

## 7

### Otimização para a Transmissão de Voz no Modo IMS

Este Capítulo constitui-se em uma aplicação dos conceitos analisados nos Capítulos 4,5 e 6, no sentido de se estabelecer os critérios que devem ser atendidos pelo sistema para tornar o processo de comunicação por voz no modo IMS compatível com aquele realizado pelo modo CS, no que se refere à utilização de energia para a transmissão do sinal.

Em uma abordagem inicial, é proposta uma otimização para o IMS na situação em que se considera a transferência de pacotes de informação com compressão máxima (R-0) simultaneamente com a transferência de pacotes de sinalização. Em seguida é considerado o caso da transmissão exclusiva de pacotes de voz/SID, durante a realização de uma conversa telefônica. Sempre se considera que se dispõe de codecs do tipo AMR operando no modo de 12,2 kbps. Finalmente, são abordados os aspectos relativos à transmissão da sinalização SIP pelo IMS.

#### 7.1

##### Cálculo da Alternativa Otimizada

Esta seção apresenta um desenvolvimento semelhante aquele apresentado na Seção 5.5, à luz dos resultados mostrados no Capítulo 6.

O pacote de voz tem um comprimento de 34 bytes, conforme visto na Figura 40. A Figura 42 ilustra o processo de multiplexação. Aqui também está sendo considerada a transmissão nos intervalos de tempo em que são transferidos pacotes de voz com compressão máxima, conjuntamente com informações de sinalização, assim como no caso tratado na Seção 5.5. Deve ser observado que está sendo proposta a utilização de Codificador Turbo também para o canal de sinalização, em vez do Codificador Convolutacional, normalmente recomendado pelo 3GPP. Essa alteração contribui para uma economia adicional de energia para a transmissão do sinal.

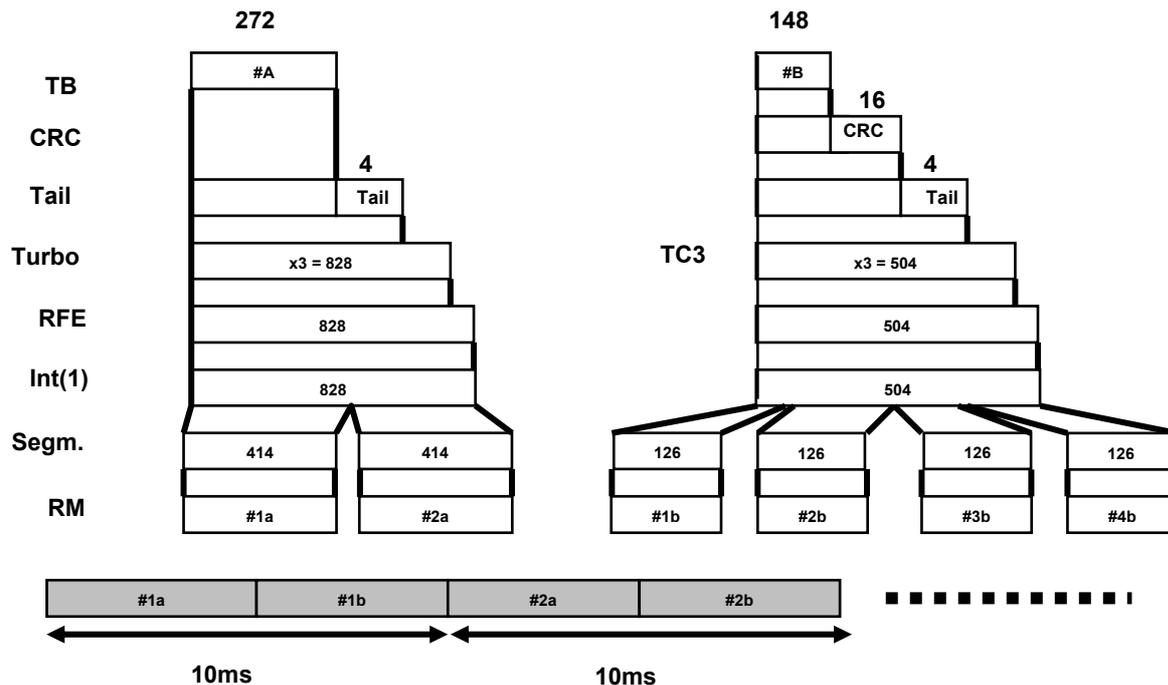


Figura 42 - Transmissão Otimizada do Sinal de Voz (caso IMS).

