

UM SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO DE BORDO PARA APLICAÇÕES
EM (MULTI) MISSÕES ESPACIAIS

José Carlos Maldonado; Eduardo Whitaker Bergamini

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq
C.P. 515 - 12200 - São Jose dos Campos - SP - Brasil

RESUMO

Tarefas supervisoras para aquisição de dados, processamento, comunicação e controle têm extensas aplicações em missões que envolvem balões estratosféricos. É apresentado um Sistema de controle e Supervisão de Bordo para Aplicações em (Multi) Missões Espaciais. Este sistema poderá envolver mais de uma Estação de Rastreo e Controle e diversos Sistemas de Bordo em operação simultânea.

ABSTRACT

Real time supervisory tasks for data acquisition, processing, communication and control have extensive applications in the context of stratospheric balloon missions. An on Board Supervision System for applications in (Multi) missions is presented. Multiple Ground Tracking and Control Stations and on Board Systems are expected to be involved in the (Multi) Missions configuration.

1. INTRODUÇÃO

A implementação e validação de um sistema padrão de controle e supervisão de bordo para aplicações em missões espaciais tem sido um dos objetivos do Programa de Sistemas Digitais e Analógicos, executado pelo Departamento de Engenharia de Computação em Aplicações Espaciais - DCA do INPE. O desenvolvimento de um sistema padrão de controle e supervisão de bordo, para aplicações em missões que envolvem balões estratosféricos, constitui uma das etapas para o cumprimento deste objetivo. O voo com balão é um excelente meio de laboratório para a especificação e o desenvolvimento de sistemas espaciais a serem empregados em satélites artificiais, levando em conta, porém, as diferenças ambientais e o grau de complexidade deste último caso.

Além do apoio no teste gradual de sistemas cada vez mais complexos, para aplicações em satélites, deve-se salientar o acréscimo de desempenho e eficiência fornecido aos experimentos e missões de aquisição de dados desenvolvidos pelos diversos pesquisadores deste Instituto.

O Sistema apresentado, denominado Sistema de Controle e Supervisão de Bordo "Multimissão", é baseado na expansão do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Monomissão (Maldonado e Mendes, 1981), para aplicações nas quais somente um experimento esteja em operação. O termo Multimissão é utilizado quando existir mais do que um experimento em operação, operando independentemente entre si.

Este trabalho visa introduzir aspectos envolvidos na expansão do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Monomissão. São apresentados requisitos de um sistema para viabilizar o controle e a supervisão de diversos experimentos que operam simultaneamente. A análise do desempenho do sistema apresentado não é o objetivo deste trabalho.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO DE BORDO - MONOMISSÃO

O Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Monomissão permite a comunicação protocolar "full-duplex" entre dois computadores, um em bordo e outro em solo. Este sistema viabiliza a aquisição, controle, transmissão e recepção de dados entre os segmentos solo e bordo, incluindo a transmissão e

recepção de telecomandos. A possibilidade de enviar telecomandos torna prático o controle, em tempo real, das unidades funcionais acopladas ao computador de bordo.

O segmento de supervisão e controle de bordo (Monomissão) foi configurado com o computador denominado ASTRO B/2. O ASTRO B/2 é composto de sete módulos funcionais: 1) Unidade Central de Processamento; 2) Módulo de Memória EPROM; 3) Módulo de Aquisição de Dados dos Sensores; 4) Módulo de Aquisição Rápida de Dados; 5) Módulo de Transmissão/Recepção de Dados; 6) Módulo de Controle de Estado/Numérico e 7) Módulo de Memória RAM.

O segmento de supervisão e controle de solo foi configurado com um Sistema para Gravação e Reprodução em Fita Cassete para Armazenamento de Dados (⁷) um terminal de vídeo TVA-80 e um computador denominado de Solo ASTRO S/1(⁶). Este computador é composto dos seguintes módulos funcionais: Unidade Central de Processamento; Módulo de Memória EPROM; Módulo de Memória RAM e 2 módulos de transmissão/Recepção de dados.

O sistema é inicializado com uma configuração predeterminada, que pode ser alterada, dependendo das necessidades de serviço, a cada momento, com o envio de telecomandos apropriados.

A Figura 1 mostra a configuração do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Monomissão.

