

令和4年度 春期 応用情報技術者試験 午後問7『ワイヤレス防犯カメラの設計』徹底解説レポート

1. はじめに：本問題の全体像と学習の戦略的意義

現代のセキュリティインフラにおいて、配線工事を不要とする「ワイヤレス防犯カメラ」は極めて重要なデバイスです。本問題では、太陽電池による限られた電力供給、不安定な無線通信、そして制限されたメモリ空間という、組込みシステム設計における「物理的制約」をいかに論理的な仕様でカバーするかが問われています。

システム構成の整理

SOURCE_IMAGE_1およびSOURCE_IMAGE_2に基づき、本システムの主要コンポーネントを整理すると以下の通りです。

- **カメラ部：** カメラとマイクで構成され、内蔵エンコーダにより音声付き動画データを生成する。
- **制御部：** システムの司令塔として、各部を統括制御する。
- **通信部：** Wi-Fiルータを介し、サーバやスマートフォン（スマホ）との通信（UDP的ベストエフォート）を担う。
- **動体センサ：** 赤外線の変化を計測し、人などの動体を検知するトリガを提供する。

設計の要点の抽出

本設計の核心は、**「自動撮影」と「遠隔撮影」**の共存にあります。前者は「センサ検知による証拠保存（サーバ送信）」、後者は「ユーザーによるリアルタイム視聴（スマホ送信）」を目的としており、カメラという単一のリソースを共有します。これらが重なった際の優先順位や、排他的な状態遷移の定義が、システム全体の整合性を左右します。次章では、設計の基礎となる「動的な撮影時間の算出ロジック」を具体的に分析します。

2. 設問1：自動撮影における撮影時間の算定プロセス

自動撮影の撮影時間を決定するロジックは、ストレージ消費量やバッテリー電力の管理に直結する重要な設計要素です。

論理プロセスの詳解

仕様書には「撮影中に新たに動体を検知した場合、その時点までのデータを送信しつつ、さらに \$Ta\$ 秒間撮影を継続する」とあります。この「撮影継続（延長）」の仕様をステップバイステップで分解します。

1. 時刻 t_1 で最初の動体を検知し、撮影を開始する。
2. 撮影中に動体検知が続く限り、撮影終了予定時刻は常に「最新の検知時刻 + Ta 秒」へと更新され続ける。
3. 問題文の条件下では、時刻 t_2 が「最後の動体検知」である。

4. したがって、最終的な撮影終了時刻は $t_2 + Ta$ となる。撮影時間は「終了時刻 - 開始時刻」で求められるため、式が導出されます。

解答の提示

導出された式： $(t_2 - t_1) + Ta$ （または $(t_2 + Ta) - t_1$ ）【専門家のアドバイス：試験対策のポイント】 本問のような計算問題では、時刻（Point in time）と時間（Duration）を混同しないことが肝要です。特に「 t_2 で撮影が終わる」と勘違いさせる罠が多いため、常に「最後のイベント発生時刻にパラメタを加算したものが終了時刻である」という仕様の記述を忠実に数式化してください。

「So What?」レイヤー：設計の評価

パラメタ Ta を動的に変更可能な設計にすることで、設置環境（検知頻度が高い場所か、慎重な記録が必要な場所か）に応じた柔軟な運用が可能になります。

3. 設問2：通信障害下における状態遷移と継続時間の分析

ワイヤレス環境における通信障害は「例外系」ではなく「想定内」の事象として設計されるべきです。

障害シナリオの検証

「視聴開始10秒後から20秒間の通信障害が発生し、その最中（15秒時点）に遠隔撮影開始が要求された」場合の挙動を整理します。

経過時間	発生イベント・状態	システムの挙動
0秒	遠隔撮影開始要求	撮影開始（終了予定：60秒後）
10秒	通信障害発生	送受信データが消滅（データの再送なし）
15秒	遠隔撮影開始要求	障害中のため制御部に届かず、要求は「消失」する
30秒	通信障害復旧	データの送受信が再開される
60秒	遠隔撮影タイマ通知	最初の要求に基づくタイマにより、撮影が終了する