Nesta nova situação, antes do *Rate Matching* tem-se um total de 540 bits para serem acomodados nos quadros rádio de 10ms. Então a taxa é de 54 kbps. Utilizando um SF de 64, que corresponde à taxa de 60 kbps, verifica-se existir um espaço para repetição de 60 bits ( $600 - 540$ ) em cada quadro rádio de 10ms. A aplicação do algoritmo de otimização descrito na seção 4.4.3 conduz aos resultados mostrados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultado do Algoritmo de Otimização - Caso IMS Otimizado.

Canal	Coder	Bits	BER	Eb/No s/ otim	Rep/ Punct	Eb/No c/ otim
#A	TC3	414	$5 \times 10^{-4}$	1,940	+4	1,889
#B	TC3	126	$10^{-4}$	2,869	+56	
Totais	-	540	-	-	+60	-

Os resultados obtidos até agora permitem as seguintes observações:

- Conforme evidenciado no Quadro 3, o algoritmo de otimização levou a uma economia de energia de 0,98 dB ( $2,869 - 1,889$ ), que corresponde a um percentual de 25,3%;

- Comparando o resultado do Quadro 3 (Eb/No c/ otim) com aquele correspondente do Quadro 2, verifica-se que, com a otimização da transmissão de voz no IMS, consegue-se um ganho de 0,64 dB (2,529 - 1,889), que corresponde a um percentual de 15,9%;
- Finalmente, comparando os resultados do Quadro 3 com aqueles do Quadro 1, observa-se que, em termos de gasto de energia, as situações CS e IMS otimizado tornam-se praticamente equivalentes (1,876 dB do CS contra 1,889 dB do IMS otimizado);

Na sistemática de otimização desenvolvida, a quantidade de bits a serem repetidos (ou eventualmente suprimidos) em cada canal de transporte, deve ser informada pelo RRC aos componentes *Rate Matching* associados a cada canal. Isto se justifica na medida em que o RRC possui uma visualização conjunta de todos os canais de transporte que constituem o CCTrCH e, portanto, conhece os valores de QoS respectivos que devem ser observados. Esse procedimento difere da sistemática adotada pelo 3GPP, que se utiliza de dois parâmetros<sup>[43]</sup>: o *static rate matching attribute* (srma) e o *dynamic rate matching attribute* (drma). Os srma são calculados pelo RRC, um para cada canal de transporte, contendo a proporcionalidade requerida pelos QoS respectivos. Esses valores são então repassados ao nível físico (componentes *Rate Matching*). Nesses componentes, a partir do conhecimento do comprimento (em bits) do canal físico, é aplicado um novo coeficiente de proporcionalidade para promover o completamento do canal físico. Esse procedimento apresenta um erro intrínseco, pois supõe a existência de linearidade para o comportamento da BER versus Eb/No, o que não corresponde à realidade (ver Figuras 16, 17 e 18).

Torna-se importante observar que os casos aqui tratados relativamente ao IMS prenderam-se a períodos de tempo da conexão em que estavam sendo transmitidos quadros de voz com compressão máxima (R-0) conjuntamente com quadros de sinalização. A seção seguinte considera a situação de outros períodos de tempo da conexão, que envolvem a transmissão de outros tipos de pacotes que não somente o R-0. Ainda é mantido o tratamento para o codec AMR operando no modo 12,2 kbps.