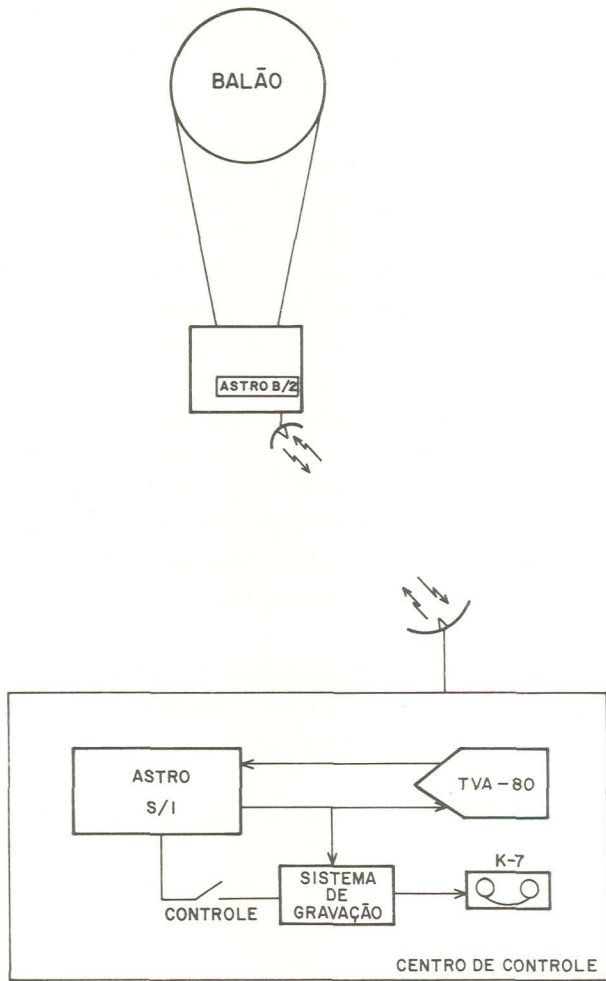


Fig. 1 - Configuração do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo - Monomissão.

3. EXPANSÃO DO MODELO PARA POSSIBILITAR A CONFIGURAÇÃO DE CONTROLE E SUPERVISÃO EM MULTIMISSION

O Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Multimissão proposto está baseado em equipamentos-padrões desenvolvidos e testados pelos diversos Departamentos do INPE durante a realização da Missão PEROBA-I (INPE, 1982), que utilizou o Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Monomissão. O modelo multimissão considera todos os experimentos embarcados operando na mesma frequência-padrão de telemetria e telecomando, ou seja, ter-se-ia somente a necessidade de reproduzir os equipamentos de transmissão/recepção. No entanto, torna-se necessário a definição de uma disciplina de controle de acesso ao canal de transmissão de dados de telemetria e telecomando, uma vez que estes teriam de ser compartilhados pelas diversas fontes de dados. A Figura 2 representa um esquema básico do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Multimissão.

A comunicação entre Estações de Rastreamento e Controle e os experimentos é realizada utilizando os quadros de dados da Figura 3. Esta comunicação obedece a um protocolo específico. A seguir, é definida a simbologia adotada para se referir aos diversos experimentos embarcados, às Estações de Rastreamento e Controle, bem como aos sistemas de transmissão/recepção de telemetria e telecomando:

B_i : i -ésimo experimento embarcado $i = 1, 2, 3, \dots$;

E_i : i -ésima Estação de Rastreamento e Controle $i = 1, 2, 3$;

TM_i : i -ésimo transmissor de telemetria $i = 1, 2, 3, \dots$ residente em B_i ;

TC_i : i -ésimo transmissor de telecomando $i = 1, 2, 3$ residente em E_i ;

RM_i : i -ésimo receptor de telemetria $i = 1, 2, 3$;

FTC: frequência de transmissão de telecomandos;

FTM: frequência de transmissão de telemetria;

ERA: Estação de Rastreamento e Controle "ativa";

ERP: Estação de Rastreamento e Controle "passiva".

