

**Tomasz Gołębiowski**  
**221881**

**Projekt z Laboratorium Sieci Komputerowych**  
Protokół sterujący połączeniami telefonicznymi w sieci IP

1. Opis celów protokołu
2. Opis założeń protokołu
3. Opis formatu komunikatów
4. Opis wymienianych komunikatów
5. Opis stanów

## **1. Opis celów protokołu**

Protokół ma służyć nawiązywaniu połączeń telefonicznych oraz sterowaniu nimi w sieci IP. Ma za zadanie umożliwiać nawiązywanie połączeń głosowych poprzez wymianę informacji w kanale sterującym.

## **2. Opis założeń protokołu**

Sterowanie jest rozproszone, bez centralnego serwera. Protokół działa w warstwie aplikacji. Połączenie składa się z dwóch logicznych dwukierunkowych kanałów:

- sterującego (wymiana informacji sterujących połączeniem) – transport zostanie oparty na protokole TCP dla zapewnienia wysokiej niezawodności. W szczególności zwalnia to protokół z obowiązku wprowadzania komunikatów potwierdzających dojście różnych wiadomości
- głosowego (transmisja głosu) – transport zostanie oparty na protokole UDP, gdyż tu nie ma tak wysokich wymagań dotyczących niezawodności – niektóre pakiety mogą zaginąć i nie będzie to miało istotnego wpływu na jakość komunikacji między abonentami

Abonent będzie identyfikowany po swoim adresie IP oraz numerze portu.

Każdy abonent dysponuje pewną ustaloną liczbą wolnych linii telefonicznych, za pomocą których nawiązuje połączenia. Abonenci mogą stanowić grupę – wówczas wolne linie telefoniczne są zasobami współdzielonymi z innymi członkami grupy. Dane połączenie między abonentami będzie można rozpoznać po numerach linii telefonicznych, jakich abonenci używają do jego zestawienia. Każdy abonent będzie lokalnie numerował swoje linie kolejnymi liczbami naturalnymi, w grupie podobnie, tyle że numery linii zostaną przydzielone unikalnie dla całej grupy.

By zapewnić właściwą semantykę instrukcji sterujących odnoszących się do abonentów z grupy, a jednocześnie zadbać o efektywność, linie telefoniczne grupy zostaną podzielone pomiędzy jej członków. W miarę możliwości będą oni korzystać z tych, znajdujących się „pod ich opieką”. Gdy jednak nie będzie to możliwe, zostanie podjęta próba uzyskania wolnej linii, którą zarządza inny członek grupy.

### 3. Opis formatu komunikatów

Podstawowy komunikat będzie miał następującą postać:

```
MSG {  
    uint8 id;  
    uint32 ip;  
    uint32 port;  
    uint8 line1;  
    uint8 line2;  
}
```

Oczywiście nie zawsze wszystkie pola będą użyte – zależy to od rodzaju wiadomości (szczegóły poniżej) W komunikacji między rozmówcami często będzie tak, że podmieniane będą IP oraz port na ten adresata, zaś pola line nie będą zmieniane, by obie strony były w stanie zawsze rozpoznać której rozmowy dotyczy komunikat. Line1 zawsze oznaczać będzie numer linii wywołującego, a line2 nr linii wywoływanego.

Niektóre wiadomości związane z procedurą obsługi w grupie faktu zawieszenia połączenia lub nadejścia połączenia będą następującego typu:

```
MSG-DOUBLE {  
    uint8 id;  
    uint32 ip;  
    uint32 port;  
    uint8 line1;  
    uint8 line2;  
    uint32 os_ip;  
    uint32 os_port;  
}
```

Dodatkowe pola dla IP i portu są potrzebne, by oprócz danych wysyłającego komunikat podać również dane abonenta, którego dotyczy rozgłaszanie.

### 4. Opis wymienianych komunikatów:

CONNECT

Chęć nawiązania połączenia z abonentem. Podane jest IP oraz port wysyłającego komunikat, oraz linia, na której zdecydował się nawiązać połączenie.