## 7.2

### Caso de Transferência de Voz Durante uma Conversação Telefônica

#### 7.2.1

##### Premissas Consideradas<sup>[44]</sup>

Com base nos conceitos sobre ROHC enunciados no Apêndice 5, pode-se assumir que, durante uma conversação telefônica normal, são utilizados os seguintes tipos de pacotes, com os respectivos comprimentos de cabeçalho:

- **IR (61 bytes):** Utilizado para inicialização do contexto;
- **IR-DYN (13 bytes):** Para atualização da parte dinâmica do contexto;
- **R-0 (1 byte):** Transporta os seis dígitos menos significativos do SN;
- **R-0-CRC (2 bytes):** É enviado  $m$  vezes seguidas, desde o último ACK recebido. O valor de  $m$  é da escolha do projetista do sistema. Supondo  $m = 3$ , tem-se o envio de  $(2^6 - m) = 61$  pacotes R-0 (mais R-0-ACK) e 3 pacotes R-0-CRC, de forma alternada;
- **R-2 (3 bytes):** É utilizado para alterar o bit M (Marker, do RTP) no início e no fim de um surto de voz;
- **R-2-Ext3 (5 bytes):** É utilizado quando se deseja sinalizar mais dígitos menos significativos do SN. Este pacote é enviado quando são perdidos os  $m=3$  pacotes de uma rajada de R-0-CRC;
- **R-0-ACK (3 bytes):** É utilizado para dar o reconhecimento de chegada de uma rajada de R-0-CRC. Apenas um ACK deve ser enviado;

Considere-se agora o caso hipotético de uma conversação telefônica com 10 minutos de duração, com surtos de voz e períodos de silêncio alternados a cada segundo. Então, em uma direção, tem-se a transferência de 15000 pacotes de voz e 1875 pacotes SID (na suposição de que, em média, um pacote SID é transmitido para cada 8 intervalos de 20ms, nos períodos de silêncio). São ainda consideradas as seguintes suposições, neste caso:

- Ao longo da conexão, somente são alteradas as seguintes variáveis dinâmicas: SN, TS e M;

- O RTT (*Round Trip Time*) entre o UE e o RNC é de 140ms e consequentemente, o número de pacotes que poderão ser enviados neste período (pRTT) é 7. Dessa forma, no início da conexão, deve-se enviar 7 pacotes do tipo IR-Voz;
- R-2-Ext3 constituem-se em 1% do número total de pacotes, o que corresponde a uma perda, neste percentual, de rajadas R-0-CRC. Então, serão enviados 150 pacotes R-2-Ext3-Voz e 19 pacotes R-2-Ext3-SID, durante a conexão;
- IR-DYN constituem-se também em 1% do número total de pacotes, correspondendo a situações em que haja pacotes corrompidos, nesta mesma proporção. Então, serão enviados 150 pacotes IR-DYN-Voz e 19 pacotes IR-DYN-SID;

Como os pacotes R-2 são enviados no início e no fim de cada rajada de voz, tem-se a transmissão de 600 pacotes R-2-Voz.

Com base no exposto, tem-se as seguintes expressões para a definição do número de pacotes de cada tipo, que serão transmitidos em uma direção. As variáveis indicadas pelos nomes dos pacotes referem-se, na verdade, às quantidades de cada um:

$$\begin{aligned}
 &IR-Voz + IR-DYN-Voz + R-0-Voz + R-0-CRC-Voz + R-2-Voz + R-2-Ext3-Voz \\
 &+ R-0-ACK-Voz = 15000 \\
 &IR-DYN-SID + R-0-SID + R-0-CRC-SID + R-2-Ext3-SID + R-0-ACK-SID \\
 &= 1875
 \end{aligned} \tag{7.1}$$

