	10.0.0.82	1	eth2	HNA	
192.168.41.0	10.0.0.41	1	eth2	HNA	
192.168.34.0	10.0.0.13	2	eth2	HNA	
192.168.53.0	10.0.0.53	1	eth2	HNA	
192.168.54.0	10.0.0.54	1	eth2	HNA	
192.168.13.0	10.0.0.13	1	eth2	HNA	
192.168.14.0	10.0.0.13	2	eth2	HNA	

Abbildung 2: Multi-Hop OLSR

2.1 1. Paketverluste (Loss)

von BJ zu bearbeiten

2.2 2. Paketlaufzeiten / -verzögerungen (Delay)

von AK zu bearbeiten

2.3 3. Laufzeitschwankungen (Jitter) der Pakete

Der Jitter ist die Varianz der Latenz und wird durch den Durchschnitt der Abweichung von der mittleren Latenz ausgedrückt. Um zunächst einen groben Eindruck vom vorhandenen Jitter zu erhalten haben wir die Latenz der Replies auf ICMP-Echo-Requests betrachtet. Dies haben wir zunächst für das 1-Hop-Szenario und dann für das Multi-Hop-Szenario sowohl für das B.A.T.M.A.N.- als auch für das OLSR-Protokoll durchgeführt.

2.3.1 Grobe Einschätzung des Jitters für B.A.T.M.A.N. mittels Ping

Da bei uns und anderen Teilnehmern des Praktikums bzgl. B.A.T.M.A.N. häufig Probleme bei der Ende zu Ende Kommunikation auftraten mussten wir die Ping-Messungen bzgl. des Jitters für B.A.T.M.A.N. von Router zur Router durchführen.

1-Hop-Szenario

```
root@AP-12:~# ping -c 20 10.0.0.14
PING 10.0.0.14 (10.0.0.14): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=1 ttl=64 time=3.9 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=2 ttl=64 time=3.9 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=3 ttl=64 time=10.6 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=4 ttl=64 time=40.6 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=5 ttl=64 time=3.8 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=6 ttl=64 time=5.3 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=7 ttl=64 time=6.5 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=8 ttl=64 time=3.5 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=9 ttl=64 time=21.0 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=10 ttl=64 time=3.5 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=11 ttl=64 time=3.5 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=12 ttl=64 time=59.7 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=13 ttl=64 time=3.5 ms
```

```
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=14 ttl=64 time=3.5 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=15 ttl=64 time=4.8 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=16 ttl=64 time=3.1 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=17 ttl=64 time=3.1 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=18 ttl=64 time=3.0 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_seq=19 ttl=64 time=3.1 ms
```

— 10.0.0.14 ping statistics —

20 packets transmitted, 19 packets received, 5% packet loss
round-trip min/avg/max = 3.0/9.9/59.7 ms

Multi-Hop-Szenario

```
user@notebook-1:~$ ping 10.0.0.14 -c 20
PING 10.0.0.14 (10.0.0.14) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=1 ttl=62 time=64.9 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=3 ttl=62 time=8.63 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=4 ttl=62 time=9.56 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=5 ttl=62 time=57.8 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=7 ttl=62 time=92.5 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=8 ttl=62 time=6.23 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=9 ttl=62 time=10.4 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=10 ttl=62 time=11.8 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=11 ttl=62 time=7.81 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=12 ttl=62 time=7.22 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=13 ttl=62 time=8.84 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=14 ttl=62 time=19.7 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=15 ttl=62 time=36.3 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=16 ttl=62 time=12.8 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=17 ttl=62 time=5.69 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=18 ttl=62 time=244 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=19 ttl=62 time=105 ms
64 bytes from 10.0.0.14: icmp_req=20 ttl=62 time=203 ms
```

— 10.0.0.14 ping statistics —

20 packets transmitted, 18 received, 10% packet loss, time 19019ms
rtt min/avg/max/mdev = 5.697/50.818/244.965/68.620 ms

Für B.A.T.M.A.N. sind z.T. einige „Ausreisser“ zu erkennen, was auf einen höheren Jitter schließen lässt. Für das Multi-Hop-Szenario variiert die Latenz deutlich.

2.3.2 Grobe Einschätzung des Jitters für OLSR mittels Ping

Bei OLSR waren uns Messungen von Ende zu Ende immer möglich, so dass wir von Ende zu Ende gemessen haben.

