

Principy telefonní signalizace SIP

Teorie a praxe IP telefonie

Skymia s.r.o.

Petr Hruška

petr.hruska@skymia.cz

6.12.2012

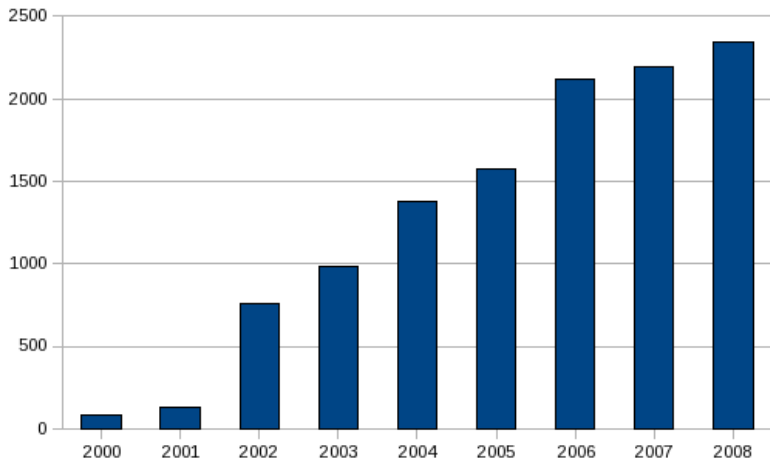
Historie protokolu SIP

- 1996 první pracovní verze
- 1999 schváleno RFC 2543
- 2002 schváleno **RFC 3261**

Standardy

- základ je v RFC 3261
- další rozšíření v RFC 3262, 3263, 3264, 3265, 3361, 3581, 3856, ...
- stovky stránek specifikací
- RFC 5411: *A Hitchhiker's Guide to the Session Initiation Protocol (SIP)* (Stopařův průvodce po SIPu)

Počet stran RFC



Co SIP dovede?

Všechno co se týká signalizace, zejména:

- dohledání IP telefonu na internetu podle „čísla“
- navázání víc hovorů jedním voláním, tzv. větvení

Jak SIP vypadá?

```
INVITE sip:petr@b.cz SIP/2.0
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=Hxfergs
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>
Via: SIP/2.0/UDP 10.0.0.1:5060;
    branch=z9hG4bKx
Call-ID: 8e727e0b@10.27.105.76
...
```

Zprávy se přenáší buď jako UDP pakety, nebo přes TCP. Standardní port je 5060.

Jak vypadá HTTP?

```
GET /path/file.html HTTP/1.1
```

```
Host: www.host1.com:80
```

- srovnejte

```
INVITE sip:jana@a.cz SIP/2.0
```

Požadavky a odpovědi

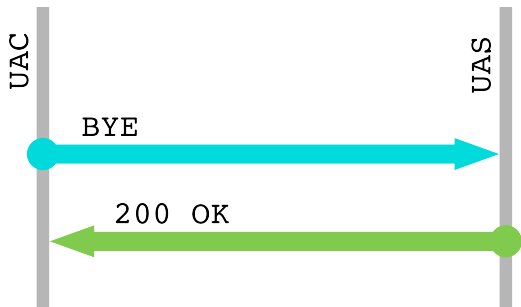
Požadavek začíná vždy metodou, například `INVITE` pro navázání hovorů, nebo `BYE` pro jejich ukončení.

Odpověď obsahuje číselný kód pro stroje a popis pro lidi.

SIP URI

- SIPové adresy typu **sip:hudba@nic.cz**
- SIPová adresa = SIP URI
- obdoba telefonního čísla – dáte-li někomu svoji SIPovou adresu, může vám zavolat

Transakce



Terminologie

Koncové zařízení z hlediska protokolu SIP je *User Agent* (UA).

V rámci transakce (požadavek → odpověď) hraje UA buď roli klienta (*UAC*), nebo roli serveru (*UAS*). UA může hrát více rolí zároveň.

Mezilehlá zařízení jsou *SIP Proxy*. Slouží k přeposílání a směrování zpráv. Jejich úloha je přibližně obdoba úlohy routeru v IP komunikaci.