ACCEPT

Wyrażenie zgody na nawiązanie połączenia przez adresata komunikatu CONNECT. W pole line2 zostaje wpisana wybrana przez niego linia telefoniczna, zaś IP oraz port zostają podmienione na te adresata.

## REJECT

Odmowa nawiązania połączenia.

## QUIT

Wyrażenie chęci zakończenia rozmowy. Przekazywane jest IP oraz port inicjatora zakończenia oraz numery obu linii z połączenia dla jego jednoznacznej identyfikacji

## QUIT-OK

Potwierdzenie zakończenia rozmowy. W stosunku do QUIT podmienione są IP i port na te abonenta potwierdzającego zakończenie. Wprowadzenie takiej wiadomości zapewnienia, że inicjator zakończenia nie będzie ignorował komunikatów wysyłanych przez drugą stronę, dopóki ta nie odczyta chęci zakończenia.

## SUSPEND

Wyrażenie chęci zawieszenia rozmowy przez jedną ze stron. W wiadomości podane jest IP i port zawieszającego oraz numery obu użytych linii.

## SUSPEND-OK

Potwierdzenie dla zawieszenia rozmowy - podmiana IP i portu na własny w porównaniu do otrzymanego SUSPEND. Potwierdzenie użyte jest dla zapewnienia poprawnego działania w przypadku jednoczesnej próby zawieszenia rozmowy przez obie strony.

## CONTINUE

Wyrażenie chęci wznowienia rozmowy przez abonenta, który wcześniej ją zawiesił. Wysyła standardowo swoje IP, port oraz używane linie.

## GET-LINE

Zgłoszenie zapotrzebowania na linię przez abonenta w grupie, który sam nie dysponuje żadną wolną linią. Podaje swoje IP i port.

## LINE-PREPARED

Odpowiedź na GET-LINE, w której inny członek grupy oferuje wolną linię, będącą pod jego opieką – jej nr zostaje wpisany w pole line1, a IP i port są podmieniane na te oferującego.

## LINE-REFUSAL

Odmowa członka grupy na przydzielenie linii jakiemuś innemu członkowi. (w wiadomości wystarczy tylko id)

## FREE-LINE

Zwolnienie linii, wypożyczonej przez pewnego członka grupy od innego jej członka. (IP i port tego, który zwalnia oraz numer owej linii)

## GROUP-CALL

Rozgłoszenie wśród członków grupy, że pojawił się abonent dzwoniący do grupy. W wiadomości znajduje się IP oraz port rozgłaszającego.

## SUSPENDED-CALL

Rozgłoszenie wśród członków grupy, że jeden z nich zawiesił pewne swoje połączenie. W wiadomości zawarte są IP i port rozgłaszającego.

## GET-GROUP-CALL

Wyrażenie chęci przez członka grupy do połączenia się z abonentem, rozgłoszonym wcześniej w GROUP-CALL. (IP i port z podmienione na własne)

## GET-SUSPENDED-CALL

Wyrażenie chęci przez członka grupy do odwieszenia połączenia, o którym to zawieszeniu dowiedział się otrzymując wiadomość SUSPENDED-CALL (IP i port podmienione na własne)

## GROUP-CALL-GIVEN

Przyznanie pewnemu członkowi grupy prawa do nawiązania połączenia z abonentem, dzwoniącym do grupy. Zawiera IP oraz port dzwoniącego, jak również linię na której dzwoniący zdecydował się nawiązywać połączenie.

## SUSPENDED-CALL-GIVEN

Przyznanie pewnemu członkowi grupy prawa do odwieszenia zawieszzonego połączenia. Przekazuje się IP oraz porty tak abonenta, z którym połączenie zostało zawieszona, jak i autora komunikatu oraz linie, na których prowadzona była do tej pory rozmowa. Komunikat jest więc typu MSG-DOUBLE. Dane autora są potrzebne, gdyż adresat musi jeszcze odesłać potwierdzenie udanego odwieszenia, o czym więcej niżej.