Substituindo, nestas expressões, o número de pacotes já determinado, tem-se:

$$\begin{aligned}
 R-0-Voz + R-0-CRC-Voz + R-0-ACK-Voz &= 15000 - 7 - 150 - 600 - 150 = 14093 \\
 R-0-SID + R-0-CRC-SID + R-0-ACK-SID &= 1875 - 19 - 19 = 1837
 \end{aligned} \tag{7.2}$$

Tem-se, ainda, as seguintes relações:

$$\begin{aligned}
 R-0-ACK-Voz &= R-0-CRC-Voz / 3 \\
 R-0-ACK-SID &= R-0-CRC-SID / 3 \\
 (R-0-Voz + R-0-ACK-Voz) / (R-0-CRC-Voz) &= 61/3
 \end{aligned}$$

$$(R-0-SID + R-0-ACK-SID) / (R-0-CRC-SID) = 61/3 \quad (7.3)$$

O conjunto das equações (7.2) e (7.3) permite a determinação das quantidades de pacotes transmitidos de cada tipo. O Quadro 4 sintetiza esses resultados.

Quadro 4: Parâmetros para um Tráfego de Voz de 10min no IMS.

<b>Tipo de Pacote</b>	<b>Cabeçalho (bytes)</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Razão de Ocor.</b>
IR-Voz	61	7	0,00%
IR-DYN-Voz	13	150	0,89%
R-0-Voz	1	13212	78,29%
R-0-CRC-Voz	2	661	3,92%
R-2-Voz	3	600	3,56%
R-2-Ext3-Voz	5	150	0,89%
R-0-ACK-Voz	3	220	1,30%
IR-DYN-SID	13	19	0,11%
R-0-SID	1	1722	10,20%
R-0-CRC-SID	2	86	0,51%
R-2-Ext3-SID	5	19	0,11%
R-0-ACK-SID	3	29	0,17%

### 7.2.2

#### Cálculo para Otimização

As considerações analisadas permitem que se avalie o comportamento, em termos de gasto de energia, para a realização da chamada telefônica hipotética descrita na seção anterior. Para esta finalidade, foi construído o Quadro 5, que permite uma boa visualização das etapas a serem desenvolvidas para se alcançar o objetivo pretendido. Em seguida, são descritos os procedimentos para a obtenção dos dados relativos a cada coluna do Quadro:

- **Tipo de Pacote:** Define o tipo de pacote transmitido. É igual à primeira coluna do Quadro 4;

- **Comprimento do Pacote:** Mostra, em bits, a dimensão total do pacote. No caso de voz, o *payload* (Figura 39) tem 32 bytes. Para SID, tem-se 7 bytes (ver seção 5.3.5). Então, para a formação dos dados desta coluna, deve-se acrescentar a estes valores aqueles da segunda coluna do Quadro 4 mais 1 byte relativo ao CRC;
- **Ocorrências:** Consiste em uma repetição dos valores constantes da terceira coluna do Quadro 4;
- **Razão de Ocorrência:** Consiste em uma repetição dos valores constantes da quarta coluna do Quadro 4;
- **Comprimento do Quadro RLC:** É a dimensão, em bits, do quadro RLC que será alocado para conter o pacote. Como o excesso entre este valor e o comprimento do pacote correspondente será completado com bits extras, torna-se importante alocar valores para o comprimento do quadro RLC que minimizem o número total destes bits extras (minimização do *padding*). Para o caso em questão, assume-se que o Quadro RLC pode ter 4 comprimentos distintos. Uma aplicação do algoritmo de otimização descrito na seção 4.1.1, levou à adoção dos seguintes valores: 80, 272, 304, 752;
- **Razão de *Padding*:** Mostra o percentual do quadro RLC que está sendo utilizado para *padding*. É calculado como:

$$\frac{(\text{Comprimento do Quadro RLC} - \text{Comprimento do Pacote})}{\text{Comprimento do Quadro RLC}} (\%)$$

