

식물성장 분석을 위한 시스템 소프트웨어 개발

(The Development of the System Software for Analysis of Plant's Growth)

전성동* · 이현우
(S. D. Jhun · H. W. Lee)

Abstract

We research hardware and software for measurement of most suitable condition of the plant growth. that is part of the future oriented that plant growing system.

The environment cannot offer the most suitable condition of the plant growth. so we are approached most suitable condition of the plant growth by adjustment of artificial condition of the plant growth but in theses experiment includes some fault that is subjectivity of observation. therefor we develop vision equipment and software for objective observation measurement.

1. 서 론



< 그림 1.1 > 식물챔버

식물생장의 최적화는 자연환경 하에서는 절대로 달성할 수 없음을 캘리포니아 공과대학 Went 교수의 피토트론(phototron: 기후 조건을 임의로 조절할 수 있는 식물 생육 실험 관찰 장치) 실험에 의해서 증명되었다. 다시 말해 식물의 최대 영양소 공급이 이루어진다는 가정 하에서 식물의 생장조건은 온도, 상대습도, 광도, 탄산가스농도에 의해서 결정되는데 자연 환경에서 주어지는 조건들이 식물의 최적 생장 조건이 아닌 것이다.

식물의 최적생장조건을 찾아내기 위한 연구는 다양한 방법으로 이루어지고 있다. 그 중 외부 환경과 완전히 차단하고 앞서 언급한 식물의 생장조건인 온도, 상대습도, 광도, 탄산가스농도 등을 조절하는 <그림 1.1>과 같은 장치를 이용하는데 이를 식물챔버라고 한다.

챔버를 이용하여 특정 식물에 대한 최적 성장조건을 찾아내는데는 반복되는 실험이 불가피하다. 생장조건을 다양하게 구성하여 식물을 직접 재배하는 방법밖

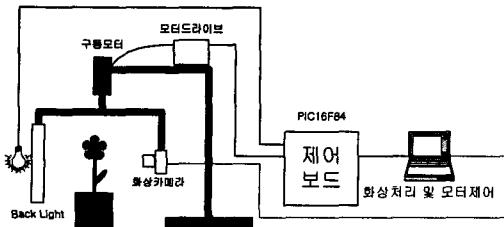
에 없는 것이다. 이러한 반복되는 실험에서 식물의 가시적인 성장 상태에 대한 분석이 이루어져야 하는데 현재 대부분은 관찰자의 주관적인 느낌이나 길이 정도의 데이터로 성장 정도를 분석하고 있다. 이러한 관찰 방법의 문제점은 관찰자의 주관적인 느낌이 객관적인 데이터로 활용된다는 점과 길이 등의 측정 시기가 부정확하여 정확한 분석 데이터를 얻기에는 부족한 점이 많다는 것이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 식물 성장 관찰의 문제점을 최소화하여 객관적인 분석 자료를 얻기 위해 식물 성장 관찰용 하드웨어를 구축하고 이를 분석하기 위한 소프트웨어 개발에 대한 연구 내용을 다룬다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

본 실험에서는 관찰 대상인 식물의 2차원 평면 화상을 화상카메라를 통해 디지털 영상 데이터로 얻어 식물이 차지하는 면적을 계산함으로써 성장 정도에 대한 데이터를 얻으려 한다. 그러나 식물의 형상은 비정형적인 형태를 띠고 있어 관찰 각도에 따라 다양한 형태로 나타나기 때문에 한 면의 2차원 형상으로 식물의 크기 변화를 관찰하는 것은 많은 부분의 성장 관찰 요소를 놓쳐 버리는 결과를 초래한다.

이러한 문제점을 보완하기 위해 관찰 시작을 360° 회전시켜 그 각각의 2차원 식물 면적을 계산하고 이를 평균함으로써 보다 신뢰성 있는 분석 데이터로 활용한다.



< 그림 2.1 > 시스템 구성도

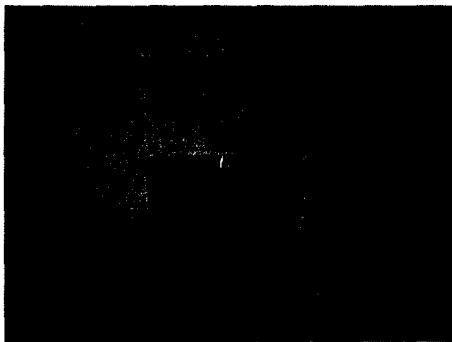
조명 방식은 선명한 2차원 평면화상 면적만을 필요로 하므로 반사광을 화상카메라로 읽어 들이는 방식이 아닌 관찰 대상을 투과한 광을 화상카메라로 읽어들였다. 이러한 방식으로 관찰 대상의 Edge를 본다 선명하게 하여 화상의 이진화 처리시 관찰대상 손실을 최대로 줄일 수 있게 하였다.