仕様の適用と評価

「障害中の送受信データは消滅するが、撮影は続ける」という仕様が決定的な意味を持ちます。15秒時点の要求は消失するため、撮影時間の延長（上書き）は発生しません。

解答の提示

スマホでの視聴が終了するまでの時間： 60 秒

「So What?」レイヤー：設計思想のトレードオフ

この挙動は、本システムが信頼性重視のTCP型ではなく、オーバーヘッドの少ない **UDP的なベストエフォート通信ポリシー** を採用していることを示唆しています。「要求が届かないリスク」を許容してでも、組込みリソースを温存し、撮影継続という「現場の事実記録」を優先する実務的なトレードオフの現れです。

4. 設問3：状態遷移図の完成と遷移に伴う内部処理

イベント駆動型システムにおいて、状態遷移図は設計の不整合を排除するための生命線です。

状態名とイベントの特定

図2の状態遷移図を分析すると、以下のロジックが導かれます。

- **S1（遠隔撮影状態）**： スマホからの「遠隔撮影開始イベント」で遷移する単独撮影状態。
- **S2（自動撮影状態）**： センサからの「動体検知通知イベント」で遷移する単独撮影状態。
- **イベント a**： 待機状態からS1へ遷移させる 「遠隔撮影開始イベント」。
- **イベント b**： マルチ撮影状態(S3)からS1へ戻るトリガ。これはS3(自動+遠隔)のうち、自動撮影分のみを終了させる 「自動撮影タイマ通知イベント」 である。

処理 c の同定：待機状態からの復帰

待機状態からS2（自動撮影）へ遷移する際の処理 c には、①、③、⑦ のセットが不可欠です。特に重要なのが 「① カメラ初期化」 です。表1によれば、待機状態では「カメラ部には電力が供給されていない」ため、給電と初期設定を行う ① がなければ、その後の撮影処理は物理的に不可能です。続いてバッファを初期化する「③ 撮影開始」、時間を計測する「⑦ 自動撮影タイマ設定」を行うことで、アクティブな撮影状態へと復帰します。

「So What?」レイヤー：マルチ撮影状態(S3)の意義

「マルチ撮影状態(S3)」という重複状態を明示的に設けることで、自動撮影と遠隔撮影の終了タイミングが異なっても、一方が他方を巻き込んで異常終了させることを防いでいます。これは共有リソース管理における「状態の正規化」の好例です。

5. 設問4：動画データ破損の追求とリングバッファによる最適化

組込み設計において、データの「書き込み」と「読み出し」の並行処理は、最も不具合が潜みやすい箇所です。

不具合原因の分析

初期設計の不具合は、撮影継続時に「バッファの先頭から書き込む」仕様に起因します。**書き込みと読み込みが同時に行われ、バッファの先頭のデータが上書きされた。**

リングバッファ構造への転換

この不具合は、ポインタがバッファの先頭へ強制リセットされる「線形管理」が原因でした。これを解決するのが **f リングバッファ** です。

- バッファの **d 終端** まで書き込んだら、ポインタを **e 始端** に戻して循環利用する。

- 書き込み (Write) と読み込み (Read) のポインタを独立させ、未送信データを追い越さないように管理することで、データ破損を回避しつつ連続的なストリーミングを実現します。

「So What?」 レイヤー：標準プラクティスとしての価値

リングバッファは、メモリ容量が極めて限定的な組込みシステムにおいて、連続的なデータフローを支える「王道」のプラクティスです。物理的なメモリの壁を論理的な円環構造で突破するこの手法は、システムアーキテクトが備えるべき必須の武器と言えます。

6. まとめ：高信頼性ワイヤレスシステム設計の教訓

本問を通じて、堅牢なシステム設計のための3つの柱が浮き彫りになりました。

1. **状態遷移の網羅性：** 競合する機能（自動/遠隔）を「マルチ状態」として定義し、挙動を一意に定めること。
2. **不確実性への耐性：** 通信障害や要求の消失を「異常」ではなく「一つの仕様」として織り込み、システムのハングアップを防ぐこと。
3. **共有リソースの最適化：** リングバッファ等のアルゴリズムを用い、限られたハードウェア資源を安全かつ効率的に使い切ること。応用情報技術者試験では、提示された複雑な仕様からこれらの「設計思想」を読み解く力が問われます。論理的な帰結を積み重ねる訓練こそが、合格、ひいては実務での設計能力向上への近道です。