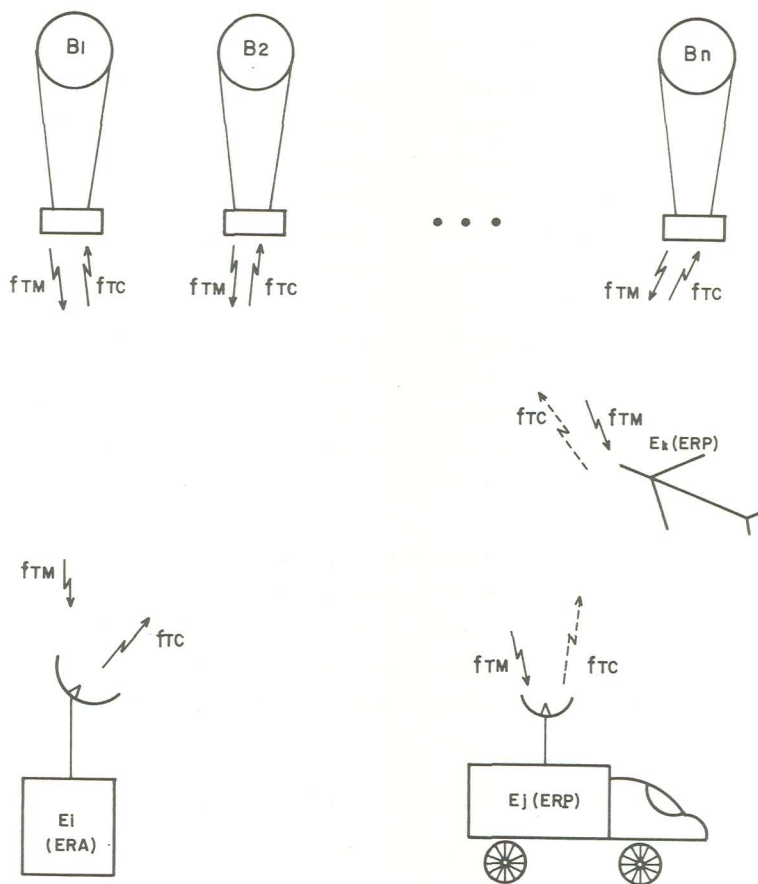


Fig. 2 - Esquema do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo - Multimissão.

"FLAG" DE INÍCIO	IDENTIF. DO EXPERIMENTO	IDENTIF. DE MENSAGEM	IDENTIF. DA EST. FONTE	IDENTIF. TELECOMANDO	DADOS	"FLAG" DE FIM
2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	3 BYTES	6 BYTES	2 BYTES

a)

"FLAG" DE INÍCIO	IDENTIF. DO EXPERIMENTO	IDENTIF. DE MENSAGEM	IDENTIF. DA EST. DE RASTREIO	TAMANHO DO BLOCO	IDENTIF. DO BLOCO	DADOS	"FLAG" DE FIM
2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	3 BYTES	6 BYTES		2 BYTES

b)

"FLAG" DE INÍCIO	IDENTIF. DO EXPERIM/ ESTAÇÃO DE RASTREIO DESTINO	IDENTIF. DE MENSAGEM	IDENTIF. DA ESTAÇÃO DE RASTREIO FONTE	IDENTIF. DA ESTRASTR. / DO EXPERIMENTO	TIPO DE TRANSFERÊNCIA	CONTROLE DE TEMPO RIZAÇÃO	TAMANHO DO BLOCO	DADOS	"FLAG" DE FIM
2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	2 BYTES	3 BYTES		2 BYTES

c)

- a) de controle;
- b) de informação;
- c) de transferência.

Fig. 3 - Estrutura dos quadros de dados.

3.1. DESCRIÇÃO DAS DISCIPLINAS DE ACESSO A CANAL

Recentemente várias disciplinas de acesso a canal têm sido propostas e estudadas para possibilitar a utilização de recursos disponíveis numa rede de comunicação de dados por diversos usuários, de uma maneira cooperativa, interativa e eficiente. Dentre o grande número de técnicas propostas e utilizadas para o controle de acesso a canais de informação, (Moraes, 1981), podemos citar:

- a) alocação fixa ("Fixed Assignment");
- b) acesso aleatório ("Random Access");
- c) reserva ("Reservation");
- d) interrogação ("Polling").

A escolha das disciplinas de controle de acesso aos canais de telemetria e de telecomando, propostas neste trabalho, foi baseada na filosofia de utilizar os recursos já existentes para o Sistema de Controle e Supervisão de Bordo. Desta forma, um objetivo foi o de minimizar as alterações conseqüentemente necessárias para a implementação destas disciplinas.

