

Prototipagem de um Concentrador de Sinais Seriais para Integração de Sistemas Navais.

Marcelo Silva de Souza, Gabriel Souza Silva, Roberto Romão Bernatzki
Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP), Niterói/RJ – Brasil

Resumo – Este artigo detalha o desenvolvimento de um concentrador de sinais seriais destinado à integração de sistemas embarcados em meios navais. Considerando a diversidade de sensores com variações em tensões, *baud rate* e frequência, o projeto propõe uma solução robusta que facilita a coleta, a distribuição de dados entre dispositivos diferentes e também funciona como monitor e gravador de eventos. A implementação deste concentrador visa melhorar a consciência situacional através de uma integração de dados, proporcionando uma plataforma passível de ser adaptada para aplicações específicas de acordo com as necessidades operacionais. Além disso, o sistema foi projetado para ser expansível, permitindo futuras melhorias e inclusão de novos módulos de sensoriamento, sem alterações substanciais na arquitetura inicial. Este trabalho contribui para a autonomia tecnológica no campo de sistemas embarcados navais, reduzindo a dependência de soluções estrangeiras e fortalecendo a soberania tecnológica nacional.

Palavras-Chave – Sistemas embarcados, Sensoriamento, Consciência situacional.

I. INTRODUÇÃO

Em um ambiente naval moderno, é necessário adquirir diversos dados e informações antes de uma tomada de decisões. Essas decisões devem ser corretas e precisas, porém frequentemente realizadas de forma ágil, devido aos condicionantes das operações militares. Para tal, existem diversos equipamentos e sensores em centros de decisão nos meios navais, fornecendo informações variadas como posição, orientação, velocidade do vento, entre outros. Com o aumento do sensoriamento, torna-se necessário integrar dados complementares e compilar o quadro tático para uma interpretação mais acurada. A integração dos sensores, em sua maioria de natureza serial, pode ser realizada utilizando-se soluções comerciais. No entanto, parte do problema de falta de autonomia tecnológica nacional permanece, de modo que a dependência de empresas estrangeiras persiste.

Pontua-se que a consciência situacional é a percepção de entidades no ambiente, o entendimento de suas intenções e a projeção de sua situação em um futuro próximo [1], totalmente dependente de tecnologias sensoriais.

Com o avanço tecnológico, o quadro tático é compilado em um tempo mais rápido do que comparado à forma tradicional, reduzindo o tempo necessário para a aquisição de dados de diversos sistemas, o que diminui a carga mental dos operadores para uma correta tomada de decisão [2].

A integração de sensores permite que as informações sejam transmitidas automaticamente para níveis estratégicos específicos, para os quais os dados são requeridos, aprimorando o tempo de resposta dos tomadores de decisão, um fator crucial em operações militares.

Neste contexto, a nacionalização de tecnologias é um movimento estratégico adotado por muitos países com o

intuito reduzir a dependência de soluções importadas e fortalecer a autonomia tecnológica. Esse processo envolve desenvolver, adaptar e produzir tecnologias localmente, permitindo o aumento do domínio deste recurso. Adicionalmente, salienta-se que ao investir em pesquisa e desenvolvimento internos, um país torna-se capaz de construir uma base sólida de conhecimento e especialização técnica.

Para além das vantagens já citadas, chama-se atenção à possibilidade de criação de uma área de protótipos com a capacidade de construir e testar sistemas embrionários localmente. Dessa forma as empresas podem se inteirar rapidamente e refinar suas inovações antes da produção em larga escala. Isso não apenas acelera o processo de desenvolvimento, mas também reduz os custos e minimiza os riscos associados ao lançamento de novas tecnologias no mercado

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Sensoriamento marítimo e distribuição de sinais

Os sensores são cruciais na aquisição de informações ambientais, convertendo dados analógicos do mundo real em amostras digitais. Essa interpretação permite que os sistemas acionem atuadores e componentes decisórios de forma eficaz. No meio marítimo, os sensores mais comumente utilizados incluem o Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Sistema de Identificação Automática (AIS), o ecobatímetro e o anemômetro. Esses dispositivos coletam informações que, quando combinadas, oferecem uma visão abrangente da localização, velocidade, direção e condições ambientais de uma embarcação.