## GROUP-CALL-NOT-GIVEN

Analogicznie odmowa przyznania takiego prawa. Wystarczy w wiadomości samo jej id.

## SUSPENDED-CALL-NOT-GIVEN

Analogicznie j.w.

## CALL-TAKING-OVER-SUCCEEDED

Potwierdzenie jakie członek grupy, przejmujący wywołanie, jakie nadeszło do grupy, wysłała członkowi, który rozgłosił informację, że takie wywołanie miało miejsce. Zostaje wysłane po tym jak powiedzie się wysłanie ACCEPT do wywołującego. Zawiera IP oraz port członka grupy, który dokonał połączenia.

## SUSP-TAKING-OVER-SUCCEEDED

Potwierdzenie jakie członek grupy, przejmujący zawieszona połączenie, wysłała członkowi, który

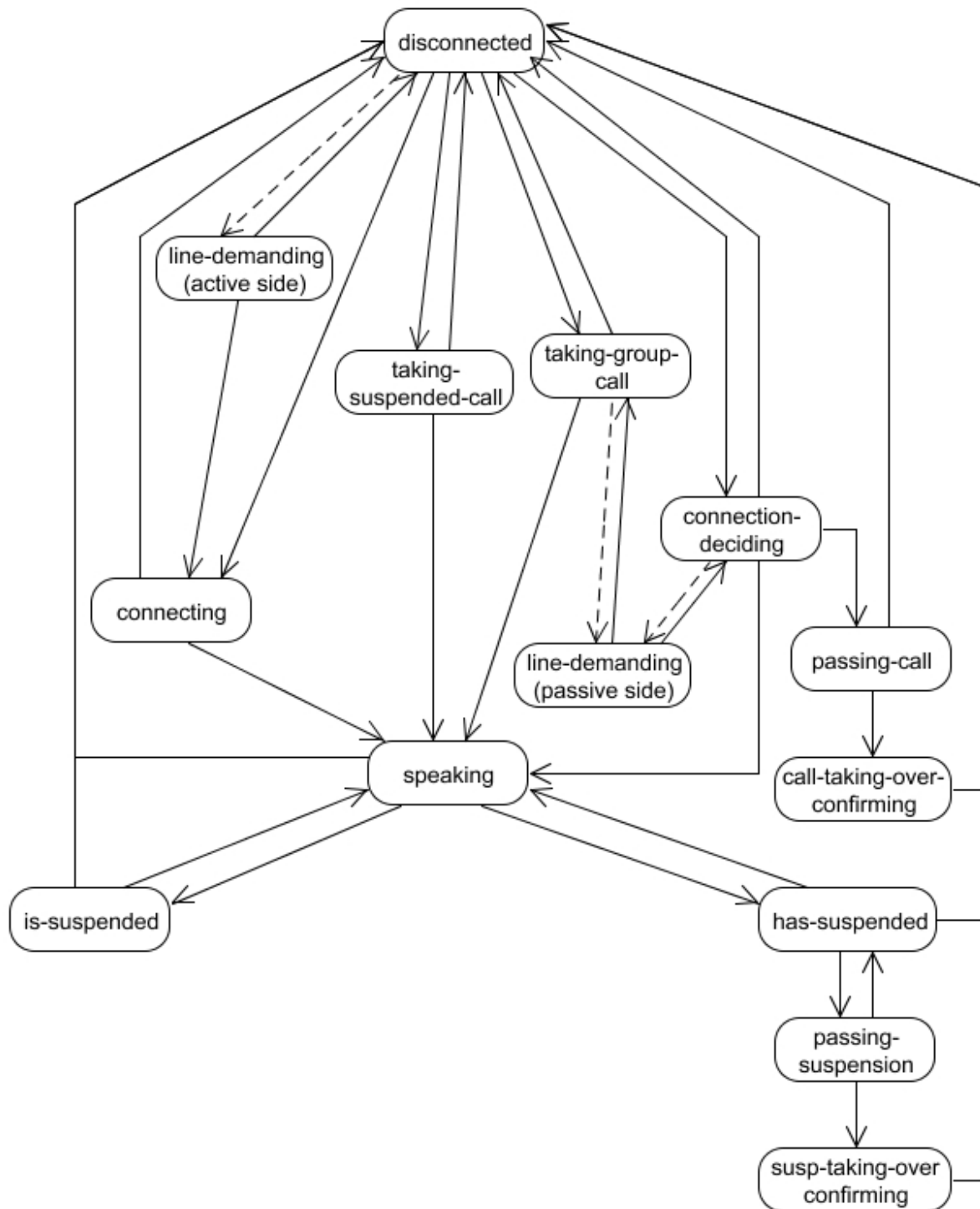
rozgłosił informację o tym zawieszeniu. Zostaje wysłane tuż po tym jak powiedzie się wysłanie CONTINUE do zawieszonoego. Zawiera IP oraz port członka grupy, który przejął połączenie.