Příklady odpovědí

100 Trying	provizorní odpověď, potvrzení přijetí
180 Ringing	volaný telefon vyzvání
200 OK	kladné vyřízení požadavku
404 Not Found	volané číslo neexistuje
603 Declined	odmítnuto uživatelem

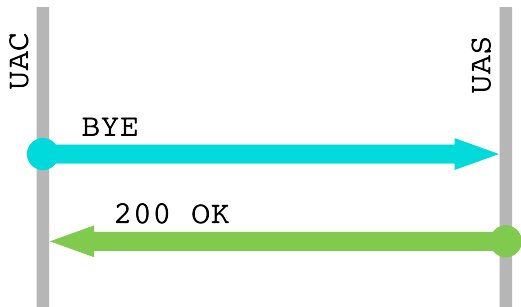
Dialog

- *dialog* je technický termín
- o něco širší pojem než hovor
- začíná s vyzváněním
- končí když nikdo nezvedne telefon, nebo UAC potvrdí konec hovoru

Metoda BYE

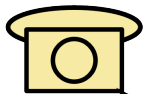
ukončení hovoru

Ukončení hovoru



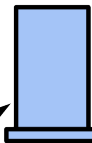
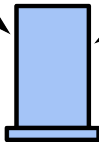
AOR URI jana@a.cz
Contact: jana@1.1.1.1

3.3.3.3
SIP Proxy



UA

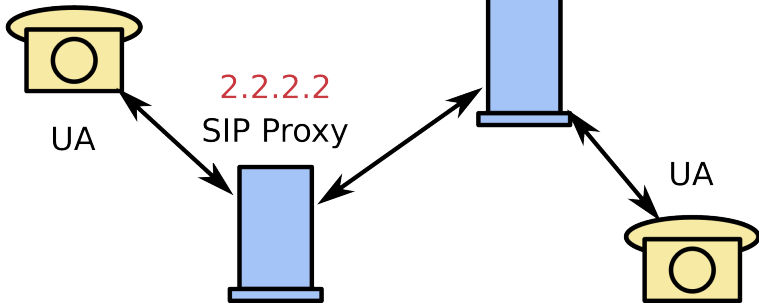
2.2.2.2
SIP Proxy

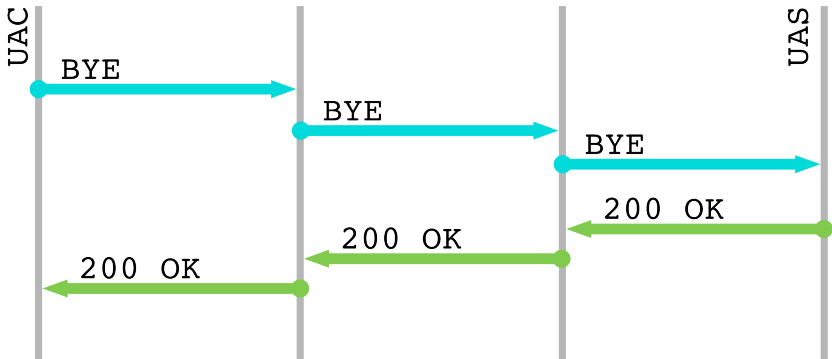


UA



AOR URI petr@b.cz
Contact: petr@4.4.4.4





Co musí UA vědět pro zavěšení?

- kontakt protistrany `petr@4.4.4.4`
- seznam mezilehlých routerů
`2.2.2.2, 3.3.3.3`
- *ID dialogu* – tři náhodně vygenerované řetězce:
Call-ID, From tag, To tag
- pořadové číslo požadavku *CSeq*

Pokud tohle (a pár dalších nedůležitostí) o sobě UA navzájem vědí, říkáme, že navázaly *dialog*. S těmito informacemi již lze zkonstruovat požadavek BYE.

BYE

```
BYE sip:petr@4.4.4.4 SIP/2.0
Max-Forwards: 70
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=bflm
Call-ID: 5b063520
User-Agent: YV3/1.0.3
Via: SIP/2.0/UDP 1.1.1.1:5060;rport;br...
Route: <sip:2.2.2.2;lr=on>
Route: <sip:3.3.3.3;lr=on>
Contact: <sip:jana@1.1.1.1>
Content-Length: 0
CSeq: 13309 BYE
```

Hlavičky Route



Loose routing

Route: <sip:2.2.2.2;lr=on>

Route: <sip:3.3.3.3;lr=on>

- každý SIP Proxy napřed odstraní první položku
- nenajde-li tam sebe, tak někdo nedodržel RFC3261
- zpráva je přeposlána na první položku zbývajícího seznamu
- je-li seznam prázdný, je zpráva přeposlána na Request URI