Na década de 1990, diversos equipamentos de diferentes fabricantes inundaram o mercado tecnológico. Com a falta de padronização, praticamente cada fabricante adotava um conector de dados/alimentação próprio, dificultando a integração e distribuição de informações entre sistemas e equipamentos de diferentes fabricantes, mesmo quando utilizam o mesmo protocolo de comunicação.

Contudo, a integração desses sensores em sistemas de navegação pode ocorrer de duas formas principais: através de redes digitais ou de conexões seriais. Sensores que já estão integrados em redes, como muitos sistemas modernos de GPS e AIS, são facilmente acessados e compartilhados através da rede local do meio naval. Esses dispositivos enviam seus dados em pacotes que podem ser lidos e utilizados por diversos sistemas a bordo sem a necessidade de conversão adicional. Os sensores seriais, como os que utilizam o protocolo NMEA 0183, empregam uma estrutura de mensagens padronizada, que facilita a integração de novos dispositivos na rede. Mesmo que os dispositivos sejam de fabricantes diferentes, a

adesão ao protocolo NMEA 0183 garante a compatibilidade e a comunicação eficaz entre eles. Entretanto, é necessário desenvolver meios para realizar a comunicação de dispositivos legados, que fornecem informações essenciais, com os sistemas mais modernos.

Outro aspecto crucial em relação aos sensores é a eficiência na distribuição dos sinais adquiridos para os destinatários apropriados. A precisão e a velocidade com que essas informações são transmitidas e processadas são vitais para garantir a tomada de decisões oportuna e informada.

B. Optoacopladores e padrões de comunicação

Os optoacopladores são dispositivos que permitem a transferência de sinais elétricos entre dois circuitos eletricamente isolados por meio de luz. Eles consistem geralmente de um LED (Light Emitting Diode) e um fototransistor, fotodiodo encapsulados em conjunto. Quando uma corrente elétrica passa pelo LED, ele emite luz, que é captada pelo componente fotossensível, permitindo a condução elétrica no lado receptor do circuito. Este mecanismo fornece isolamento elétrico, protegendo os circuitos de nível TTL (Transistor-Transistor Logic) contra picos de tensão, ruídos e outras interferências elétricas.

Os protocolos de comunicação serial são amplamente utilizados em diversas aplicações como automação industrial, telecomunicações e sistemas embarcados. Esses protocolos definem as regras e procedimentos para a troca de dados entre dispositivos por meio de uma interface serial. Exemplos comuns incluem RS-232, RS-485, cada um com suas próprias especificações quanto a níveis de tensão, sincronização de sinais e formato de dados [3].

O padrão RS232 opera em níveis de tensão de $\pm 12V$, enquanto o RS422 utiliza tensões diferenciais, geralmente de $\pm 5V$ a $\pm 12V$, e o RS485, similar ao RS422, permite comunicação em barramento com vários dispositivos.

Os sistemas navais, quando consomem dados de sensores em rede, utilizam os padrões UDP (*User Datagram Protocol*) ou TCP (*Transmission Control Protocol*). O TCP é orientado à conexão e garante a entrega dos dados, retransmitindo pacotes perdidos e a ordem correta de chegada. O UDP, por outro lado, não garante a entrega nem a ordem dos pacotes, sendo mais adequado para aplicações que toleram perda de dados, como *streaming* de mídia ou jogos online.

Além disso, o protocolo TCP O TCP é orientado à conexão e garante a entrega dos dados, retransmitindo pacotes perdidos e assegurando a ordem correta de chegada. Já o UDP não possui mecanismos internos de controle de congestionamento, deixando essa responsabilidade para a aplicação [4].