#### QUIT-TAKING-OVER

Informacja dla przejmującego zawieszono połączenie, że zawieszono abonent (lub dzwoniący do grupy) zakończył rozmowę (lub odpowiednio zrezygnował z połączenia). Zawiera IP oraz porty zarówno rozgłaszającego jak i zawieszonoego (dzwoniącego) abonenta (a więc komunikat typu MSG-DOUBLE). Skutkuje rezygnacją z odwieszania (nawiązania) połączenia.

## 5. Opis stanów

Diagram ilustrujący przejścia między stanami abonenta. Oczywiście rzeczywisty stan abonenta jest opisywany przez krotkę stanów tu wymienionych, bo abonent może prowadzić wiele rozmów – ograniczają go jedynie zasoby (wolne linie telefoniczne). Stan początkowy abonenta to tak naprawdę krotka złożona z tylu pól ile abonent ma do dyspozycji linii – każde zainicjowane na DISCONNECTED.



(linia przerywana oznacza, że przejście jest opcjonalne, w przypadku stanu line-demanding (passive side) możliwy jest powrót tylko w kierunku, z którego weszło się do tego stanu)

- DISCONNECTED

Stan w którym abonent ma możliwość zainicjowania połączenia poprzez wysłanie wiadomości CONNECT, bądź może przyjąć taką wiadomość, co przenosi go do stanu CONNECTION-DECIDING. Gdy abonent jest członkiem grupy i nie ma wolnych linii musi przed wysłaniem oferty połączenia, wysłać GET-LINE do innych członków grupy, by spróbować otrzymać jakąś wolną linię. Wysłanie GET-LINE przenosi go do stanu LINE-DEMANDING. Tylko gdy ta procedura się powiedzie, może próbować nawiązywać połączenie i przejść do stanu CONNECTING.

W tym też stanie zgrupowany abonent otrzymuje za pomocą GROUP-CALL i SUSPENDED-CALL informacje o możliwości przejęcia rozmowy. Gdy zaaplikuje, przenosi się odpowiednio do stanu TAKING-GROUP-CALL lub TAKING-SUSPENDED-CALL

- TAKING-GROUP-CALL oraz TAKING-SUSPENDED-CALL

Abonent grupowy znajduje się w tym stanie, gdy próbuje przejąć połączenie w imieniu grupy lub połączenie zawieszono przez członka grupy (czyli wysłał do rozgłaszającego informację GET-GROUP-CALL lub GET-SUSPENDED-CALL). Jeśli otrzyma pozytywną odpowiedź, zajmuje linię telefoniczną (tylko gdy dotyczy to telefonu do grupy, bo przy zawieszonym połączeniu linia jest ciągle zarezerwowana), jeśli konieczne korzystając z procedury przydziału linii członkowi grupy (GET-LINE etc). Jeśli wszystko się powiedzie, po wysłaniu odpowiednio komunikatu ACCEPT lub CONTINUE przechodzi do stanu SPEAKING. Gdy nie uzyska pozwolenia wraca do DISCONNECTED, a gdy nie zdobędzie linii wysyła niedoszłemu rozmówcy REJECT i również wraca do DISCONNECTED.