Request URI

BYE sip:jana@4.4.4.4 SIP/2.0

- URI z prvního řádku
- význam se mění podle metody, obecně je to adresát požadavku
- zprávy v dialogu mají v RURI kontakt protistrany
- použije se, když dojdou hlavičky Route

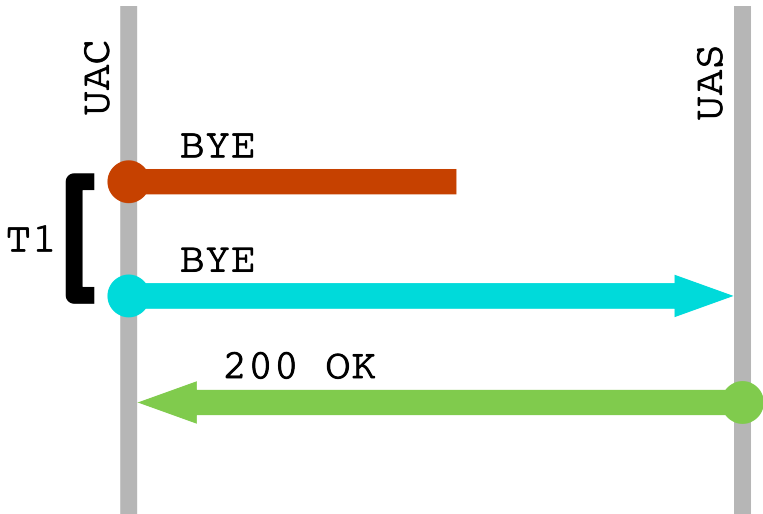
From a To

From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz

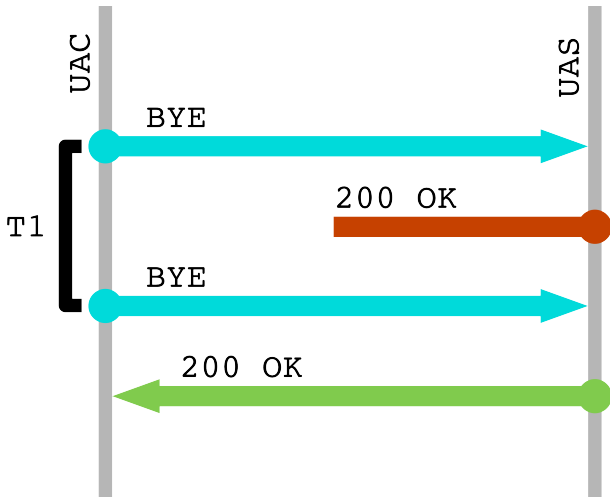
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=bflm

- kdyby první zavěsil Petr, byl by ve From místo Jany
- From tag je zkopírovaný z INVITE
- To tag je vygenerovaný na straně volaného při zpracování INVITE
- nic jiného než tagy se nepoužívá!

Přeposílání



Přeposílání



Kdy končí hovor?

- praktická otázka důležitá pro billing
- zprávy se přeposílají řádově po sekundách
- může se ztratit požadavek i odpověď
- neexistuje jasná odpověď
- lze definovat jako okamžik odeslání BYE (okamžik zavěšení)
- v praxi to určuje brána do PSTN

Via

Via slouží ke
směrování odpovědi

Via

```
BYE sip:petr@4.4.4.4 SIP/2.0
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=bflm
Via: SIP/2.0/UDP 1.1.1.1:5060;branch=z9hG4bKx
Call-ID: 5b063520
```

...

Via

```
BYE sip:petr@4.4.4.4 SIP/2.0
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=bflm
Via: SIP/2.0/UDP 3.3.3.3:5060;branch=z9hG4bKz
Via: SIP/2.0/UDP 2.2.2.2:5060;branch=z9hG4bKy
Via: SIP/2.0/UDP 1.1.1.1:5060;branch=z9hG4bKx
Call-ID: 5b063520
...
```