C. Nacionalização e custo

Como mencionado anteriormente, a nacionalização de tecnologias é uma estratégia adotada por diversos países para diminuir a dependência de tecnologias importadas e reforçar a autonomia tecnológica. Esse processo inclui o desenvolvimento, adaptação e produção de tecnologias dentro do próprio país. Uma das vantagens dessa nacionalização é o aumento do domínio tecnológico. Ao investir em pesquisa e desenvolvimento locais, um país pode criar uma base sólida de conhecimento e expertise técnica. É evidente que o

objetivo dessa iniciativa é reduzir a dependência de fornecedores estrangeiros [5].

Este processo de nacionalização também oferece proteção contra o vazamento de conhecimento, contribuindo para minimizar o risco de transferência não autorizada de tecnologia e conhecimento para concorrentes estrangeiros. A proteção da propriedade intelectual assegura que os investimentos em tecnologia nacional não sejam facilmente replicados por outros países indevidamente.

Por outro lado, a viabilidade financeira de se produzir um produto deve ser avaliada, uma vez que já existe soluções similares no mercado. Com isso, o ganho em termos de nacionalização deve estar em consonância com o custo de sua implementação, em especial, em termos de aquisição de componentes eletrônicos e fabricação de estruturas mecânicas robustas.

III. METODOLOGIA

Com a proposta de elaborar um protótipo de um concentrador de sinais seriais para sistemas navais, foi definido um diagrama em bloco do processo de coleta e distribuição de dados. O concentrador recebe até oito sinais em suas entradas optoacopladas. Após a amostragem do sinal, uma CPU codifica os dados e disponibiliza o serviço em rede, seja no padrão UDP (*User Datagram Protocol*) ou TCP (*Transmission Control Protocol*). Os usuários capazes de receber os dados da rede devem ser cadastrados na aplicação, por meio de seus números IPs. A Fig. 1 ilustra este processo:

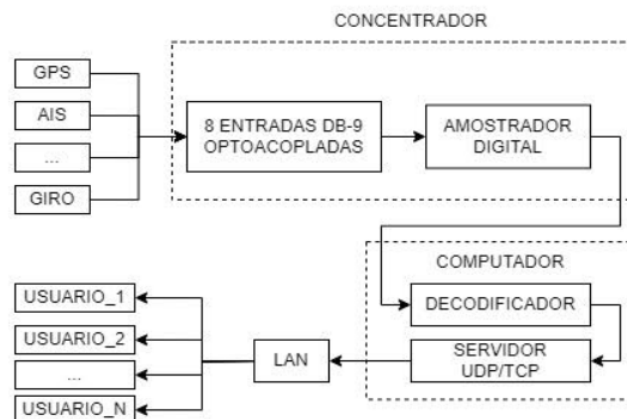


Fig. 1. Diagrama em blocos.

Nota-se que os sinais seriais são transmitidos em múltiplas entradas, então um requisito da ferramenta é a capacidade de amostrar todos os canais simultaneamente, fornecendo uma visão acurada e sincronizada dos dados transmitidos. Esses sinais, diferentemente dos sinais paralelos, transmitem bits sequencialmente através de uma única linha de dados.

A taxa de transmissão desses bits é determinada pelo baud rate, que indica o número de símbolos por segundo na comunicação. Cada símbolo pode representar um ou mais bits, dependendo da modulação adotada. No caso específico desta comunicação, o baud rate coincide com a taxa de bits por segundo (bps), pois cada símbolo corresponde a um único bit.

A superamostragem de sinais seriais exige que o concentrador capture o estado do sinal em uma frequência significativamente maior do que a mínima necessária, de

modo a reconstruir com precisão a sequência de *bits* transmitidos. Ao amostrar o sinal em intervalos mais curtos, a superamostragem permite uma captura mais detalhada, reduzindo a probabilidade de erros causados por ruídos ou variações indesejadas. Essa técnica melhora a precisão na interpretação dos sinais, garantindo que o sistema possa identificar os valores exatos dos bits, mesmo em condições de sinal desfavoráveis. Para garantir que todas as transições do sinal sejam capturadas com precisão, é necessário considerar a frequência presente no sinal, conforme o teorema de Nyquist [6].