- LINE-DEMANDING (active side i passive side)

W tym stanie zgrupowany abonent oczekuje na odpowiedzi współczłonków grupy na wysłaną przez niego prośbę o linię (GET-LINE). Prośba taka wysyłana jest zawsze do co najwyżej trójki abonentów. Potwierdzenie (wraz z numerem linii) dostaje jako komunikat LINE-PREPARED, zaś odmowę jako LINE-REFUSAL. Gdy w określonym czasie żaden z pytanych członków grupy nie zaoferuje swojej linii, sytuacja jest interpretowana tak, jak gdyby wszyscy wysłali odmowę. Wówczas GET-LINE wysyłane jest do kolejnej trójki abonentów z grupy. Gdy nikt z grupy nie przydzieli linii abonent wróci do DISCONNECTED (w przypadku abonenta szukającego linii do odbioru połączenia najpierw wróci do stanu CONNECTION-DECIDING lub TAKING-GROUP-CALL, po czym dopiero przejdzie do DISCONNECTED). Jeżeli abonent otrzymał z kolei więcej niż jedną gotową linię, korzysta tylko z pierwszej, zaś pozostałym właścicielom wysyła FREE-LINE, które oznacza zwolnienie zarezerwowanej dla niego linii.

Wyróżniam dwa podstany tego stanu:

- tuż przed wywołaniem CONNECT (active side)

- po otrzymaniu CONNECT lub GROUP-CALL-GIVEN (passive side), gdy poszukiwana jest linia, której mógłby użyć zgrupowany odbierający

## ■ CONNECTING

Po wysłaniu CONNECT abonent może otrzymać albo zgodę – ACCEPT, albo odmowę – REJECT. Zależnie od tego przenosi się odpowiednio do stanu SPEAKING lub DISCONNECTED. Może również oczywiście wysłać QUIT i anulować chęć nawiązania rozmowy.

## ■ CONNECTION-DECIDING

W tym stanie znajduje się abonent, który właśnie otrzymał propozycję połączenia. Może zgodzić się na nie (ACCEPT), bądź odmówić (REJECT). W odpowiedzi pozytywnej musi zawrzeć nr swojej linii, którą przeznaczył do realizacji tego połączenia. Gdy taką nie dysponuje zmuszony jest odmówić.

Abonent grupowy, który znajdzie się w tym stanie ma za zadanie rozgłosić w grupie fakt, że pojawił się telefon do grupy. Uczyni to, wysyłając do członków grupy wiadomość GROUP-CALL. To przenosi go do stanu PASSING-CALL.

Członek grupy, gdy nie ma swoich wolnych linii, podejmie próbę uzyskania linii od kogoś z członków jego grupy, wysyłając do nich GET-LINE. Robi to w iteracjach, dzieląc członków grupy na trójki. W tym stanie wysyła GET-LINE tylko do pierwszej trójki, co przenosi go do stanu LINE-DEMANDING (passive side). Ewentualne kolejne iteracje są już w stanie LINE-DEMANDING. Po powrocie z niego:

- jeśli nie dostał linii, odeśle dzwoniącemu REJECT, wracając do DISCONNECTED.
- jeśli zdobył linię, zgodzi się na rozmowę (ACCEPT).

Strona wywołująca rozpozna, której rozmowy dotyczą nowo otrzymane dane (IP, port), po numerze linii, z której została wywoływana rozmowa (pole line1 w ACCEPCIE).