Via

SIP/2.0 200 OK

From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz

To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=bflm

Via: SIP/2.0/UDP 3.3.3.3:5060;branch=z9hG4bKz

Via: SIP/2.0/UDP 2.2.2.2:5060;branch=z9hG4bKy

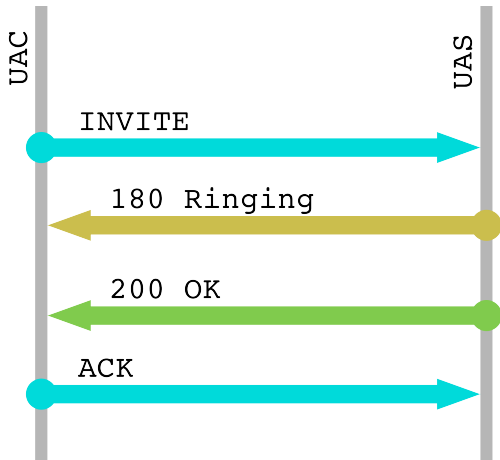
Via: SIP/2.0/UDP 1.1.1.1:5060;branch=z9hG4bKx

Call-ID: 5b063520

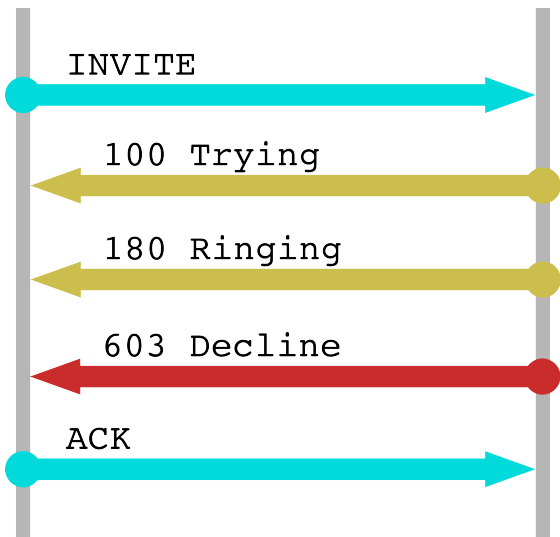
...

Metoda INVITE

Požadavek s metodu INVITE



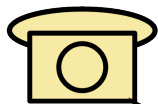
Odmítnutí hovoru



INVITE

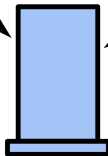
```
INVITE sip:petr@b.cz SIP/2.0
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>
Call-ID: 5b063520
CSeq: 13308 INVITE
Contact: <sip:jana@1.1.1.1>
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP 1.1.1.1:5060;rport;br...
Allow: INFO,PRACK,INVITE,ACK,OPTIONS,BYE,CANCEL
User-Agent: YV3/1.0.3
Supported: 100rel
Content-Length: 400
Content-Type: application/sdp
```