Amostragem síncrona significa que todas as linhas de sinal são amostradas ao mesmo tempo, preservando a relação temporal entre os diferentes sinais. A taxa de amostragem deve ser definida com base no canal que possui o maior *baud rate*, pois isso implica em transições de sinal mais rápidas e frequentes. Se a taxa de amostragem for insuficiente, haverá perda de dados ou erros na interpretação dos sinais.

A comunicação de dados por sinal serial assíncrono (ver Fig. 2) é uma técnica que não utiliza um sinal de *clock* compartilhado para sincronizar o envio e recebimento de informações entre dois dispositivos. Nessa modalidade, cada dispositivo conta com seu próprio *clock* interno, o que exige que ambos estejam previamente configurados com a mesma taxa de transmissão, ou *baud rate*, para que a comunicação ocorra de maneira eficaz.

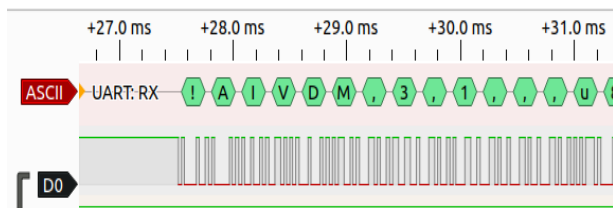


Fig. 2. Sinal assíncrono.

No caso em questão, os sinais são recebidos de forma assíncrona, o que significa que cada sensor envia seus dados ao concentrador em tempos distintos. Não há sincronização entre os sensores para garantir que todos os dados cheguem ao mesmo tempo.

Por outro lado, a amostragem realizada pelo concentrador é síncrona. Isso implica que, independentemente de quando os dados dos sensores cheguem, o concentrador amostra os dados em intervalos de tempo regulares e predefinidos.

Essa abordagem garante que os dados não sejam descartados nem processados com atrasos devido à chegada assíncrona dos sinais. A amostragem síncrona assegura que todos os dados disponíveis no momento da amostragem sejam capturados, mesmo que nem todos os sensores tenham transmitidos seus dados simultaneamente.

Além disso, ao lidar com padrões de comunicação como RS232, RS422 e RS485, que operam em diferentes níveis de tensão, é necessária uma padronização para níveis compatíveis com TTL (Transistor-Transistor Logic), que operam em tensões de 0V a 5V. Essa padronização é crucial porque o MCU (Unidade Microcontroladora) amostra sinais dentro dessa faixa de tensão. A conversão para níveis TTL não apenas garante a interoperabilidade entre os diferentes sistemas, mas também protege os circuitos receptores de possíveis danos causados por tensões inadequadas.

O amostrador atual possui oito canais, e o sistema foi projetado com uma arquitetura modular que facilita a expansão futura. Para expandir a capacidade de amostragem, basta substituir o amostrador atual por uma versão com 16 ou 32 canais, permitindo assim a criação de palavras de dados mais amplas. Essa escalabilidade é alcançada através de interfaces padronizadas. Dessa forma, o sistema pode ser atualizado conforme a necessidade de integrar mais sensores ou introduzir novas tecnologias, sem exigir uma revisão completa da infraestrutura existente. Com essa capacidade de crescimento, o sistema garante longevidade operacional e adaptabilidade às futuras demandas de sensoriamento e integração de dados.

IV. RESULTADOS OBSERVADOS

Após a fabricação do protótipo, que pode ser observado conforme a Fig. 3, foi possível avaliar os resultados da recepção dos sinais seriais e a disponibilização dos dados na rede.



Fig. 3. Protótipo do concentrador de sinais.

