

学籍番号 氏名	V20177 吉川 恵立	指導教員	藤枝 直輝
題目	デジタル回路の「さわれる」遠隔システムの遅延時間の測定と改善		
<p>1 はじめに</p> <p>新型コロナウイルス感染症の影響で、遠隔学習の需要が増加している。実験を遠隔で行うことは、機材の問題などもあり、講義の遠隔化よりも困難である。デジタル回路の実験を遠隔で円滑に行うため、本研究室ではデジタル回路の「さわれる」遠隔システムを開発している [1]。利点として高価な実習ボードを貸し出すことなく、ハードウェアに触れている実感を与えることができる。このシステムには、入出力の遅延について正確に測定ができていないという問題点がある。従来の評価では、ボードを撮影した画像をもとに、Web カメラを用いた場合と遅延の比較を行っていた。しかしこの方法で測定できる遅延は、カメラの性能によって制約される。したがって正確に入出力の遅延が測定できていないので、遅延を引き起こすシステムの問題点を見落としている可能性がある。</p> <p>本研究では、デジタル回路の「さわれる」遠隔システムに対して、より正確に遅延時間を測定する方法を提案し、それに基づき遅延時間を評価するとともに、遅延時間の評価により見つかった問題点の改善を行う。</p> <p>2 測定方法</p> <p>システムには、ユーザが操作するコントローラボードと、サーバに接続されている FPGA ボード、それらの通信を中継するためのコネクタアプリが含まれる [1]。サーバを介さない、つまり 2 つのボードが 1 つの計算機に接続されている場合、コネクタアプリは 1 つである。サーバを介する場合、ユーザ側とサーバ側で、2 つのコネクタアプリが必要である。コントローラボードの入力や FPGA ボードの出力が変化すると、それぞれのボードからコマンド文字列が送信される。コネクタアプリでは、受信したコマンドを、もう一方のボードまたは通信相手の計算機に送信する。</p> <p>本研究ではこのシステムでスイッチの入力と LED の出力を直結したときに、スイッチを切り替えてから LED の点灯・消灯が切り替わるまでの遅延の測定方法を提案する。具体的には、コネクタアプリに、コントローラボードのスイッチを入力した際のコマンドから、通常の LED が動作したときに送信されるコマンドの間を測定できるようにするコードを追加することで、遅延時間を測定する。</p> <p>測定は、ネットワークを介する場合と介さない場合で、それぞれスイッチ操作の時間間隔を空けた場合と空けなかった場合に分けて行った。またスイッチを入れたときと切ったときで、それぞれ 50 回ずつ測定を行った。</p> <p>3 結果と改善</p> <p>測定を行った結果、学内ネットワークを介して行う場合かつ、コントローラボードのスイッチを動作させたときに 3 から 5 秒ほど時間を空けた場合、遅延時間が 6 割の確率で増大することがわかった。また、さらに詳しく調査をすると、この遅延はサーバ側のコマンドの 1 文字目の送信から 2 文字目の送信の間で発生していた。これは、相手の計算機にコマンドを送信する際のバッファリング [2] が原因であると考えられる。これを改善するために、コネクタアプリ内でサーバ側から送信するときに、2 文字をペアで、1 つのコマンドにして送信を行えるように、コマンドアプリ内のコードを書き換えた。その結果、遅延時間が増大することがなくなった。</p> <p>4 おわりに</p> <p>本研究では、デジタル回路の「さわれる」遠隔システムの遅延時間の測定方法を提案した。また今回の測定方法で出た遅延時間を評価し、遅延時間の増大する原因を突き止めて解決することができた。今後の課題として、本研究で測定を行ったスイッチと LED 以外の場合での測定を行うことが今後の課題である。</p> <p>参考文献</p> <p>[1] N. Fujieda, A. Okuchi, A Novel Remote FPGA Lab Platform Using MCU-based Controller Board, in TALE 2023, pp. 188-193, 2023.</p> <p>[2] J. Nagle, Congestion Control in IP/TCP Internetworks, IETF RFC 896, 1984.</p>			