화상처리에서 보다 신뢰성 있는 화상을 얻기 위해 카메라를 고정하는 것이 원칙이나 관찰대상인 식물의 재배 방식에 따라 이러한 방식이 적용 될 수 없는 경우를 고려하여 역조명과 카메라를 회전시키는 방식을 택하였다. 역조명과 카메라의 회전을 위해 서보모터를 사용하였으며 약 3.5. 쪽 회전하여 360° 회전 후 2차원 화상 102개를 얻었다.

서보모터의 회전 제어와 화상 획득 시기를 제어하기 위하여 컴퓨터와 통신 할 수 있는 제어회로를 구성하였다. 제어보드는 마이크로 프로세스의 일종인 PIC16F84를 사용하였으며 컴퓨터와의 통신을 위해 MAX232칩을 사용하여 RS232통신을 하였다.

화상데이터의 획득은 VFW(Video For Window) 라이브러리를 사용하여 BMP(Bit Map Picture) 파일로 저장하였으며 화상 데이터의 처리는 특별한 라이브러리를 사용하지 않고 기본 이론을 바탕으로 프로그래밍 하였다.

2.1.1 화상카메라 및 조명



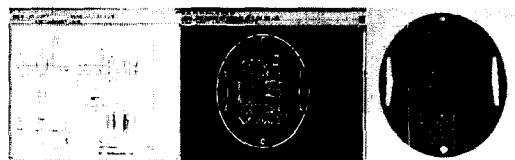
< 그림 2.2 > 확산 전방조명 적용



< 그림 2.3 > 확산 후방조명 적용

본 실험에서는 시스템의 간소화를 위해 area scan 방식의 일반 PC용 CCD카메라를 사용하였고 조명은 관찰대상인 식물의 명확한 Edge 검출을 위하여 2차원 화상 데이터에서 식물과 배경이 명확히 구분되어야 했다. 여러 가지 방법을 고려한 결과 < 그림2.2 > 확산 전방조명법과 < 그림2.3 > 확산 후방조명법이 가장 유력하였다. < 그림2.2 >에서는 컬러 영상을 통한 식물의 관찰 알고리즘에는 적합하나 < 그림2.3 >와 비교해 볼 때 Edge의 구분이 미흡하여 < 그림3.3 >의 방법이 선택되었다.

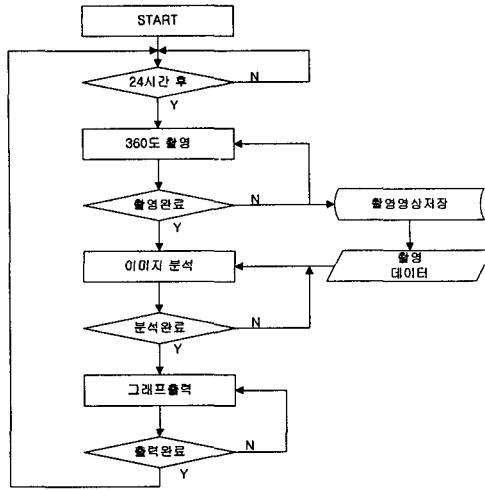
2.1.2 제어보드



< 그림 2.4 > 회로도 & PCB Layout & 제어보드

제어보드는 화상처리 소프트웨어에서 요구하는 모터 구동 신호를 받아 모터를 정역 방향으로 일정 각 제어하는 역할을 수행한다. 서보모터의 일정 각 정역 회전은 모터 드라이브로 원하는 만큼의 펄스를 입력함으로써 제어 할 수 있는데 본 실험에서는 PIC16F84 마이크로 프로세스를 적용하여 구성하였고 제어보드와 화상처리 소프트웨어와의 통신은 RS232C 프로토콜을 이용한 시리얼 통신으로 이루어졌는데 이를 위하여 MAX232 칩을 사용하였다.