3.1.1 - DESCRIÇÃO DA DISCIPLINA DE ACESSO AO CANAL DE TELECOMANDO

Supondo que todos os transmissores de telecomando das Estações de Rastreo e Controle operem na mesma frequência TC, somente uma das Estações poderá realizar a transmissão de telecomandos em um dado momento. Da mesma forma, as respostas automáticas geradas em atenção à recepção de um quadro de informação poderão ser conflitantes se todas as Estações de Rastreo tentarem gerá-las ao mesmo tempo. Portanto, somente uma das Estações de Rastreo e Controle deverá gerar resposta em atenção à recepção de quadros de informação (telemetria) transmitidos pelo segmento bordo. A solução adotada para o acesso ao canal de telecomando, compartilhado pelas três Estações de Rastreo e Controle, foi a de configurar uma das Estações para operar em MODO ATIVO e as demais em MODO PASSIVO. A Estação de Rastreo e Controle operando em modo ativo será referenciada pelo nome de Estação de Rastreo e Controle Ativa. A que estiver operando em modo passivo será denominada Estação de Rastreo e Controle Passiva. De forma abreviada, as referências que foram definidas serão citadas pelas siglas ERA e ERP, respectivamente.

A ERA deve ser apta para telecomandar os diversos experimentos e será a responsável pela geração das respostas automáticas aos quadros de informação a serem recebidos. Portanto, esta é a estação que será a responsável pela configuração e reconfiguração dos diversos experimentos embarcados.

A ERP deve receber somente os quadros de informação e não terá, normalmente, acesso ao canal de telecomando. Se ocorrer erro na recepção, a ERP não tomará nenhuma atitude.

Na Seção 3.2 propõe-se uma solução para a mudança do modo ativo, de uma determinada Estação de Rastreamento e Controle, para o modo passivo e, conseqüentemente, a mudança do modo passivo de uma outra Estação para o modo ativo. Deve-se sempre ter apenas uma Estação de Rastreamento e Controle operando no modo ativo.

3.1.2. DESCRIÇÃO DA DISCIPLINA DE ACESSO AO CANAL DE TELEMETRIA

Como estão sendo considerados transmissores de telemetria que deverão operar na mesma frequência f_{TM}, supõe-se que somente um deles poderá realizar a transmissão de dados em cada instante, enquanto os demais deverão permanecer desligados. Quando um transmissor de telemetria TM_k estiver operando, o segmento de Rastreamento e Controle não poderá telecomandar nenhum outro experimento B_j, uma vez que as respostas aos telecomandos devem ser enviadas pelo canal de transmissão de dados de telemetria sendo ocupado. Desta forma, evita-se a colisão entre a resposta a um telecomando e a transmissão de dados de telemetria a qual poderia estar sendo realizado pelo transmissor TM_k.

Os seguintes aspectos foram considerados para a escolha da disciplina de acesso ao canal de transmissão de dados de telemetria:

- que os diversos experimentos não estariam, necessariamente, submetidos às mesmas condições de meio ambiente; ou seja, temperatura, pressão, etc. e, portanto, a base de tempo dos diversos experimentos poderia ter desvios diferentes;
- que, ao se realizar a transmissão de um telecomando para um experimento específico, fossem evitados conflitos entre transmissão de dados

relativa às respostas automáticas a telecomandos e transmissão de quadros de dados adquiridos nos diversos experimentos;

- que o conflito entre transmissão de dados de telemetria, realizada pelos experimentos, fosse minimizado; ou seja, uma iniciada a transmissão de dados por um determinado experimento, deve-se garantir que os demais não tentem acessar o canal de telemetria.

Com base nos aspectos considerados acima, a disciplina de controle de acesso ao canal de telemetria proposta é a do tipo "gated polling". As diversas fontes de dados são interrogadas em sequência e, uma vez alocado o canal para um determinada fonte de dados, ou seja, para algum experimento embarcado, os dados serão transmitidos daquele experimento para a ERA, não impedindo, no entanto, que as ERPS possam receber o quadro de informação transmitido. De uma maneira geral, sob a disciplina "gated polling", a fonte de dados estará habilitada a transmitir somente as mensagens que estavam esperando ser transmitidas até o momento da interrogação, de tal forma que as mensagens que chegam na fonte depois da interrogação deverão esperar para serem transmitidas até a próxima interrogação do sistema. O sistema, então, continua com a interrogação das demais fontes de dados numa ordem cíclica.