Ao conectar o protótipo a um computador via USB, uma aplicação em Python foi iniciada com o objetivo de gerenciar as mensagens recebidas e disponibilizá-las pelas portas UDP. É importante destacar que a conversão dos dados para o protocolo UDP não é realizada por essa aplicação Python, mas sim por um programa em C, especificamente desenvolvido para essa função. No caso apresentado, um sensor AIS foi conectado à porta, e o resultado da leitura dos dados pode ser visualizado na Fig. 4.

```

!AIVDM,1,1,,B,1:U7GeSP08LrH45jplNcPwWn2@RV,0*6F
!AIVDO,1,1,,B,1:U09B0P08LrRNejrS5G1gv00<2L,0*77
SGPGSV,3,3,10,20,14,304,33,30,49,126,31,,,,,,*71
SGPGSA,A,3,05,09,13,14,15,17,19,20,30,,,,,1,9,1,0,1,7*3D
!AIVDM,2,1,4,B,5:U7Ap2Fp-q1GK7MD08DhuJ0QDL4U@40000000R1pJ56=6`07DRcP1H2PC,0*2E
!AIVDM,2,2,4,B,0BDSh000000,2*7F
!AIVDO,1,1,,,1:U09B0P08LrRNIjrs5571gv00000,0*3B
!AIVDM,1,1,,B,19N`10P01WLrmmAajllnsuIR000Rg,0*31
!AIVDM,1,1,,A,33MBRU1000LrPqM1s0EPFV;n0Dg,,0*5A
SGPGGA,191958,2252.0798,S,04308.1499,W,1,09,1.9,15.9,M,,,*69
SGPYTG,321.1,T,344.5,M,0,0,N,0,0,K*49
SGPGSV,3,1,10,05,17,278,40,07,24,093,00,09,12,030,32,13,42,218,41*79
SGPGSV,3,3,10,20,14,304,34,30,49,126,31,,,,,,*76
SGPGSA,A,3,05,09,13,14,15,17,19,20,30,,,,,1,9,1,0,1,7*3D
!AIVDO,1,1,,,1:U09B0P08LrRNKjrs55G1gv20000,0*4B
!AIVDM,1,1,,B,3:U8V-Q000LrSW=jsNF0BnfZ0DU,,0*2D

```

Fig. 4. Leitura de dados seriais AIS na porta 1.

Após o sucesso da primeira etapa, foi efetuada uma integração com o sinal AIS em um sistema marítimo, com o intuito de verificar se o sinal poderia, de fato, ser implementado em um sistema de navegação. A Fig. 5 ilustra os contatos AIS de forma satisfatória, demonstrando que a integração ocorreu com sucesso. Após este resultado, cada porta foi avaliada de forma individual. Os resultados permaneceram inalterados. Ao adicionar outros sensores nas demais portas, foi observado apenas um aumento do

processamento computacional, como já esperado, entretanto, não houve qualquer comprometimento com a integração.

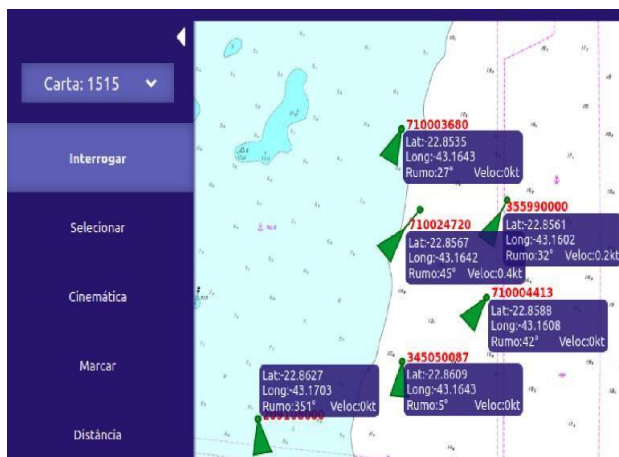


Fig. 5. Contatos AIS disponibilizados pelo protótipo.