## ■ PASSING-CALL

Abonent, który znalazł się w tym stanie właśnie rozesłał do członków swojej grupy ogłoszenie o nadejściu połączenia – GROUP-CALL. Zainteresowani członkowie grupy wyślą do rozgłaszającego chęć podjęcia rozmowy – GET-GROUP-CALL. Rozgłaszający przyzna rozmowę pierwszemu z nich (GROUP-CALL-GIVEN, w której zawrze IP, port i wybraną linię dzwoniącego). To przenosi go do stanu CALL-TAKING-OVER-CONFIRMING. Jeśli nikt nie wyrazi chęci podjęcia rozmowy, wywołującemu połączenie zostanie odesłane REJECT.

## ■ CALL-TAKING-OVER-CONFIRMING

Gdy rozgłaszający przyznał jednemu z członków grupy prawo do przejęcia nadchodzącego połączenia, przechodzi do tego stanu. Pozostali ubiegający się o przejęcie połączenia dostaną tu odmowę za pomocą komunikatu GROUP-CALL-NOT-GIVEN. Abonent rozgłaszający będzie utrzymywał informacje o wywołującym, aż otrzyma od abonenta, którego wybrał, CALL-TAKING-OVER-SUCCEEDED – komunikatu mówiącego że udało się nawiązać rozmowę. Takie potwierdzenie ma za zadanie zapewnić, że nie zdarzy się, że rozgłaszający udzieli pozwolenia jednemu z członków grupy, po czym zanim jeszcze wybranemu uda się wysłać ACCEPT do wywołującego, wywołujący zdecyduje się wysłać QUIT, którego rozgłaszający nie będzie wiedział jak zinterpretować. Zanim rozgłaszający nie otrzyma CALL-TAKING-OVER-SUCCEEDED, obsługuje on ewentualne QUIT wywołującego. Gdy takie QUIT nadejdzie, rozgłaszający wysyła do wybranego członka grupy QUIT-TAKING-OVER, a ten wie, że nie uda się nawiązać połączenia i



rezygnuje z tego. Potem rozgłaszający przechodzi do stanu DISCONNECTED.

#### ■ SPEAKING

Stan, w którym obie strony prowadzą rozmowę. W każdej chwili może ona zostać:

- zakończona przez którąś ze stron (również obie jednocześnie) - QUIT
- zawieszona przez którąś ze stron (również obie jednocześnie) - SUSPEND

Gdy jedna ze stron wyśle QUIT, nie przerywa od razu połączenia, lecz odbiera jeszcze komunikaty od rozmówcy, dopóki ten nie wyśle QUIT-OK. Gdy nie wysyła potwierdzenia przez pewien czas, inicjator zakończenia przerywa połączenie.

Abonent, który wysyła SUSPEND, oczekuje na jego potwierdzenie (SUSPEND-OK). Gdy je otrzymuje przechodzi do stanu HAS-SUSPENDED. Gdy go nie otrzyma, a minie ustalona ilość czasu lub otrzyma QUIT, kończy połączenie.

Może się zdarzyć, że SUSPEND zostanie wysłane przez obu abonentów tak, że zanim zostanie dostarczone jego potwierdzenie abonent otrzyma SUSPEND od rozmówcy. Wówczas abonenci dodają do siebie numery obu używanych w połączeniu linii, i zależnie od tego czy otrzymana liczba jest nieparzysta czy parzysta, prawo do zawieszenia uzyskuje odpowiednio abonent, którego nr linii jest na polu I1 lub I2.

Jeśli chodzi o „jednoczesne” wysyłanie QUIT, to nie ma tu problemu, bo QUIT otrzymane od rozmówcy może być traktowane jakby to było potwierdzenie zakończenia, czyli QUIT-OK.

Zakończenie przenosi abonenta do stanu DISCONNECTED.

#### ■ IS-SUSPENDED

Stan, w którym abonent znajdzie się po wysłaniu potwierdzenia na rozkaz zawieszenia, czyli SUSPEND-OK.