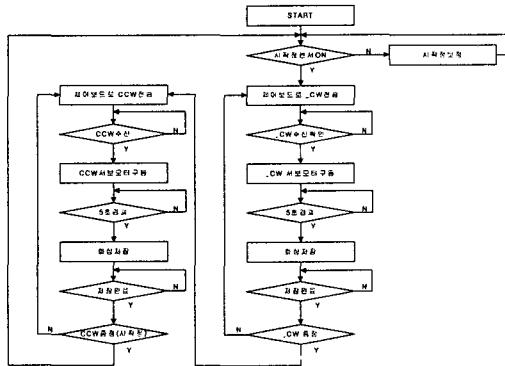
2.2.3 소프트웨어 동작 시퀀스



< 그림 2.5 > 소프트웨어 시퀀스 흐름도

본 실험에서는 24시간을 촬영 주기로 잡았다. 향후
이 값은 식물에 따라 조절 가능하게 할 것이다. 360°
촬영을 하는 동안 각 2차원 데이터는 BMP(Bit Map
Picture)파일 형태로 저장되게 된다. 이는 화상처리에
의존한 관찰뿐만 아니라 유관으로 관찰이 가능하게 하
기 위해서이다. 저장된 데이터는 360° 촬영 완료 후
이미지 분석에 들어가는데 최종 데이터는 2차원 데이터
에서 차지하는 식물의 1회분 면적 평균값과 길이이다.
또한 이렇게 얻어진 데이터는 그래프로 화면에 그려지
게 된다.

2.2.4 촬영 시퀀스



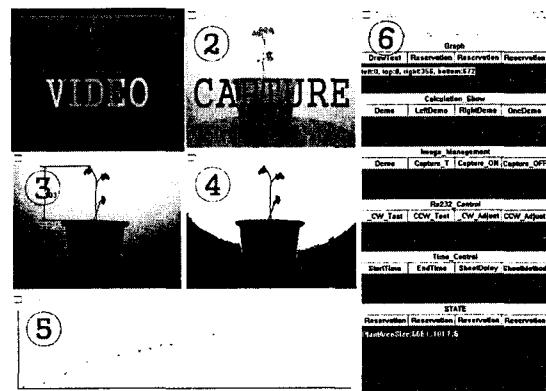
< 그림 2.6 > 360° 촬영 시퀀스 흐름도

24시간의 시간 경과 후 촬영 시퀀스가 동작하게 되면 최초 시작점 센서의 ON상태를 확인하게 된다. 정시작점에서의 촬영을 위해 센서를 부착하였는데 향후 센서를 확대 배치하여 모터 구동 오류를 검출 할 수 있도록 구성 할 것이다. 시작점 센서의 ON상태가 확인되면 소프트웨어에서 _CW 신호를 제어보드로 보내게 된다.

다. 소프트웨어에서 정회전(CW) 구동을 요구하는 것인 테 이를 수신한 제어보드는 소프트웨어로 수신 확인 신호를 송신함과 동시에 서보모터를 구동하게 되는 것이다. 서보모터 구동 후 약간의 진동을 예상하여 5초간의 촬영 지연시간을 두었다. 이는 하드웨어의 최적화를 통해 단축시킬 수 있을 것이다. 하지만 식물의 성장 속도에 비하면 너무나 짧은 시간이기에 본 실험에서는 그다지 영향을 주지 않았다. 예상 진동 감소가 예상되는 5초가 지나면 소프트웨어는 관찰 대상인 식물의 2차원 화상을 촬영하게 되고 이를 데이터로 저장하게 된다. 화상 데이터 저장 후 소프트웨어는 정회전 촬영이 종료되었는지를 확인한 후 종료되지 않았다면 또 다시 정회전 신호를 제어보드로 보내게 되고 같은 흐름을 반복하게 된다. 반대로 정회전 촬영이 종료되었다면 역회전 촬영에 들어가게 된다. 역회전 촬영 또한 정회전 촬영과 같은 형태로 진행되고 최종 촬영이 종료되면 또 다시 24시간 경과를 기다리게 된다.

본 실습에서는 정회전(CW) 촬영 후 역회전(CCW) 촬영이 이어진다. 이는 하드웨어의 완벽한 제작이 이루 어지지 않았기에 발생할 수 있는 오류 검출을 위해 이 와 같은 방법이 적용되었다. 물론 최종 데이터는 정회 전과 역회전 각각의 평균값을 비교한 후 두 값이 비슷 할 경우 정회전 값을 취하게 되는 것이다.