3.2. MUDANÇA DE UMA DETERMINADA ESTAÇÃO DO ESTADO ATIVO PARA O ESTADO PASSIVO

Como foi discutido anteriormente, somente uma Estação E_i deverá operar no modo ativo, a cada momento. Ou seja, a ERA é que deverá interrogar e telecomandar os diversos experimentos embarcados. Em situações em que a ERA tenha comunicação somente com poucos experimentos em operação, seria interessante transferir o controle para outra Estação de Rastreamento e Controle que tivesse melhores condições de operação. Isto implica que a ERA se torne passiva e conseqüentemente uma das outras ERPs se torne ativa. O termo transferência de controle deve ser entendido como a mudança de estado ativo para estado passivo da ERA e do estado passivo para ativo de uma das ERPs.

A transferência de controle entre duas Estações de Rastreamento e Controle será realizada utilizando os sistemas de comunicação dos diversos experimentos embarcados. Deve-se ressaltar que, durante a transferência de

controle, a interrogação sequencial dos diversos experimentos deverá ser interrompida, uma vez que os próprios sistemas de comunicação dos experimentos embarcados serão utilizados para a realização da transferência de controle.

Normalmente, a transferência de controle deverá ser iniciada pelo operador da ERA. Em condições especiais, o operador de uma das ERPs poderá requisitar à ERA que a transferência de controle seja iniciada.

3.3. ASPECTOS DE COMUNICAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES DE RASTREIO

Em relação à comunicação entre duas Estações de Rastreo e Controle as seguintes situações podem ocorrer:

a) Comunicação direta entre duas Estações de Rastreo e Controle

Diz-se que existe a possibilidade de comunicação direta entre duas Estações de Rastreo e Controle E_j e E_k quando a Estação de Rastreo E_j consegue transferir dados para a Estação de Rastreo E_k , através de um determinado experimento B_j , e a Estação de Rastreo e Controle E_k consegue transferir dados para a Estação de Rastreo e Controle E_j através de um determinado experimento B_m . A Figura 4 ilustra esta situação.

b) Comunicação indireta entre duas Estações de Rastreo e Controle

Diz-se que existe uma comunicação indireta entre duas Estações de Rastreo E_j e E_k se a comunicação entre estas duas Estações necessita do apoio da Estação E_i como intermediária. Esta situação é ilustrada na Figura 5.

c) Inexistência de comunicação entre Estações de Rastreo e Controle

Diz-se que não existe comunicação entre duas Estações de Rastreo e Controle E_j e E_k quando não existe um elo de comunicação através dos experimentos embarcados entre elas, ou seja, não são satisfeitas as condições para a comunicação direta e nem para a comunicação indireta.