- **Razão de *Padding* Proporc.:** Esta coluna indica a Razão de *Padding* Proporcional, sendo calculada pelo produto das colunas Razão de Ocorrência e Razão de *Padding*. A soma total dos valores desta coluna fornece o *padding* médio, utilizado durante a conexão. Como pode ser visto, a aplicação do algoritmo de otimização (seção 4.1.1) conduziu a um valor bastante reduzido para o somatório de valores deste parâmetro (2,27%). Ressalte-se que o valor constante da Referência [44] para este cálculo foi de 14,64%, o que vem a caracterizar a importância da técnica de otimização aqui apresentada;
- **Comprimento do Quadro Antes do RM:** Aquí tem-se a dimensão do quadro (em bits) no nível físico imediatamente antes do *Rate Matching*.

De acordo com os conceitos enunciados na seção 7.1, estes valores são definidos a partir da seguinte expressão:

Comprimento do Quadro Antes do RM =  $\{[\text{Comprimento do Quadro RLC} + 4(\text{Tail})] \times 3\} / 2$

- **SF & Quadro Físico:** Mostra o valor do *Spreading Factor* a ser adotado, com a conseqüente dimensão do quadro físico, em bits;
- **Bits de Repetição ou Supressão:** Apresenta a quantidade de bits que devem ser repetidos ou suprimidos, de forma a tornar compatível as colunas *Comprimento do Quadro Antes do RM* e *SF & Quadro Físico*;
- **Eb/N0 (dB):** A partir dos conceitos da Seção 4.4.2 calculam-se os valores de Eb/No para os diversos pacotes;
- **Número de Bits Transmitidos:** Indica o número de bits transmitidos para cada tipo de pacote. É o resultado do produto dos valores de *Quadro Físico* por *Ocorrências*;
- **Eb/N0 x Número de Bits Transmitidos:** É o resultado do produto das duas colunas anteriores. O somatório dos valores desta coluna indica a energia total necessária para a realização da chamada, dividida por No;

O Quadro 6 é formado a partir do emprego da mesma sistemática anteriormente desenvolvida aplicada ao caso da conexão de voz efetuada via CS.

Tipo de Pacote	Comp. do Pacote	Ocorrências	Razão de Ocorrência	Comp. do Quadro RLC	Razão de Padding	Razão de Padding Proporc.	Comp. do Quadro antes do RM	SF & Quadro Físico	Bits de Repetição ou Supressão	Eb/No (dB)	Número de Bits Transmitidos	Eb/No x Número de Bits Transmitidos
IR (voz)	752	7	0,00%	752	0,00%	0,00%	1134	32 / 1200	+ 66	1,10	8400	10821
IR-DYN (voz)	368	150	0,89%	752	51,06%	0,45%	1134	32 / 1200	+ 66	1,10	180000	231885
R-0 (voz)	272	13212	78,29%	272	0,00%	0,00%	414	64 / 600	+186	0,87	7927200	9685450
R-0-CRC (voz)	280	661	3,92%	304	7,89%	0,31%	462	64 / 600	+ 138	1,15	396600	516836
R-2 (voz)	288	600	3,56%	304	5,26%	0,19%	462	64 / 600	+ 138	1,15	360000	469140
R-2-Ext3 (voz)	304	150	0,89%	304	0,00%	0,00%	462	64 / 600	+ 138	1,15	90000	117285
R-0-ACK (voz)	288	220	1,30%	304	5,26%	0,07%	462	64 / 600	+ 138	1,15	132000	172018
IR-DYN (SID)	168	19	0,11%	272	38,24%	0,04%	414	64 / 600	+ 186	0,87	11400	13929
R-0 (SID)	72	1722	10,20%	80	10,00%	1,02%	126	256 / 150	+ 24	2,35	258300	443736
R-0-CRC (SID)	80	86	0,51%	80	0,00%	0,00%	126	256 / 150	+ 24	2,35	12900	22161
R-2-Ext3 (SID)	104	19	0,11%	272	61,76%	0,07%	414	64 / 600	+ 186	0,87	11400	13929
R-0-ACK (SID)	88	29	0,17%	272	67,65%	0,12%	414	64 / 600	+ 186	0,87	17400	21259
Totais						2,27%					9405600	11718449

Quadro 5: Resultados para a Chamada IMS com Parâmetros Otimizados.