AOR URI jana@a.cz
Contact: jana@1.1.1.1

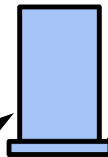


UA

2.2.2.2
SIP Proxy



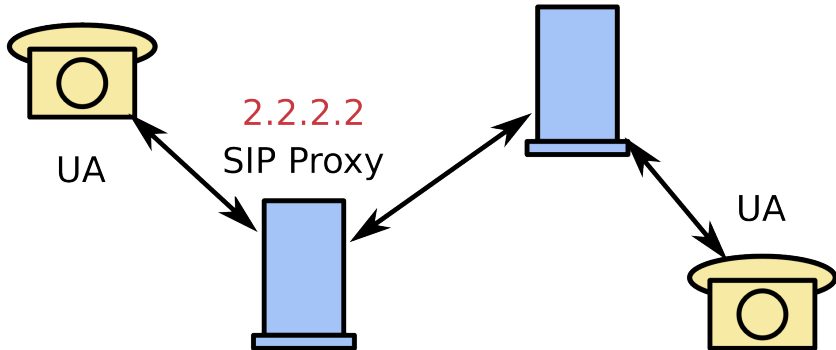
3.3.3.3
SIP Proxy



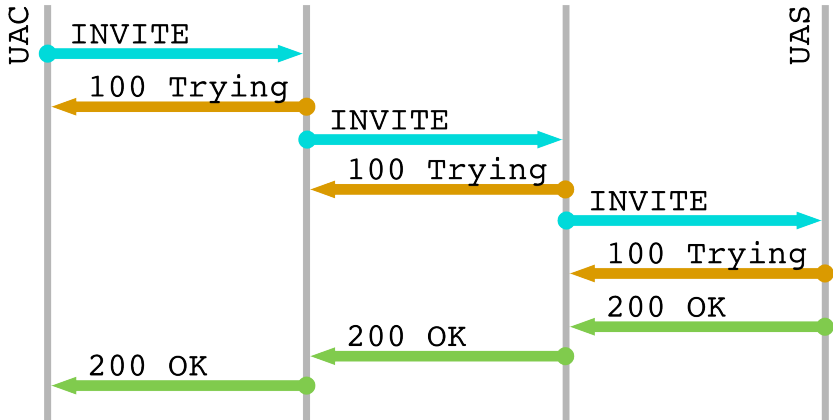
UA



AOR URI petr@b.cz
Contact: petr@4.4.4.4



100 Trying



```
INVITE sip:petr@b.cz SIP/2.0
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>
Contact: jana@1.1.1.1
Record-Route: <sip:2.2.2.2;lr=on>
Via: SIP/2.0/UDP 2.2.2.2:5060;branch=z9hG4bKy
Via: SIP/2.0/UDP 1.1.1.1:5060;branch=z9hG4bKx
Call-ID: 5b063520
...
```

SIP Proxy 2.2.2.2 není zodpovědný za b.cz,
takže zjistí IP adresu pro b.cz a přepoše
požadavek na 3.3.3.3.

```
INVITE sip:petr@4.4.4.4 SIP/2.0
From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>
Contact: jana@1.1.1.1
Record-Route: <sip:3.3.3.3;lr=on>
Record-Route: <sip:2.2.2.2;lr=on>
Via: SIP/2.0/UDP 3.3.3.3:5060;branch=z9hG4bKz
Via: SIP/2.0/UDP 2.2.2.2:5060;branch=z9hG4bKy
...
```

SIP Proxy 3.3.3.3 je zodpovědný za b.cz, takže zná IP adresu UA petr@b.cz. Přepíše Request-URI a přepošle požadavek na 4.4.4.4.

Record-Route

SIP/2.0 200 OK

From: "Jana" <sip:jana@a.cz>;tag=psvz

To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=bflm

Contact: petr@4.4.4.4

Record-Route: <sip:3.3.3.3;lr=on>

Record-Route: <sip:2.2.2.2;lr=on>

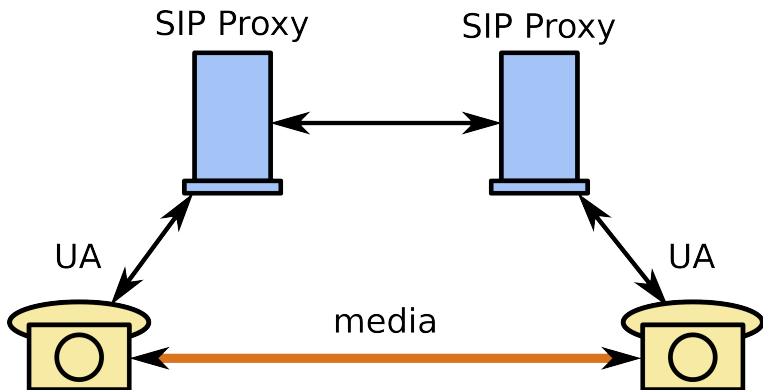
Via: SIP/2.0/UDP 3.3.3.3:5060;branch=z9hG4bKz

...

Hlavičky Record-Route se zkopírují do odpovědi úplně stejně jako Via. Narozdíl od Via ale projdou k volanému nepozměněné.

Média

SIPový lichoběžník

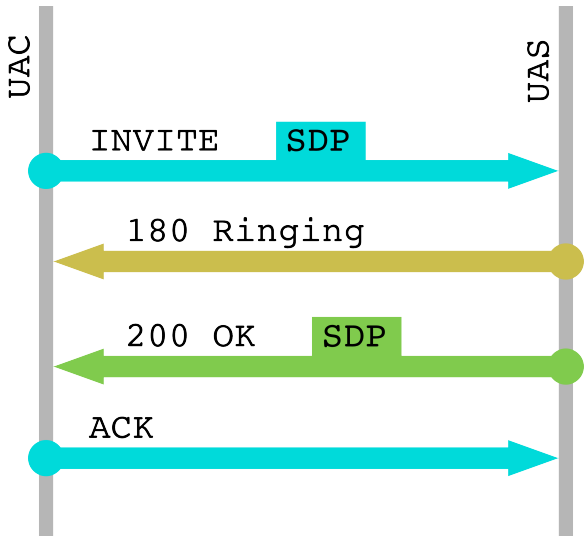


SDP

`Content-Length: 400`

`Content-Type: application/sdp`

- délka a formát dat za hlavičkami zprávy
- SDP = Session Description Protocol
- RFC 2327, upřesnění pro SIP v RFC 3264