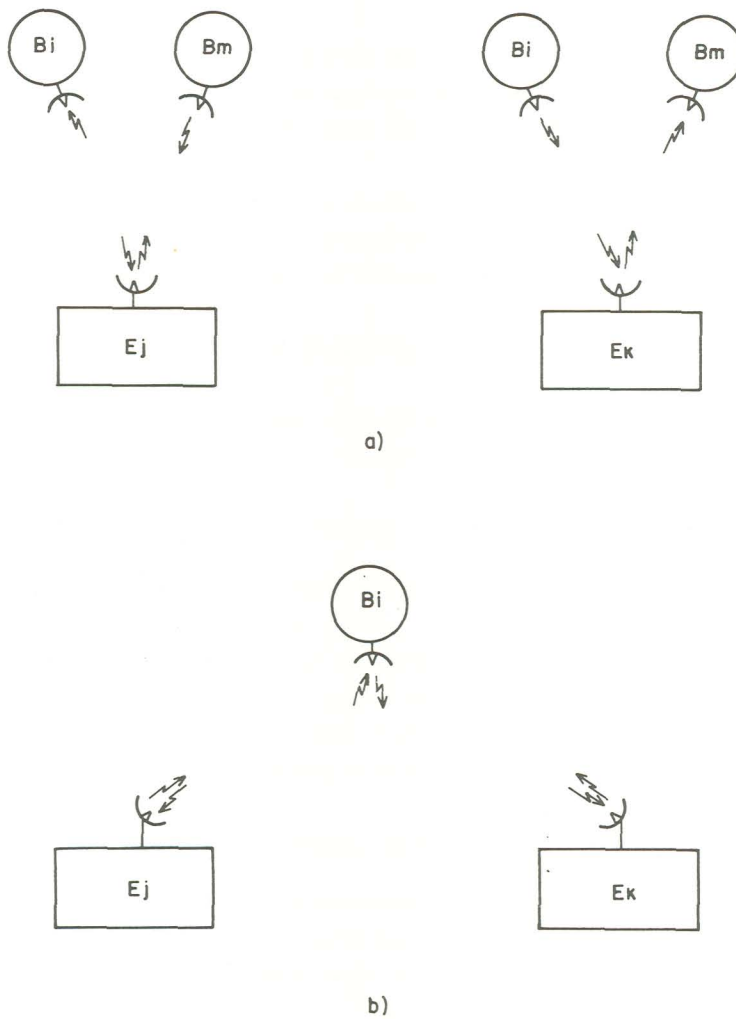


Fig. 4 - Ilustração da comunicação direta entre duas Estações de Rastreamento.

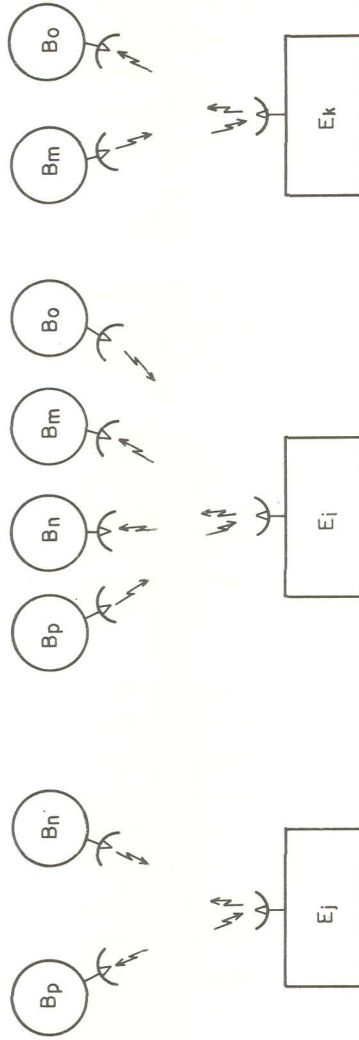


Fig. 5 - Ilustração da comunicação indireta entre as Estações de Rastreamento.

3.4. TRANSFERÊNCIA DE CONTROLE A PARTIR DA ESTAÇÃO DE RASTREIO ATIVA

O operador da ERA poderá requisitar que a operação em modo ativo seja transferida para outra Estação de Rastreo. Normalmente a transferência de controle dar-se-á somente para a ERP que conseguir estabelecer uma comunicação direta com a ERA. A transferência de controle indireta deve ser um recurso secundário. Esta transferência dá-se em três etapas:

a) Determinação do elo de comunicação

Nesta etapa ocorrerá a determinação do conjunto de experimentos visíveis pela ERP, subordinada ao controle da ERA, e o conjunto de experimentos visíveis pela ERA, subordinada ao controle da ERP, denominados DPA e DAP, respectivamente.

Depois que todos os experimentos tiverem transmitido o quadro de transferência à ERP, esta responderá com outro quadro de transferência. Neste quadro deverá ser especificado o conjunto DPA. Esta resposta também será disseminada para todos os experimentos, os quais deverão retransmitir a resposta para a ERA.

Se a ERA receber a resposta através de algum experimento, deverá determinar o conjunto DAP, ou seja, o conjunto dos experimentos através dos quais a recepção foi satisfatória. Nesta condição, a etapa de determinação dos elos de comunicação estará encerrada. Se o elo de comunicação for estabelecido, a comunicação será feita através dos experimentos pertencentes aos conjuntos DPA e DAP. O critério de seleção desses conjuntos poderia ser determinado entre a potência de recepção do sinal do respectivo experimento e/ou pelo número de erros que ocorreu na recepção. O número de erros poderia ser estimado pela rotina de decodificação.

b) Determinação de concessão para transferência de controle

Nesta etapa, a ERA deverá questionar a ERP, para a qual se deseja transferir o controle, se ela aceita ou não passar a operar em modo ativo. Um quadro de transferência deverá ser transmitido através dos experimentos indicados no conjunto DPA. No quadro de transferência, a ERA deverá es

pecificar os experimentos através dos quais a ERP deverá transmitir as respostas; ou seja, juntamente com o quadro de transferência, a ERA anexará o conjunto DAP.