<b>Tipo de Pacote</b>	<b>Canal de Transporte</b>	<b>Comp. do Quadro RLC</b>	<b>Comp. do Quadro antes do RM</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>SF &amp; Quadro Físico</b>	<b>Bits de Repetição ou Supressão</b>	<b>Eb/No (dB)</b>	<b>Número de Bits Transmitidos</b>	<b>Eb/No x Número de Bits Transmitidos</b>
Voz	#A	81	152	15000	64 / 600	+ 95	0,961	9000000	11229037
	#B	103	167			+ 89			
	#C	60	68			+ 29			
SID	#A	39	89	1875	256 / 150	+ 61	0,539	281250	318414
Totais								9281250	11547451

Quadro 6: Resultados para a Chamada CS com Parâmetros Otimizados.

Pela comparação entre os dados mostrados nos Quadros 5 e 6, verifica-se que a razão entre as quantidades *Eb/No x Número de Bits Transmitidos* para os modos IMS e CS é

$$11718449 / 11547451 = 1,0148$$

resultando, portanto, em um incremento de energia de apenas **1,5%** para a transmissão da mensagem pelo modo IMS, comparativamente ao modo CS.

### 7.3

#### Sinalização SIP

A sinalização para o estabelecimento de uma conexão VoIP no IMS envolve a transferência de uma quantidade de informação muito maior do que no caso de uma conexão normal de voz pelo modo CS. Isto ocorre principalmente devido ao fato das mensagens SIP serem escritas na forma textual, enquanto que no CS as mensagens utilizam codificação binária, que é muito mais compacta. Apenas para se ter uma idéia da diferença dos contextos, para o estabelecimento de uma conexão de voz pelo CS seria necessário transmitir-se um total de 18 bytes<sup>[45]</sup>, enquanto que no caso do IMS este número seria de 7445 bytes. Então, para tornar o IMS competitivo com o CS quanto ao aspecto do retardo proporcionado pela sinalização, tem-se duas possibilidades:

- Aumentar a banda passante do canal de sinalização<sup>[46]</sup>;
- Utilizar o mecanismo de compressão da sinalização (SIGCOMP - *Signaling Compression*)<sup>[47,48]</sup>.

Diferentemente do ROHC, o SIGCOMP baseia-se na similaridade (sintaxe) dos comandos/respostas dos protocolos SIP e SDP. O IETF padronizou o descompressor (UDVM - *Universal Decompressor Virtual Machine*), deixando a estrutura do compressor a critério do implementador.

Para se obter uma análise dos retardos envolvidos no estabelecimento de uma conexão VoIP via IMS, considere-se o disposto na Seção 3.1, com a representação vista nas Figuras 7a, 7b, 7c e 7d. Com o propósito de ressaltar as mensagens SIP trocadas na interface aérea, considere a Figura 43, que acrescenta uma coluna com o número médio de bytes de cada mensagem, e outra coluna com os retardos esperados. Assume-se que o canal de sinalização é de 9,6 kbps e o RTT é de 140ms.