2.3 화상처리 소프트웨어



< 그림 2.7 > 화상처리 소프트웨어

< 그림 2.7 >의 ①은 화상카메라에서 들어오는 실시간 영상을 보여주고 ②는 360° 회전 촬영시 저장되는 각 촬영 각도마다의 영상을 보여주게 되는데 이렇게 촬영된 데이터는 < 그림 2.8 >와 같이 날짜별로 저장되게 된다. 또한 < 그림 2.8 >의 ③은 화상처리를 통해 얻어진 결과 값을 나타내며 ④는 최종 처리 값인 이전 화상의 상태를 보여주게 된다. 최종적으로 각 360° 회전 촬영 평균 면적이 < 그림 2.7 >의 ⑤에 그려지게

되는 것이다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	10010	10011	10012	10013	10014	10015	10016	10017	10018	10019	10020	10021	10022	10023	10024	10025	10026	10027	10028	10029	10030	10031	10032	10033	10034	10035	10036	10037	10038	10039	10040	10041	10042	10043	10044	10045	10046	10047	10048	10049	10050	10051	10052	10053	10054	10055	10056	10057	10058	10059	10060	10061	10062	10063	10064	10065	10066	10067	10068	10069	10070	10071	10072	10073	10074	10075	10076	10077	10078	10079	10080	10081	10082	10083	10084	10085	10086	10087	10088	10089	10090	10091	10092	10093	10094	10095	10096	10097	10098	10099	100100	100101	100102	100103	100104	100105	100106	100107	100108	100109	100110	100111	100112	100113	100114	100115	100116	100117	100118	100119	100120	100121	100122	100123	100124	100125	100126	100127	100128	100129	100130	100131	100132	100133	100134	100135	100136	100137	100138	100139	100140	100141	100142	100143	100144	100145	100146	100147	100148	100149	100150	100151	100152	100153	100154	100155	100156	100157	100158	100159	100160	100161	100162	100163	100164	100165	100166	100167	100168	100169	100170	100171	100172	100173	100174	100175	100176	100177	100178	100179	100180	100181	100182	100183	100184	100185	100186	100187	100188	100189	100190	100191	100192	100193	100194	100195	100196	100197	100198	100199	100200	100201	100202	100203	100204	100205	100206	100207	100208	100209	100210	100211	100212	100213	100214	100215	100216	100217	100218	100219	100220	100221	100222	100223	100224	100225	100226	100227	100228	100229	100230	100231	100232	100233	100234	100235	100236	100237	100238	100239	100240	100241	100242	100243	100244	100245	100246	100247	100248	100249	100250	100251	100252	100253	100254	100255	100256	100257	100258	100259	100260	100261	100262	100263	100264	100265	100266	100267	100268	100269	100270	100271	100272	100273	100274	100275	100276	100277	100278	100279	100280	100281	100282	100283	100284	100285	100286	100287	100288	100289	100290	100291	100292	100293	100294	100295	100296	100297	100298	100299	100300	1003

참 고 문 헌

- [1] 김기영, 류관희: “화상처리를 이용한 온실에서의 식물성장도 측정”, 한국농업기계학회지, 제23권 제3호, pp.285~290, 1998.
- [2] 전성동, 이현우 외 2명: “PLC 및 HM 소프트웨어를 이용한 식물재배용 Chamber의 원격제어”, 한국조명·전기설비학회 부산·경남지회 학술발표회 논문집, pp. 42~45, 2002. 1
- [3] 손재룡외 다수: “킬라 영상처리에 의한 결주 및 불량도 인식”, 한국농업기계학회지, 제26권 제3호, pp.253~262, 2001.
- [4] Y. Hashimoto: "Plant Factory in the 21st Century", ICAME2000, Vol.1 of 3, pp.1~30, 2000.
- [5] 이수희, 노상하: 균적외선 영상을 이용한 후지사과의 결점 검출에 관한 연구, 한국농업기계학회지 제26권 제2호, pp. 169~176, 2001
- [6] 조남홍, 이수희, 활현, 이영희, 최승록, 박종률, 조광한: “기계시각에 의한 풋고추 온라인 등급판정 알고리즘 개발”, 한국농업기계학회지 제26권 제6호, pp. 571~578, 2001
- [7] 김영복, 이승규, 김성태, 나우정, 송대빈, 이호준: “기계시각을 이용한 풋고추의 기하학적 및 물리적 특성 분석”, 한국농업기계학회지 제26권 제3호, pp. 287~294, 2001
- [8] 김상형: “API 정복”, 가남사
- [9] 차영배: “PIC16C84/71”, 디다미디어