Gdy otrzyma wiadomość CONTINUE, oznaczającą chęć kontynuacji zawieszonych połączenia wznowi je – być może z innym abonentem (IP i port zostaną przekazane w CONTINUE, a której rozmowy dotyczy wiadomość zostanie rozpoznane po numerze użytej linii)

Abonent może w tym stanie zrezygnować z połączenia, wysyłając QUIT. Jeżeli sytuacja ma miejsce w grupie, to komunikat o kończeniu będzie wysyłany do abonenta, który zawiesił połączenie. Gdy otrzyma QUIT, a będzie w trakcie procedury przekazywania zawieszenia innemu abonentowi z grupy (a więc przed otrzymaniem SUSP-TAKING-OVER-SUCCEEDED), zakończy ją, odmawiając wszystkim chętnym przyznania rozmowy (jeśli jest przed wysłaniem przydziału) lub wysyłając do tego, który ma przejąć QUIT-TAKING-OVER (a więc dla przypadku już po wysłaniu przydziału).

#### ■ HAS-SUSPENDED

Gdy abonent nie jest w grupie, po prostu może albo kontynuować rozmowę, wysyłając do zawieszonych abonenta CONTINUE, albo zrezygnować z rozmowy wysyłając QUIT.

Gdy z kolei rozmowę zawiesza członek grupy, musi on rozgłosić ten fakt za pomocą komunikatu SUSPENDED-CALL, wysyłanego do wszystkich członków grupy. Przenosi go to do stanu PASSING-SUSPENSION.

- PASSING-SUSPENSION

Abonent, który znalazł się w tym stanie właśnie rozgłosił w grupie fakt zawieszenia połączenia, wysyłając SUSPENDED-CALL do wszystkich członków grupy. Ci spośród nich, którzy zechcą kontynuować rozmowę za rozgłaszającego przyślą mu komunikat GET-SUSPENDED-CALL. Pierwszemu zostanie przyznane prawo do rozmowy i otrzyma on komunikat SUSPENDED-CALL-GIVEN, po czym ten od razu wyśle CONTINUE do zawieszono abonentu. Wysłanie pozwolenia na przejęcie przenosi abonentu rozgłaszającego do stanu SUSP-TAKING-OVER-CONFIRMING. Gdy nikt nie wyraził chęci przejęcia połączenia, następuje powrót do stanu HAS-SUSPENDED.

- SUSP-TAKING-OVER-CONFIRMING

Gdy rozgłaszający wyraził zgodę jednemu z członków grupy na przejęcie zawieszono połączenia, przechodzi do tego stanu. Pozostali ubiegający się o przejęcie połączenia dostaną tu odmowę za pomocą komunikatu SUSPENDED-CALL-NOT-GIVEN. Abonent rozgłaszający będzie utrzymywał informacje o zawieszono, aż otrzyma od abonentu, którego wybrał, SUSP-TAKING-OVER-SUCCEEDED – komunikatu mówiącego że udało się odwiesić rozmowę. Takie potwierdzenie ma za zadanie zapewnić, że nie zdarzy się, że rozgłaszający udzieli pozwolenia jednemu z członków grupy, po czym zanim jeszcze wybranemu uda się wysłać CONTINUE do zawieszono, ten zdecyduje się wysłać QUIT, którego rozgłaszający nie będzie wiedział jak zinterpretować. Zanim rozgłaszający nie otrzyma SUSP-TAKING-OVER-SUCCEEDED, obsługuje on ewentualne QUIT zawieszono. Gdy takie QUIT nadejdzie, rozgłaszający wysyła do wybranego członka grupy QUIT-TAKING-OVER, a ten wie, że nie uda się odwiesić połączenia i rezygnuje z tego. Potem rozgłaszający przechodzi do stanu DISCONNECTED.

W różnych stanach może zdarzyć się tak, że otrzymany zostanie opóźniony komunikat, który miał przyjść gdy abonent był w jakimś innym stanie. Taki komunikat zostanie po prostu zignorowany lub gdy oczekuje on interakcji, zostanie odesłany komunikat odmowny. Grupa komunikatów dotycząca przydzielania linii jednemu z członków może przychodzić w dowolnym ze stanów, a zarządzanie tymi zasobami jest niezależne od tego w jakim aktualnie stanie znajduje się protokół.