Se a ERP receber o quadro de transferência questionando-a sobre a possibilidade de torná-la ativa, deverá então notificar o seu operador. Um sinal sensível (ex: sonoro) deverá ser acionado alertando o operador. O operador, então, deverá comandar a ERP que, por sua vez, iniciará a transmissão de um quadro de transferência, comunicando à ERA da possibilidade de ou não de passar a operar em modo ativo. Recebido a resposta, a ERA passará para a etapa de transferência de controle propriamente dita. No entanto, se a ERA não receber resposta da ERP, dentro de um intervalo de tempo específico, deverá reiniciar a etapa de determinação de concessão para transferência de controle, se ela ainda assim o desejar.

c) Transferência de controle propriamente dita

Se a etapa de questionamento se encerrar com sucesso, então ocorrerá a transferência do controle para a ERP. O tipo de transferência que pode ocorrer está descrito na Seção 3.4. A ERA deverá então transmitir, através dos experimentos pertencentes ao conjunto DPA, um quadro de transferência de controle, determinando que uma ERP específica passe a operar no modo ativo. A ERA aguardará um intervalo de tempo específico para recebimento da resposta que deverá ser transmitida pela ERP. Esta resposta confirmará para a ERA que a ERP tornou-se ativa.

Independente do recebimento dessa resposta, a ERA passará a operar no modo passivo. Isto posto, três situações distintas podem ocorrer:

1) Estação de Rastreo Ativa recebe resposta

Nesta situação, a transferência de controle teve sucesso total e o operador será avisado deste evento.

- 2) Estação de Rastreo Passiva recebe o quadro de transferência, mas a Estação de Rastreo Ativa não recebe resposta

Nesta situação, a ERP tornar-se-á ativa, mas sem o conhecimento da ERA que estava realizando a transferência de controle. Esta Estação de Rastreo e Controle poderá tomar conhecimento que a transferência de controle obteve sucesso se receber algum quadro de informação transmitido por algum experimento, devido a interrogação da Estação de Rastreo e Controle que passou a operar no modo ativo.

- 3) Estação de Rastreo Passiva não recebe o quadro de transferência

Nesta situação, as duas Estações de Rastreo e Controle envolvidas na transferência de controle permanecerão passivas.

Tanto nesta situação como na anterior, se a Estação de Rastreo e Controle, que realizava a transferência de controle, não receber dados de nenhum experimento, ela deverá relatar ao operador. O operador deverá interferir tentando recuperar o sistema, através de comandos especiais.

3.4.1. TIPOS DE TRANSFERÊNCIA DE CONTROLE

A ERA poderá realizar três tipos de transferência de controle, através da requisição do operador:

- a) Transferência de controle com tempo ilimitado

Neste tipo de transferência de controle, a ERP, que se tornou ativa, permanecerá ativa enquanto desejar.

- b) Transferência de controle com tempo limitado

Neste tipo de transferência, a ERP, que se tornou ativa, deverá interrogar a Estação, que lhe transferiu o controle, se deve iniciar um retorno do controle para ela. Se a resposta for negativa, ela permanecerá ativa por tempo indeterminado. Se a resposta for positiva, deverá ser dado início à transferência de controle. Se não for recebida resposta, a ERA re

transmitirá a pergunta de tempos em tempos. O operador deve sempre ser notificado de todas as ocorrências.

c) Transferência de controle com tempo limitado e mudança automática

Neste caso, a ERP que se tornou ativa, após decorrido o tempo especificado, tornar-se-á passiva automaticamente. Por sua vez, a ERA que havia transferido o controle torna-se-á ativa, também automaticamente, esgotado este tempo.

3.5. TRANSFERÊNCIA DE CONTROLE REQUISITADA PELO OPERADOR DA ESTAÇÃO DE RASTREIO PASSIVA

O operador de uma determinada ERP poderá requerer à ERA que lhe seja transferido o controle dos experimentos. A ERP deverá, então, disseminar um quadro de transferência aos diversos experimentos, requisitando à ERA o controle. Quando um dos experimentos for interrogado pela ERA, deverá transmitir, juntamente com o quadro de informação, o quadro de transferência. A ERA, tomando conhecimento da requisição de transferência de controle, deverá responder à ERP se iniciará ou não a transferência de controle. As etapas de transferência de controle, bem como o tipo de transferência, devem ser os mesmos descritos na Seção 3.4.1.