1-Hop-Szenario

```
user@notebook-1:~$ ping -c 20 192.168.14.232
PING 192.168.14.232 (192.168.14.232) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=1 ttl=62 time=4.65 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=2 ttl=62 time=4.89 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=3 ttl=62 time=4.16 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=4 ttl=62 time=2.74 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=5 ttl=62 time=3.41 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=6 ttl=62 time=2.92 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=7 ttl=62 time=4.12 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=9 ttl=62 time=6.49 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=10 ttl=62 time=5.79 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=11 ttl=62 time=2.80 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=12 ttl=62 time=14.3 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=13 ttl=62 time=3.62 ms
```

```

64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=14 ttl=62 time=9.26 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=15 ttl=62 time=5.30 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=16 ttl=62 time=3.03 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=17 ttl=62 time=2.98 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=18 ttl=62 time=4.97 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=19 ttl=62 time=2.97 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=20 ttl=62 time=3.01 ms

```

— 192.168.14.232 ping statistics —

```

20 packets transmitted, 19 received, 5% packet loss, time 19034ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.742/4.816/14.338/2.753 ms

```

Multi-Hop-Szenario

```

user@notebook-1:~$ ping 192.168.14.232 -c 20
PING 192.168.14.232 (192.168.14.232) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=2 ttl=61 time=17.6 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=3 ttl=61 time=18.4 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=4 ttl=61 time=10.5 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=5 ttl=61 time=32.0 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=7 ttl=61 time=72.8 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=8 ttl=61 time=158 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=9 ttl=61 time=203 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=10 ttl=61 time=60.9 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=11 ttl=61 time=69.0 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=12 ttl=61 time=80.3 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=13 ttl=61 time=78.6 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=14 ttl=61 time=196 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=15 ttl=61 time=110 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=16 ttl=61 time=183 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=17 ttl=61 time=23.3 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=18 ttl=61 time=24.7 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=19 ttl=61 time=15.4 ms
64 bytes from 192.168.14.232: icmp_req=20 ttl=61 time=9.41 ms

```

— 192.168.14.232 ping statistics —

```

20 packets transmitted, 18 received, 10% packet loss, time 19040ms
rtt min/avg/max/mdev = 9.419/75.873/203.346/65.425 ms

```

Auch OLSR weist „Ausreisser“ auf. Die grobe Betrachtung des Jitters lässt daher darauf schließen, dass der Jitter bei beiden Protokollen, auch in Abhängigkeit von der Hop-Anzahl, ähnlich ist.

Berechnung des Jitters

Aus den gewonnen Werten ist es möglich den Jitter zu berechnen. Der Jitter ist die Varianz der Latenz und die Varianz ist das arithmetische Mittel der quadratischen Abweichungen vom Mittelwert. Da Messungen mittels Iperf den Jitter allerdings ausgeben, haben wir den Jitter nicht manuell berechnet, sondern mittels Iperf analysiert.

2.3.3 Bestimmung des Jitters für B.A.T.M.A.N. mittels Iperf

Zwischenzeitlich war es uns wieder möglich Messungen auch für B.A.T.M.A.N. von Ende zu Ende durchzuführen.

1-Hop-Szenario

```
user@notebook-1:~$ iperf -s -u
```

```

Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 122 KByte (default)

```

```
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 45829
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 3]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  1.342 ms   3/ 893 (0.34%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 54231
[ 4]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  0.816 ms   2/ 893 (0.22%)
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 41070
[ 3]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.04 Mbits/sec  1.014 ms   4/ 893 (0.45%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 45941
[ 4]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  3.377 ms   2/ 893 (0.22%)
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 40947
[ 3]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  2.689 ms   0/ 893 (0%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 47410
[ 4]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  2.218 ms   0/ 893 (0%)
```

Der Jitter lag für B.A.T.M.A.N. und das 1-Hop-Szenario also bei durchschnittlich 1.91 Millisekunden.

Multi-Hop-Szenario

```
user@notebook-1:~$ iperf -s -u
```

```
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 122 KByte (default)
```

```
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 45320
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 3]  0.0- 7.2 sec   613 KBytes    694 Kbits/sec  10.260 ms  466/ 893 (52%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 55901
[ 4]  0.0-24.3 sec  1.23 MBytes    424 Kbits/sec  11.178 ms   17/ 893 (1.9%)
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 45975
[ 3]  0.0-50.3 sec  1.23 MBytes    205 Kbits/sec   9.333 ms   15/ 893 (1.7%)
[ 5] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 55692
[ 5]  0.0-58.2 sec  1.18 MBytes    170 Kbits/sec   6.782 ms   53/ 893 (5.9%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 49418
[ 4]  0.0-61.6 sec   538 KBytes    71.6 Kbits/sec   7.284 ms  518/ 893 (58%)
read failed: Connection refused
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 58259
[ 3]  0.0- 9.7 sec  1.21 MBytes  1.05 Mbits/sec   3.111 ms    1/ 863 (0.12%)
[ 3]  0.0- 9.7 sec  1 datagrams received out-of-order
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 192.168.14.232 port 33807
[ 4]  0.0-10.0 sec  1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec   3.160 ms    0/ 893 (0%)
```

Der Jitter lag für B.A.T.M.A.N. und das Multi-Hop-Szenario also bei durchschnittlich 7.3 Millisekunden. Der hohe Packet-Loss, die Schwankungen im Jitter und der Bandbreite bei den Messungen weisen auf starke Schwankungen der Verbindungsqualität hin.