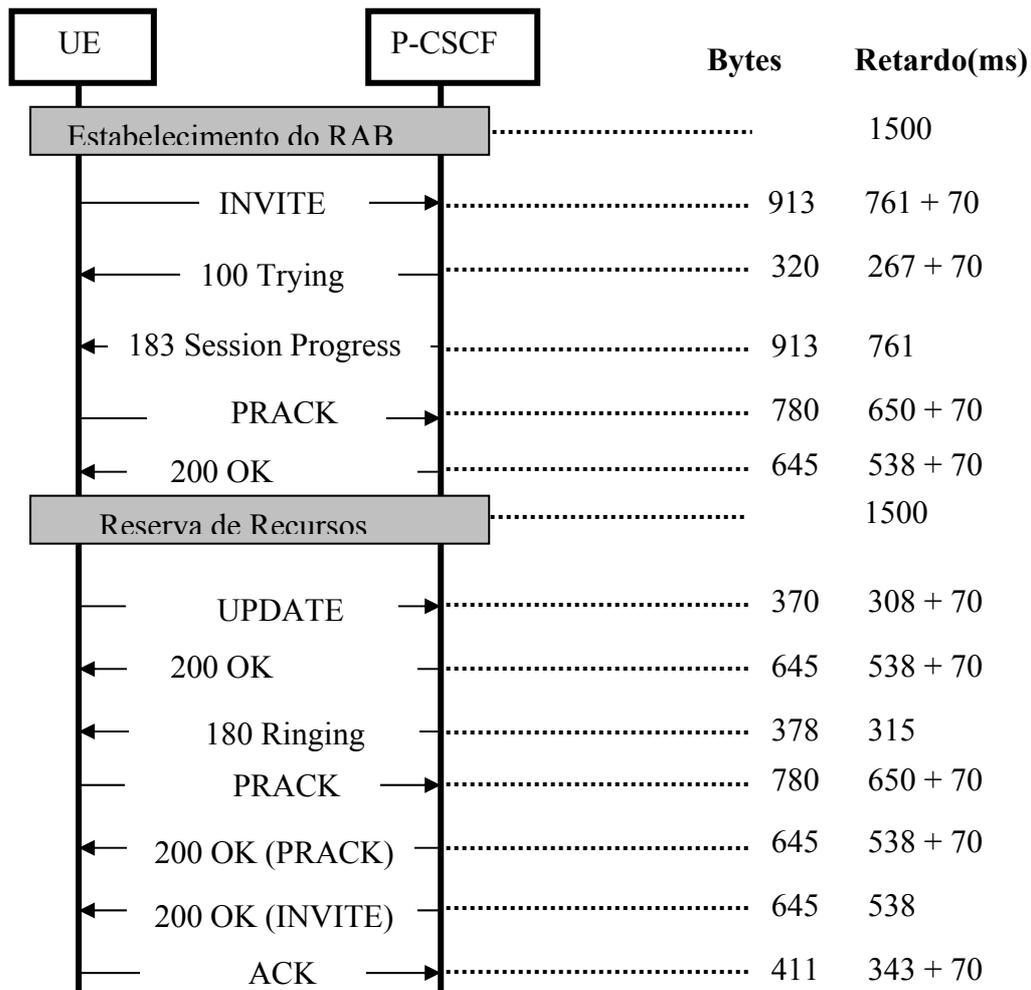


Figura 43: Composição do Retardo para Estabelecimento da Conexão (IMS).

Pela Figura 43, verifica-se que o retardo total será

$$6207 + (9 \times 70) + 3000 = 9837 \text{ ms}$$

Observa-se que este valor é inaceitável para o usuário que deseja estabelecer uma chamada de VoIP. No entanto, pode-se adotar as seguintes medidas:

- Utilizar o SIGCOMP, que pode levar a uma compressão da ordem de 4,4 (conforme a referência [48]);
- Utilizar o SRB de 13,6 kbps como canal de sinalização, em lugar do SRB de 3,4 kbps. Isto teria a vantagem adicional de economizar o tempo

(1500ms) de estabelecimento do primeiro RAB para cursar a sinalização SIP (como mostrado na Figura 43) <sup>[46]</sup>;

Como resultado, o novo tempo de retardo seria dado por

$$(9,6/13,6)(1/4,4) \times 6207 + (9 \times 70) + 1500 = 3126 \text{ ms}$$

Este valor é comparável aquele proporcionado pelos sistemas GSM, que é de 3600 ms <sup>[45]</sup>.

A Referência [49] sintetiza os resultados apresentados neste Capítulo.