3.6. OPERAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RASTREIO EM CONDIÇÕES ANORMAIS

O operador de uma das ERPs poderá ter a necessidade de telecomandar, com urgência, algum experimento, devido a condições anormais de algum sistema de bordo que esteja sob sua visada. Neste sentido, através de comandos especiais, o operador poderia forçar a transmissão de telecomandos para experimentos específicos. Nesta situação, diz-se que a ERP passou a operar no MODO DE ACESSO ALEATÓRIO. Quando uma Estação de Rastreo e Controle estiver operando neste modo, poderão ocorrer perdas de quadros de informação. No modo de acesso aleatório, a Estação não transmitirá respostas a quadros de informação recebidos. Neste modo, requisitada a transmissão de um telecomando, a Estação de Rastreo e Controle transmitirá um telecomando para todos os experimentos, requisitando que seus transmissores sejam desligados e, após, ela deve transmitir o telecomando para o experimento específico

co. Se a resposta ao telecomando não for recebida, este processo se repete, podendo o operador interferir nele.

Os operadores das Estações de Rastreamento e Controle, no início ou durante a realização dos experimentos, devem ser capazes de configurar/reconfigurar o sistema. Esta configuração/reconfiguração poderia ser feita através de COMANDOS LOCAIS (CL), que alterariam o estado operacional delas.

3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO DE BORDO (MULTI) MISSÕES

Espera-se que, com a implementação do Sistema de Controle e Supervisão de Bordo-Multimissão, venham se consolidar e ampliar os serviços prestados em apoio a medidas de parâmetros científicos que envolvem veículos espaciais, as quais são realizadas pelos pesquisadores desta ou de outras instituições nacionais ou internacionais. Na implementação deste sistema pode-se também considerar a possibilidade de comunicação entre os experimentos. Esta comunicação poderia ser realizada com o apoio da ERA. O experimento B_i , desejando comunicar-se com o experimento B_j , ao ser interrogado pela ERA, deve transmitir, juntamente com o quadro de informação, um quadro de transferência. Este quadro de transferência será, então, retransmitido para o experimento B_j pela ERA.

Deve-se salientar que o Sistema de Controle e Supervisão de Bordo não se aplica somente a balões estratosféricos. Pode-se, respeitando as restrições do meio ambiente e da complexidade da missão. Configurá-lo para qualquer missão de aquisição de dados a bordo de veículos espaciais. Neste sentido, esta linha de pesquisa do Instituto já forneceu subsídio para o desenvolvimento do sistema de supervisão de bordo para a Missão Espacial Completa Brasileira, em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, M.A.C. *Sistema para gravação e reprodução em fita cassete para armazenamento de dados*. São José dos Campos, INPE, 1982. (2466-RTR/016).
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Missão PEROBA-I*. São José dos Campos, INPE, mar. 1982. (INPE-2341-RPE/406).
- INTEL. *MCS-8080 assembly language programming manual*. Santa Clara, CA, 1961.
- MALDONADO, J.C.; MENDES, R.A. *Manual de operação do Programa Operacional Integrado - (POI) para comunicação entre computadores utilizado na super visão de bordo na missão PEROBA-I*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2062-NTI/153).
- MARTINS, R.C.O. *ALGOL-M - Uma linguagem de alto nível para microcomputadores*. Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1976. (não foi publicado).
- MENDES, R.A. *Microcomputador de bordo ASTRO B/2; Manual de descrição*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-1421-NTI/155).
- MORAES, L.F.M. *Message delays in Polling Schemes with applications to data communication networks*. Los Angeles, UCLA-ENG, 1981.
- PAULA JR, A.R.; MENDES, R.A. *Microcomputador ASTRO S/1 (COBACS-S1)*. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1421-NTI/120).
- PETERSON, W.W. *Error correcting codes*. Cambridge, MA, M.I.T., 1961.
- PETERSON, W.W.; WELDOM JR, E.J. *Error correcting codes*. 2 ed. Cambridge, MA, M.I.T., 1970.
- TITUS, J.A. Data aquisition system built modularly around 8080. *Electronics*, 5(48):104-106, Oct. 1976.