Em termos de segurança, foi realizado um teste de acesso aos dados da rede por parte de computadores com IPs não cadastrados na aplicação. De fato, o acesso foi negado, demonstrando que, para consumir as informações em rede, deve-se previamente inserir o número do IP de destino.

Além disso, foi avaliada a gravação dos dados, onde todos os fluxos recebidos, inclusive de sensores distintos, foram salvos em um arquivo *.txt*. Para verificar se estes dados estavam corrompidos ou não, foi utilizado um sistema de reconstrução de eventos, que reproduziu os sinais gravados. A Fig. 6 ilustra este resultado.

Em relação ao desempenho do protótipo quanto aos custos de fabricação e domínio da tecnologia, identificou-se que a flexibilidade de alteração de qualquer parâmetro contribuiu para o aumento da capacidade de integração do sistema, utilizando componentes eletrônicos de baixo custo. Assim sendo, a proposta de desenvolver um protótipo com o projeto nacionalizado e de baixo custo foi alcançada com sucesso.



Fig. 6. Reconstrução dos dados gravados

Com relação ao protocolo UDP e TCP, verificou-se que a aplicação em Python foi capaz de disponibilizar os serviços nos dois protocolos. Assim, a aplicação atendeu a sistemas de características distintas, em termos de consumo de dados, seja com garantia de recepção de sinais ou tolerância a perdas, como no caso UDP, protocolo mais utilizado nos sistemas de sensoriamento naval.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho descreveu o desenvolvimento e a implementação de um concentrador de sinais seriais projetado especificamente para sistemas navais. O dispositivo apresentado tem capacidade para lidar com diversos *baud rates* e tipos de tensões, garantindo uma integração eficaz de sensores em ambientes marítimos. Através da utilização de optoacopladores e uma arquitetura modular, o concentrador oferece flexibilidade e escalabilidade, permitindo a expansão do número de canais e adaptação, conforme necessário.

A nacionalização da tecnologia subjacente ao concentrador é estabelecida como um movimento estratégico importante, promovendo a autonomia tecnológica e a segurança nacional. A implementação deste sistema não apenas fortalece a capacidade local de desenvolvimento tecnológico, mas também protege contra o vazamento de conhecimentos críticos. Os resultados experimentais demonstraram que o concentrador melhora significativamente a confiabilidade e a precisão da coleta e distribuição de dados, consolidando informações de múltiplas fontes e minimizando erros individuais.

Em suma, o concentrador de sinais seriais representa um avanço significativo na tecnologia de sistemas embarcados navais, com o potencial de influenciar positivamente a tomada de decisão em ambientes marítimos complexos e desafiadores.

Como sugestão para a continuidade deste trabalho, recomenda-se a ampliação das funcionalidades do sistema, com a implementação de algoritmos avançados para fusão e análise de dados, com o objetivo de maximizar a eficácia operacional e aprimorar a consciência situacional em ambientes marítimos.

REFERÊNCIAS

- [1] Munir, A. Aved, and E. Blasch, "Situational awareness: Techniques, challenges, and prospects," *AI (Switzerland)*, vol. 3, pp. 55–77, 3 2022.
- [2] M. R. ENDSLEY and D. B. KABER, "Level of automation effects on performance, situation awareness and workload in a dynamic control task," *Ergonomics*, vol. 42, no. 3, pp. 462–492, 1999
- [3] Emmerich, P. (2023). A Survey of Serial Communication Protocols. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 123-145
- [4] Smith, J., & Johnson, E. (2020). A Comparative Study of TCP and UDP Performance in IoT Environments. *IEEE Transactions on Networking*, 28(2), 345-362
- [5] M. da Defesa, "Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa," 2024. [Online]. Available: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf.
- [6] Fossum, E. R. (1998). Nyquist Sampling Theory and the Dynamic Range of Imaging Systems. *Journal of Imaging Science and Technology*, 42(4), 325-335