

ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO ENTRE ESC E CONTROLADORES DE VOO E SEU IMPACTO NA RESPOSTA DO MOTOR BRUSHLESS E NO CONTROLE DE DRONES

Vitor Garcia Ribeiro

André Carmona Hernandes

Marcelo Becker

Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo

v.ribeiro@usp.br

Objetivos

Avaliar o desempenho de dois protocolos de comunicação amplamente utilizados entre controladores de voo e controladores eletrônicos de velocidade (ESCs): Modulação por Largura de Pulso (PWM) e OneShot125. Isolando os protocolos de comunicação de outras variáveis, é proposto um experimento que visa analisar o impacto desses protocolos no tempo de resposta dos motores brushless e na precisão do controle de um drone. Esta pesquisa visa preencher uma lacuna na literatura acadêmica sobre a real eficácia desses protocolos na melhoria do desempenho de drones.

Métodos e Procedimentos

A configuração do experimento consiste em uma bancada de testes própria, projetada para simular o controle angular de um drone. O aparato conta com uma haste de alumínio equilibrada, montada em um eixo rotativo central, com motores brushless fixados em cada extremidade, controlados por ESCs BLHeli-S de 30A. Os motores foram operados por uma controladora de voo baseada em STM32, que executa um controle proporcional

simples, visando destacar possíveis diferenças entre as variáveis testadas.

A bancada foi testada sob dois protocolos: PWM padrão (com um ciclo de pulso de 20 ms) e OneShot125 (com uma duração de pulso mais curta entre 125 μ s e 250 μ s). Os tempos de resposta foram quantificados por meio de variações de corrente e deslocamento angular.

O procedimento experimental envolveu a realização de 28 repetições para cada protocolo, visando garantir variedade, confiabilidade nos dados. O sistema de controle aplicou uma ação de controle constante para manter a posição angular da haste. A corrente do motor e o ângulo em relação ao plano horizontal foram medidos para observar como o sistema respondia a mudanças degrau nos sinais de controle.

Resultados

Ambos os protocolos apresentaram desempenho geral semelhante, com apenas pequenas diferenças no tempo de resposta. O protocolo PWM apresentou um atraso de aproximadamente 1,5 milissegundos, enquanto o OneShot125 apresentou um atraso ligeiramente menor de 250 microssegundos, após cada loop de controle.

No entanto, essa diferença não se traduziu em uma melhora significativa na precisão do controle ou em uma resposta mais rápida nas condições testadas, conforme retratado na Figura 2.

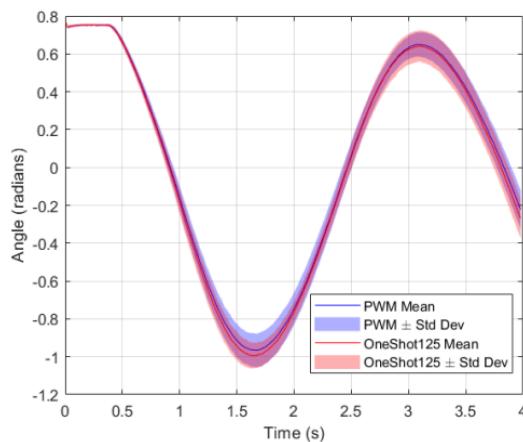


Figura 2: Média do ângulo de todas as execuções com intervalos de desvio padrão

Foi utilizado um teste T de duas amostras de Student, um teste estatístico para determinar se há uma diferença significativa entre as médias de duas amostras independentes. O valor t calculado estava muito abaixo do valor crítico para qualquer nível de confiança razoável, indicando que os resultados experimentais não são estatisticamente significativos para sugerir qualquer diferença entre os dois protocolos.

O comportamento geral do sistema, dominado pelos polos mecânicos e pela taxa de loop de controle, provou ser mais influente do que a taxa de atualização do protocolo. Esse sistema do experimento se comportou como um sistema subamortecido de segunda ordem, estabilizando após alguns segundos, independentemente do protocolo utilizado.

Conclusões

O estudo concluiu que a escolha do protocolo de comunicação (PWM ou OneShot125) não afeta significativamente o desempenho do drone em sistemas onde a taxa de loop de controle e as propriedades mecânicas predominam. Embora o OneShot125 ofereça uma leve melhoria no tempo de resposta, os benefícios são insignificantes em sistemas mais lentos, como o testado. Os resultados sugerem que focar na otimização da frequência do loop de controle é mais benéfico do que mudar de protocolo, especialmente para drones maiores ou mais lentos. Trabalhos futuros poderiam explorar o impacto desses protocolos em drones de alto desempenho, onde taxas de comunicação mais rápidas podem ser mais críticas.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Brasil, sob a bolsa n.º 2023-1263 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob a bolsa n.º 2023/11661-0.

Referências

Liang, O. **Overview of ESC Firmware and Protocols**: Disponível em: <https://oscarliang.com/esc-firmware-protocols/>. Nov. 2023.

Mogensen, K. N. **Motor-control considerations for electronic speed control in drones**. *Analog Applications Journal*, 4T 2016, pp. 1–6. 2016.

Campos, V.; Hernandes, A. C. **Educational testbed for aerial angular control: Project and study case**. In: *LARS/SBR/WRE*. 2018, pp. 522–527.

Nist/Sematech. **Handbook of Statistical Methods**. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.18434/M32189>.