INVITE sip:291914320@nic.cz SIP/2.0
To: "291914320" <sip:291914320@nic.cz>
Accept: application/dtmf-relay,application/sdp,text/plain,application/sip
User-Agent: YV3/1.0.3
Via: SIP/2.0/UDP 10.27.105.76:5060;rport;branch=z9hG4bK46d759a5
From: "phru8648" <sip:phru8648@nic.cz>;tag=4e128660
Allow: UPDATE,INFO,PRACK,MESSAGE,REFER,NOTIFY,INVITE,ACK,OPTIONS,BYE,CANCEL
Allow-Events: talk,hold,refer
Call-ID: 8e727e0b-3bad3895-464c929d-c2c257db@10.27.105.76
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:phru8648@10.27.105.76:5060>
Session-Expires: 1800
Content-Length: 400
Content-Type: application/sdp
Supported: timer,100rel,join,tdialog,replaces,norefersub,histinfo
CSeq: 32437 INVITE

v=0
o=ipr1B240EF4FD 13756244 13756244 IN IP4 1.1.1.1
s=-
c=IN IP4 1.1.1.1
t=0 0
m=audio 8010 RTP/AVP 0 8 104 2 105 18 4 101
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:104 G726-32/8000
a=rtpmap:2 G721/8000
a=rtpmap:105 G726-40/8000
a=rtpmap:18 G729/8000
a=rtpmap:4 G723/8000
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
aptime:20
a=fmtp:101 0-16
a=fmtp:4 ptime=30;bitrate=6.3

Formát SDP

v=0

o=ipr1B240EF4FD 13756244 13756244 IN IP4 1.1.1.1

s=-

- v= verze protokolu
- o= originator (kdo to založil)
- s= jméno session, doporučeno s=-

Formát SDP

c=IN IP4 1.1.1.1

t=0 0

- c= adresa (connection information)
- t= čas, začátek a konec session (pro SIP je doporučeno používat t=0 0)

Formát SDP

m=audio 8010 RTP/AVP 0 8 104 2 105 18 4 101

- m= media stream
 - media port transport fmt-list
- začíná sekci s parametry streamu
- v SDP nabídce může být více streamů, klient může libovolný z nich odmítnout
- v SDP odpovědi musí být přesně stejný počet m= sekcí, odmítnutí se provede nastavením portu na hodnotu 0

Formát SDP

```
m=audio 8010 RTP/AVP 0 8 104 2 105 18 4 101  
a=rtpmap:0 PCMU/8000  
a=rtpmap:8 PCMA/8000
```

- a=rtpmap určuje parametry rtp kodeku
- pořadí kodeků ve fmt-list odpovídá preferenci, nevíce preferovaný kodek je na začátku
- protistrana si může vybrat libovolný kodek a dokonce může během hovoru kodeky libovolně střídat

SDP odpověď

- musí obsahovat alespoň jeden nabízený kodek
- může obsahovat i kodeky, které nebyly nabídnuty
- opět platí, že protistrana si jeden z kodeků vybere
- každým směrem může být použitý jiný kodek

Registrace

Proč registrace?

- SIP Proxy zodpovědný za doménu musí mít kontakty na telefony jednotlivých uživatelů
- registrace umožňuje telefonům nastavit, změnit, nebo zjistit seznam kontaktů pro SIP URI uživatele

Požadavek na registraci

```
REGISTER sip:b.cz SIP/2.0
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>
From: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=484d
Call-ID: Acu1Ey1m
Max-Forwards: 70
Expires: 3600
CSeq: 2855 REGISTER
Contact: <sip:petr@4.4.4.4:5060>
Via: SIP/2.0/UDP 4.4.4.4:5060;branch=z9hG4bKx
Content-Length: 0
```

To

To: "Petr" <sip:petr@b.cz>

- terminologie: Address Of Record (AOR)
- pro koho se nastavují kontakty
- doména by musí být „validní“ vzhledem k prvnímu řádku