2.3.4 Bestimmung des Jitters für OLSR mittels Iperf

1-Hop-Szenario

```
user@notebook-1:~$ iperf -s -u
```

```
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 122 KByte (default)
```

```
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 37087
[ ID] Interval      Transfer      Bandwidth      Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 3]  0.0-11.2 sec   847 KBytes    617 Kbits/sec  10.511 ms  303/ 893 (34%)
read failed: Connection refused
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 34792
[ 4]  0.0-10.0 sec  1.24 MBytes  1.04 Mbits/sec   3.373 ms    6/ 893 (0.67%)
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 59874
```

```
[ 3] 0.0-10.0 sec 1.25 MBytes 1.05 Mbits/sec 1.659 ms 0/ 893 (0%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 46285
[ 4] 0.0-10.0 sec 1.25 MBytes 1.05 Mbits/sec 2.818 ms 0/ 893 (0%)
```

Der Jitter lag für OLSR und das 1-Hop-Szenario also bei durchschnittlich 4.59 Millisekunden.

Multi-Hop-Szenario

```
user@notebook-1:~$ iperf -s -u
```

```
Server listening on UDP port 5001
Receiving 1470 byte datagrams
UDP buffer size: 122 KByte (default)
```

```
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 36476
[ ID] Interval          Transfer          Bandwidth          Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 3] 0.0- 3.3 sec      459 KBytes      1.13 Mbits/sec    7.744 ms  573/ 893 (64%)
read failed: Connection refused
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 44771
[ 4] 0.0-13.7 sec    1.24 MBytes      763 Kbits/sec    9.908 ms   5/ 893 (0.56%)
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 39462
read failed: Connection refused
[ 3] 0.0-42.0 sec    1.22 MBytes      243 Kbits/sec   15.430 ms  23/ 893 (2.6%)
[ 5] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 36082
[ 5] 0.0-59.5 sec    1.24 MBytes      175 Kbits/sec    7.575 ms   6/ 893 (0.67%)
[ 4] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 55695
[ 3] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 36217
[ 3] 0.0-171.9 sec   1.05 MBytes      51.0 Kbits/sec   17.746 ms 147/ 893 (16%)
[ 5] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 34923
[ 6] local 192.168.12.139 port 5001 connected with 10.0.0.14 port 51237
[ 6] 0.0-265.1 sec   73.2 KBytes      2.26 Kbits/sec   28.245 ms 842/ 893 (94%)
```

Der Jitter lag für OLSR und das Multi-Hop-Szenario also bei durchschnittlich 14.44 Millisekunden. Auch hier sind starke Schwankungen der Verbindungsqualität festzustellen.

2.3.5 Vergleich der Messungen bzgl. des Jitters für B.A.T.M.A.N. und OLSR

Beide Protokolle weisen ein ähnliches Verhalten auf. Der Jitter wächst mit steigender Anzahl an Hops. B.A.T.M.A.N. scheint bzgl. des Jitters ein etwas besseres Verhalten aufzuweisen. Aufgrund der ständigen Verbindungsprobleme ist es jedoch schwer einen klareren Gewinner zu benennen.

2.4 Zusammenfassung

Die Verbindungsqualität variiert zeitlich sehr stark bei beiden Protokollen. Bei B.A.T.M.A.N. hatten wir außerdem das Problem, dass eine Ende zu Ende Kommunikation oftmals nicht möglich war. Wir vermuten, dass das Problem dafür in den Host Network Announcements zu suchen ist, da die Router zu Router Kommunikation davon nicht beeinträchtigt wurde. Es ist sehr schwierig einen einmal erreichten Zustand des Netzwerkes über längere Zeit aufrecht zu erhalten um vergleichbare Messungen durchführen zu können. Ein Klarer Gewinner beim Wettstreit der Protokolle ist daher nur schwer zu benennen. B.A.T.M.A.N. scheint jedoch einen kleinen Vorsprung zu besitzen.

Subjektiver Eindruck

Aufgrund häufig auftretender Verbindungsabbrüche und Qualitätsschwankungen zumindest während unserer Messversuche halten wir eine Anwendbarkeit der Protokolle für sensitive Echtzeitanwendungen insbesondere für Multi-Hop-Szenarien für nicht gegeben.

Beleg durch Messungen

Sensitive Echtzeitanwendungen, wie bspw. VOIP haben folgende Voraussetzungen

Latenz $< 100ms$

Jitter $< 50ms$

Packet Loss $< 1\%$

Zwar liegen Latenz und Jitter im Mittel bei unseren Messungen in diesem Rahmen, der Packet Loss fällt jedoch deutlich aus dem Rahmen, was unseren subjektiven Eindruck verstärkt. Unsere Messreihen für das Multi-Hop-Szenario mittels Ping zeigen außerdem, dass sich auch die Latenz nicht immer im Rahmen von $100ms$ bewegen kann.