From

From: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=4sxh

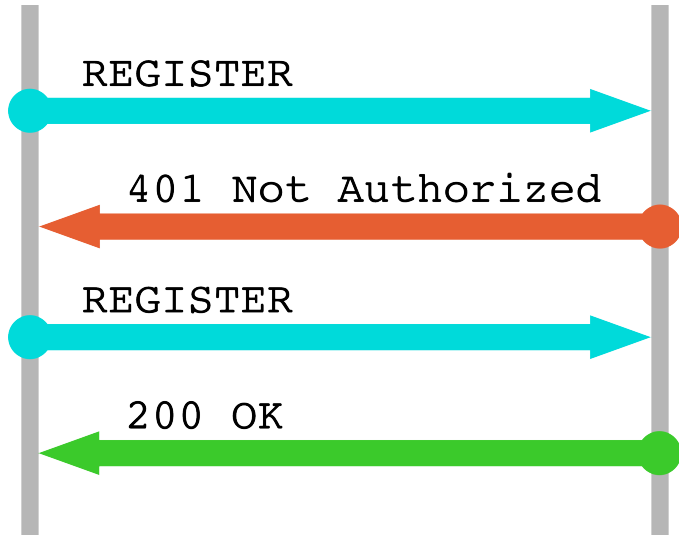
- SIPová adresa osoby odpovědné za registraci
- registrace může být provedena třetí stranou
- tag pro metodu REGISTER nemá využití

Contact

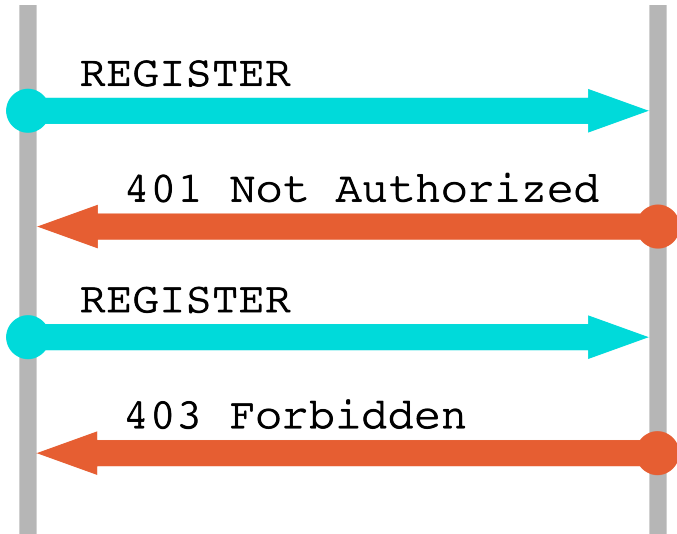
Contact: <sip:petr@4.4.4.4:5060>

- seznam oddělený čárkami
- bylo-li už SIP URI na serveru registrováno, je upravena doba jeho platnosti
- nebylo-li registrováno, je přidáno
- kontakty nemusí být jen SIP URI, ale třeba i http apod.
- může obsahovat libovolný počet kontaktů (i nulový)

Úspěšná registrace



Neúspěšná registrace



Autorizace

- server by měl při prvním pokusu vygenerovat náhodný řetězec, tzv. *nonce*
- klient *nonce* použije pro zahashování hesla a tento hash vloží do zprávy v druhém pokusu
- odposlechnutí komunikace nelze použít pro podvržení registrace, protože útočník dostane jiný *nonce*

Příklad odpovědi

```
SIP/2.0 401 Unauthorized
Via: SIP/2.0/UDP 4.4.4.4:5060;branch=z9hG4bKx
From: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=4sxh
To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=defz
Call-ID: Acu1Ey1m
CSeq: 2855 REGISTER
WWW-Authenticate: Digest realm="b.cz",
    nonce="472756e67"
Server: Kamailio
Content-Length: 0
```

Authorize

Authorization: Digest username="petr",
realm="b.cz", nonce="472756e67",
uri="sip:b.cz", response=
"febdf1317568b7a914afb4a71d0fa703",
algorithm=MD5

Odpověď na REGISTER

SIP/2.0 200 OK

Via: SIP/2.0/UDP 4.4.4.4:5060;branch=z9hG4bKx

From: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=484d

To: "Petr" <sip:petr@b.cz>;tag=4sdc

Call-ID: Acu1Ey1m

CSeq: 2856 REGISTER

Contact: <sip:petr@4.4.4.4:5060>;expires=120

Server: Kamailio

Content-Length: 0

Autorizace při INVITE



Děkuji za pozornost
petr.hruska@skymia.cz